



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS

## **APLICACIÓN DE MODELOS INFORMÁTICOS EN LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE UN SISTEMA DE RIEGO**

FERNANDO FLORES ESCOBAR

**TESIS**

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MEXICO

2016

La presente tesis titulada: **Aplicación de Modelos Informáticos en la Evaluación de la Eficiencia Hidráulica de un Sistema de Riego** realizada por el alumno: **Fernando Flores Escobar**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



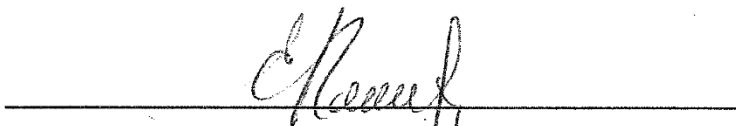
DRA. ANTONIA MACEDO CRUZ

ASESOR



DRA. YOLANDA M. FERNÁNDEZ ORDOÑEZ

ASESOR



DRA. MARTHA ELVA RAMÍREZ GUZMÁN

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2016

# Aplicación de Modelos Informáticos en la Evaluación de la Eficiencia Hidráulica de un Sistema de Riego

Flores Escobar Fernando, M.C.  
Colegio de Postgraduados 2016

## RESUMEN

El avance tecnológico de las últimas décadas ha permitido la creación de paquetes tecnológicos destinados a facilitar el diseño y el cálculo de sistemas físicos. Las redes de distribución de agua a presión, cuyo análisis era complejo y tedioso se han beneficiado de ello. En el Proyecto de Modernización y Tecnificación Integral en el Módulo de Riego la Purísima, del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, se ha realizado el entubamiento de la línea de conducción hasta llegar a nivel toma granja. Este entubamiento presenta una mejora de eficiencia en el riego, sin embargo, de acuerdo al análisis hidráulico realizado en este trabajo con los software Cropwat, Wcadi y Epanet, con las condiciones de infraestructura actuales solo es posible implementar sistemas de riego por goteo a nivel parcela en el 32.35% de la superficie (995.67 ha) y un sistema de riego de baja presión en el 68.65% de la superficie (2,180.15 ha). Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo realizar un análisis técnico y económico que permita mejorar la eficiencia de riego mediante alguna alternativa que permita adecuar la infraestructura existente para regar en su totalidad con sistemas de riego por goteo para mejorar la eficiencia y así obtener un ahorro del recurso agua. Los resultados obtenidos mostraron que al mejorar la eficiencia de riego entre las condiciones actuales y las propuestas de solución se tiene un ahorro anual de 6.86 millones de m<sup>3</sup> de agua. Con el estudio y análisis de los procedimientos para la obtención de los resultados de los cálculos de las variables necesarias para redes de conducción, mediante aplicación de modelos informáticos, se demostró que procesando gran información simplifica el trabajo y brinda la oportunidad del análisis de varios escenarios partiendo de la misma información generada.

*Palabras clave:* Epanet, irrigación, goteo.

# Application of Computer Models in the Evaluation of the Hydraulic Efficiency of an Irrigation System

Flores Escobar Fernando, M.C.  
Colegio de Postgraduados 2016

## ABSTRACT

The technological advance of the last decades has allowed the creation of technological packages intended to facilitate the design and calculation of physical systems. Pressure water distribution networks, whose analysis was complex and tedious, have benefited from this networks. In the Project of Modernization and Integral Technification in the Module of Irrigation La Purísima, of Irrigation District 011 "Alto Río Lerma", has been made the intubation of the line of conduction until to reach at farm level. This casing presents an improved irrigation efficiency, however, according to the hydraulic analysis carried out in this work with the Cropwat, Wcadi and Epanet software, with the current infrastructure conditions it is only possible to implement drip irrigation systems at the plot level (995.67 ha) and a low pressure irrigation system in 68.65% of the area (2,180.15 ha). Therefore, the present study aimed to perform a technical and economic analysis to improve the efficiency of irrigation by means of some alternative that allows to adapt the existing infrastructure to irrigate in its entirety with drip irrigation systems to improve efficiency and thus obtain a water resource saving. The obtained results showed that the improvement of the irrigation efficiency between the present conditions and the proposals of solution has an annual saving of 6.86 million m<sup>3</sup> of water. With the study and analysis of the procedures for obtaining the results of calculations of the necessary variables for conduction networks, using computer models, it was demonstrated that processing large information simplifies the work and provides the opportunity to analyze several scenarios starting from the same information generated.

**Key words:** *Epanet, Irrigation, dripping.*



## **AGRADECIMIENTOS**

Al pueblo mexicano que me dio la oportunidad a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de otorgar una beca para realizar mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados por la oportunidad de desarrollar mis estudios de Maestría y los conocimientos adquiridos durante esta etapa.

A mi consejo particular: A la Dra. Antonia Macedo Cruz por todo su apoyo, paciencia y tiempo dedicado en la realización de este trabajo; a la Dra. Dra. Yolanda M. Fernández Ordoñez y la Dra. Martha Elva Ramírez Guzmán por formar parte de mi consejo, dedicar su tiempo y aportar sus consejos para la culminación del presente trabajo.

Al Dr. Abel Quevedo Nolasco por su apoyo y consejos durante la etapa final del presente trabajo.

A mi esposa Bibiana por todo su apoyo para cumplir este objetivo

A mis hijos Esmeralda y Fernando por darme la fuerza para seguir adelante en el desarrollo y la culminación del presente trabajo

A mis padres y hermanas por su constante preocupación y apoyo.

A todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis. A todos ellos les dedico este logro, gracias por ser parte de él.

## **DEDICATORIAS**

A mi esposa Bibiana e hijos Esmeralda y Fernando, por toda la felicidad brindada desde el día que llegaron a mi vida, por soportar mis momentos buenos y malos.

A mis padres Ángel y Eufrocina, por traerme a este mundo, por el amor incondicional que me dan y por todo su apoyo brindado durante mi vida personal y académica.

A mis hermanas Sandra y Alma, quienes son parte de mí, por todo el apoyo brindado durante mi existencia y por ser un ejemplo a seguir.

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3.	HIPÓTESIS .....	3
4.	OBJETIVOS.....	3
4.1.	Objetivo general.....	3
4.2.	Objetivos particulares .....	3
5.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
5.1.	EL RECURSO AGUA EN MÉXICO Y LOS DISTRITOS DE RIEGO.....	4
5.2.	IMPLEMENTACIÓN DE MÓDELOS INFORMATICOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO.....	4
5.3.	IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO .....	5
5.4.	DISEÑO AGRÓNOMICO .....	6
5.4.1.	Evapotranspiración de referencia .....	7
5.4.2.	Evapotranspiración real .....	8
5.4.1.	CROPWAT.....	8
5.4.2.	Bases de datos climáticos .....	9
5.4.3.	Requerimiento de Riego .....	11
5.4.1.	Lámina de Riego Bruta.....	12
5.4.2.	Coeficiente Unitario de Riego (CUR) .....	12
5.4.3.	Capacidad del sistema de riego .....	13
5.5.	SISTEMAS DE RIEGO.....	13
5.5.1.	Clasificación de los sistemas de riego .....	14
5.5.2.	Componentes de un sistema de riego presurizado.....	15
5.5.3.	Riego de baja presión y multicompuertas.....	16
5.5.4.	Riego localizado .....	17
5.5.5.	La eficiencia de riego .....	19
5.6.	DISEÑO HIDRÁULICO DE REDES.....	20
5.6.1.	Red abierta.....	21
5.6.2.	Red cerrada.....	21
5.6.3.	Pérdida de energía por fricción.....	22
5.6.4.	Pérdidas de carga localizadas .....	25
5.7.	PLANTA DE BOMBEO .....	26
5.7.1.	Bombeo.....	26
5.7.2.	Partes de una planta de bombeo .....	27

5.8.	DISPOSITIVOS DE RIEGO .....	30
5.9.	SOFTWARE PARA DISEÑO DE REDES DE TUBERÍA .....	32
5.10.	EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	35
5.10.1.	Indicadores de rentabilidad.....	36
5.11.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	39
5.11.1.	Uso de los SIG en la Hidráulica .....	40
6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
6.1.	MATERIALES .....	40
6.2.	METODOLOGÍA .....	41
6.3.	LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	41
6.4.	RECOPILOCIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	43
6.4.1.	Zona de Riego.....	43
6.4.2.	Información climatológica.....	44
6.4.3.	Patrón de cultivos propuesto.....	45
6.5.	DISEÑO AGRONÓMICO .....	45
6.6.	DETERMINACIÓN DE PRESIÓN MÍNIMA POR TOMA GRANJA PARA UN RIEGO POR GOTEIO.....	46
6.7.	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES ACTUALES. ....	48
6.7.1.	Análisis Hidráulico de la red de conducción de la Zona de Riego.....	48
6.7.2.	Análisis del volumen requerido anual con las condiciones actuales .....	50
6.8.	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DEL SISTEMA ACTUAL.....	50
6.8.1.	Uso de equipos de bombeo por Toma Granja (Propuesta 1).....	51
6.8.2.	Incrementar la presión utilizando el desnivel topográfico de la Zona de Riego (Propuesta 2).....	59
6.8.3.	Análisis del volumen requerido anual incrementando la eficiencia de riego .62	
6.9.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	62
6.10.	ELABORACION DE MAPAS DE UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO .....	62
7.	RESULTADOS .....	63
7.1.	CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE RIEGO.....	63
7.1.1.	Zona de Riego.....	63
7.1.2.	Información climatológica.....	63
7.1.3.	Patrón de cultivos propuesto.....	64
7.2.	DISEÑO AGRONÓMICO .....	65
7.3.	PRESIÓN MÍNIMA POR TOMA GRANJA PARA UN RIEGO POR GOTEIO. 65	

7.4.	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES ACTUALES. ....	66
7.4.1.	Análisis Hidráulico de la red de conducción de la Zona de Riego.....	66
7.4.2.	Análisis del volumen requerido anual con las condiciones actuales .....	74
7.5.	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DEL SISTEMA ACTUAL.....	75
7.5.1.	Uso de equipos de bombeo por Toma Granja (Propuesta 1).....	75
7.5.2.	Incrementar la presión utilizando el desnivel topográfico de la Zona de Riego (Propuesta 2).....	82
7.5.3.	Análisis del volumen requerido anual incrementando la eficiencia de riego .	93
7.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	94
7.7.	ELABORACION DE MAPAS DE UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO.....	98
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	99
9.	LITERATURA CITADA .....	101
10.	ANEXOS .....	103

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características hidráulicas de los emisores.....	16
Cuadro 2. Eficiencia de aplicación de riego.....	20
Cuadro 3. Eficiencias de conducción en canales y tuberías.....	20
Cuadro 4. Valores de Coeficientes para la Formula de Hazen-Williams.....	24
Cuadro 5. Valores de Coeficientes de rugosidad para la Formula de Manning.....	25
Cuadro 6. Valores de Coeficientes $k_l$ para evaluar perdidas locales.....	26
Cuadro 7. Patrón de cultivos propuesta para la Zona de Riego la Purísima.....	45
Cuadro 8. Gastos de simulación Zona de Riego.....	50
Cuadro 9. Calculo de Potencia (Bombas por toma granja).....	52
Cuadro 10. Porcentajes para mantenimiento y reparación de los costos de inversión.....	58
Cuadro 11. Información media anual climatológica Estación 011004 “Aldama”.....	64
Cuadro 12. Fechas de siembra y valores de $K_c$ del patrón de cultivos.....	64
Cuadro 13. Resultados de cálculo de $RR_n$ .....	65
Cuadro 14. Resultado de presión requerida en cada toma granja.....	65
Cuadro 15. Resultado de la modelación hidráulica de la Zona de Riego del Módulo la Purísima.....	66
Cuadro 16. Resultado de modelación hidráulica con variación de gasto.....	67
Cuadro 17. Eficiencia de aplicación general condiciones actuales.....	74
Cuadro 18. Volumen anual requerido con riego por goteo (31.35% de la superficie).....	74
Cuadro 19. Resultados de cálculo de Potencia (Motor para Bomba).....	75
Cuadro 20. Equipo de bombeo utilizado para el análisis de la Zona de Riego.....	77
Cuadro 21. Costos de inversión de la (Propuesta 1).....	80
Cuadro 22. Costos de mantenimiento y reparación (Propuesta 1).....	82
Cuadro 23. Resumen de costos (Propuesta 1).....	82
Cuadro 24. Costos de inversión (Propuesta 2).....	92
Cuadro 25. Costos de mantenimiento y reparación (Propuesta 2).....	93
Cuadro 26. Resumen de costos (Propuesta 2).....	93
Cuadro 27. Volumen anual requerido con riego por goteo en un 100% de la superficie....	94
Cuadro 28. Ahorro de volumen anual requerido.....	94
Cuadro 29. Costo Total de la Propuesta 1.....	94
Cuadro 30. Costo Total de la Propuesta 2.....	95
Cuadro 31. Cálculo del VPC para la propuesta 1.....	95
Cuadro 32. Cálculo del VPC para la propuesta 2.....	96
Cuadro 33. Resumen del cálculo del CAE.....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los sistemas de riego.....	15
Figura 2. Tipo de redes de conducción y distribución.....	22
Figura 3. Partes de una planta de bombeo.....	27
Figura 4. Estructura cárcamo de bombeo.....	28
Figura 5. Dispositivos de la red de riego.....	30
Figura 6. Dispositivos de control en una red.....	31
Figura 7. Zona de Estudio, Módulo de Riego la Purísima, del Distrito de Riego 011 “.....	42
Figura 8. Planos de topografía de la Zona de Riego.....	43
Figura 9. Planos de la red de conducción instalada en la Zona de Riego.....	44
Figura 10. Calculo de $RR_n$ con el software CROPWAT.....	46
Figura 11. Funcionamiento del sistema de riego por toma granja.....	47
Figura 12. Captura de nodos y tuberías de la Zona de Riego en EPANET V2.....	49
Figura 13. Introducir datos de nodos y tuberías en EPANET V2.....	49
Figura 14. Tomas granja con presión inferior a 25 metros de carga.....	51
Figura 15. Curva características de la bomba N638.....	54
Figura 16. Curva características de la bomba NE 635B.....	54
Figura 17. Curva características de las bombas en Epanet.....	55
Figura 18. Captura de Bombeo en Epanet.....	56
Figura 19. Simulación de bomba con variador de Frecuencia.....	56
Figura 20. Ubicación de Obra de Toma en la cota 1826 y tubería adicional.....	60
Figura 21. Superficie con presiones disponibles mayor a 25 m.c.a.....	66
Figura 22. Modelación hidráulica con una demanda del 50% de gasto de diseño.....	68
Figura 23. Modelación hidráulica con una demanda del 80% de gasto de diseño.....	69
Figura 24. Modelación hidráulica con una demanda del 70% de gasto de diseño.....	70
Figura 25. Modelación hidráulica con una demanda del 50% de gasto de diseño.....	71
Figura 26. Modelación hidráulica con una demanda del 30% de gasto de diseño.....	72
Figura 27. Modelación hidráulica con una demanda del 10% de gasto de diseño.....	73
Figura 28. Ubicación de los equipos de bombeo Propuesta 1.....	80
Figura 29. Resultado de la Propuesta 2.....	83
Figura 30. Modelación hidráulica con una demanda del 70% de gasto de diseño (Propuesta 2).....	84
Figura 31. Modelación hidráulica con una demanda del 30% de gasto de diseño (Propuesta 2).....	85
Figura 32. Modelación hidráulica con una demanda del 100% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).....	86
Figura 33. Modelación hidráulica con una demanda del 80% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).....	87
Figura 34. Modelación hidráulica con una demanda del 70% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).....	88

Figura 35. Modelación hidráulica con una demanda del 50% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2). .....	89
Figura 36. Modelación hidráulica con una demanda del 30% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2). .....	90
Figura 37. Modelación hidráulica con una demanda del 10% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2). .....	91



# 1. INTRODUCCIÓN

En México, la distribución irregular de la lluvia ha obligado a construir obras de riego, aprovechando los recursos hidráulicos disponibles, para asegurar el desarrollo de los cultivos. El país cuenta con una área de infraestructura de aproximadamente 6.5 millones de hectáreas bajo riego de las cuales; 3.5 millones correspondientes a 85 Distritos de Riego (DR) y, 3.0 millones a más de 39 mil Unidades de Riego (UR), de la superficie de riego, 1.3 millones de hectáreas se han tecnificado con sistemas de riego de multicompuertas, aspersión, goteo y cintilla; en las 5.2 millones de hectáreas restantes el agua se aplica mediante riego superficial. (CONAGUA, 2011).

El sector agrícola consume 77% del volumen de agua utilizada en el país (61.2 km<sup>3</sup>), con una eficiencia global del orden de 45%, los sistemas de producción bajo riego generan 55% de la producción agrícola nacional y 70% de los productos agrícolas de exportación (Tun *et al.*, 2011).

Dado que el sector agrícola guanajuatense es el principal usuario de agua y ante el uso intensivo del recurso en la zona y la falta de fuentes alternas viables, una opción viable es que se ha orientado la búsqueda hacia esquemas para la transferencia de agua de zonas agrícolas cercanas a las ciudades de Guanajuato, Irapuato y Silao. Un área agrícola cercana es el Módulo de Riego “La Purísima”, del Distrito de Riego 011, “Alto Río Lerma”, cuya fuente de abastecimiento es la presa del mismo nombre que se encuentra cercana a la ciudad de Guanajuato sobre el río Guanajuato. La eficiencia global de la zona de riego “La Purísima” es aproximadamente del 40%, lo que ofrece una alternativa de ahorro de agua para transferencia a otros sectores.

La modernización de la zona de riego “La Purísima” presenta una alternativa al aumento en la eficiencia de riego y por consecuente un ahorro que permita la transferencia de agua del sector agrícola a la zona urbana. Los sistemas de riego son alternativa a dicha modernización y suelen tener una clasificación amplia desde varios puntos de vista, una clasificación muy usada de los sistemas de riego consiste en agruparlos en presurizados y de baja presión.

El Proyecto de Modernización y Tecnificación Integral en el Módulo de Riego la Purísima,

del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, contempla 4 etapas para su proceso de construcción. La primera etapa está concluida y consiste en el entubamiento de la línea de conducción hasta llegar a nivel toma granja.

El presente trabajo consiste en evaluar el sistema de riego actual mediante el uso de modelos informáticos (CROPWAT, WCADI y EPANET) para formular propuestas de solución que permita mejorar la eficiencia de riego aplicando sistemas de riego por goteo a nivel parcela y seleccionar la que técnicamente y económicamente sea la más viable.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La tecnificación de la red de conducción principal del Módulo de Riego la Purísima, del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato, comprende 2 Zonas de Riego, la Zona de Riego 1 contempla una superficie de 417.92 ha, la Zona de Riego 2 contempla una superficie de 3,175.8 ha.

Para el análisis del presente trabajo se consideró la Zona de Riego 2 que tiene la mayor superficie, la cual cuenta con una obra de toma que se conecta al canal Principal la Purísima, y tubería de conducción de materiales de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRVF) y Policloruro de Vinilo (PVC) para presiones de trabajo de 6 y 5 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

La tubería de la línea de conducción instalada actualmente cuentan con salidas (tomas granja), que alimenta a una determinada superficie de riego de 30 hectáreas en promedio, las presiones disponibles en cada toma granja son variadas y depende principalmente de la topografía y la pérdidas de presión por la conducción del agua (por fricción y localizadas).

Hoy en día, la agricultura supone un 69% del agua total extraída en el mundo y este porcentaje supera el 90% en algunos países áridos. La situación está cambiando a medida que la población aumenta y cada vez más países se enfrentan a desabastecimientos de agua. Para el año 2030, más de un 60% de la población vivirá en zonas urbanas que demandarán una proporción creciente del agua extraída (FAO, 2006).

El objetivo principal de la modelación mediante el uso de herramientas informáticas es evaluar la eficiencia actual de riego y buscar propuestas que permitan tener un ahorro de agua ya sea para incrementar la zona de riego o para poder destinar agua a otro sector.

La ubicación de la obra de toma y la topográfica de la zona de riego, permiten dar una solución que minimice la implementación de energía adicional como son los equipos de bombeos con el objetivo de minimizar los costos de mantenimiento y operación.

### **3. HIPÓTESIS**

La tecnificación de riego actual (red de conducción principal a nivel toma granja) de la zona de riego del Módulo “la Purísima” del Distrito de Riego 011, no permite implementar riegos por goteo a nivel parcela en el 100% de la superficie.

Si se realiza un análisis de la red de conducción existente tomando en cuenta la topografía de la zona y la ubicación de la fuente de abastecimiento se puede mejorar el sistema para implementar riegos por goteo a nivel parcela que permita hacer más eficiente el riego y tener un ahorro de agua.

La modelación hidráulica de sistemas de riego mediante softwares, permite tener resultados más precisos y poder modelar cualquier red bajo diversos escenarios buscando mejorar la eficiencia del riego.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo general**

- Evaluar el sistema de riego actual mediante herramientas informáticas y proponer propuestas que permitan el uso eficiente del recurso hídrico.

#### **4.2. Objetivos particulares**

- Determinar la presión mínima necesaria en cada toma granja para poder regar con sistemas de riego por goteo.
- Analizar hidráulicamente la línea de conducción existente para determinar las presiones con que se cuenta en cada toma granja y determinar qué tipo de sistema de riego se puede implementar a nivel parcela.
- Formular propuestas de solución para mejorar la eficiencia de riego y seleccionar la que técnicamente y económicamente sea más viable.

## **5. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **5.1. EL RECURSO AGUA EN MÉXICO Y LOS DISTRITOS DE RIEGO.**

La irregular distribución espacial y temporal de la precipitación da como resultado que en el 42% del territorio nacional se presenten precipitaciones medias anuales menor a 500mm (principalmente en el norte), en algunos casos menores a 50mm. En contraste, en 7% del territorio, existen precipitaciones medias anuales superiores a los 2000 mm, con zonas donde la precipitación media anual es mayor a 500 mm, (Cantú y Garduño, 2004).

La limitante principal para garantizar una producción agrícola suficiente en México es la poca disponibilidad que se tiene del agua en las zonas áridas y semiáridas del país; asociado a esto se encuentran también la explosión demográfica y la demanda de los sectores económicos de dichas zonas. Por tal motivo, es necesario impulsar programas que promuevan la conservación y uso eficiente del agua en el sector agropecuario, mediante el mejoramiento de métodos e instrumentos para conducir, distribuir y aplicar el agua de riego; así como para diseñar, revisar y evaluar los sistemas de riego (Espinosa, 2014).

Para Camacho (2010), parte de la problemática actual en el manejo de los distritos de riego es la siguiente:

- Reducción del personal técnico de la comisión nacional del agua (CONAGUA) en los Distritos de Riego hasta en un 90%
- Falta de asistencia técnica a los usuarios.
- Falta de Asistencia Técnica a los Usuarios
- Falta de recursos para Rehabilitación y Modernización de la Infraestructura
- Problemas ocasionados por falta de personal: información agrícola (superficies, rendimientos) e hidrométrica de dudosa calidad.
- Se requiere información actualizada de usuarios, catastro, infraestructura

### **5.2. IMPLEMENTACIÓN DE MÓDELOS INFORMATICOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO.**

El avance tecnológico de las últimas décadas ha permitido la creación de paquetes tecnológicos destinados a facilitar el diseño y el cálculo de sistemas físicos. Las redes de

distribución de agua a presión, cuyo análisis antaño comportaba complejos y tediosos cálculos, también se han beneficiado de ello. Unos de los softwares más usados y que son gratuitos es el EPANET que es un modelo de simulación por computador que ayuda a predecir el comportamiento hidráulico en un sistema de distribución de agua durante periodos de operación prolongados. García (2006) Utilizó el EPANET en el diseño y comprobación de redes hidráulica a presión, para obtener simulaciones lo más cercanas a la realidad e implemento los conceptos básicos del sistema para la optimización de una red de conducción para un sistema de riego.

Yescas (2013) realizó un comparativo entre el diseño mediante un Software (WCADI) y el diseño manual lo cual se entendió de mejor manera el comportamiento del Software respecto a los procedimientos de cálculo manual, y se pudo establecer que el programa es una herramienta en el diseño de sistemas de riego parcelario, que permite realizar el diseño en menores tiempos de una red de conducción hidráulica y con mayor confiabilidad.

Espinosa (2014) hizo un análisis técnico-económico mediante el Software (WCADI) de un sistema de riego nuevo a nivel hidrante utilizando dos métodos de diseño y considerando el factor económico (costos de inversión, operación y mantenimiento).

Georgescu *et al* (2014), en su artículo apunta a la evaluación de la eficiencia de bombas con velocidad variable, que funcionan con velocidades diferentes de la nominal. Un sistema experimental, existe en la universidad Técnica de la Ingeniería civil Bucarest, fue modelado en EPANET. La instalación permite la medida de las curvas características de dos bombas idénticas conducidas por motores eléctricos con la proporción de velocidad rotatoria de  $\frac{1}{2}$ . Las curvas de bombas fueron alimentadas en EPANET y los resultados para velocidades rotatorias diferentes eran comparados con valores medurados. Los resultados muestran que EPANET no cambia la curva de eficiencia de la bomba funcionando con velocidades rotatorias diferentes.

### **5.3. IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO**

La topografía se puede definir como el conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales (Franco, 1999) y

también como la ciencia y el arte de representar la realidad y es a su vez, la disciplina que permite establecer el vínculo entre el espacio real y un modelo matemático que lo representará.

Se puede dividir el trabajo topográfico como dos actividades congruentes: llevar "el terreno al gabinete" (mediante la medición de puntos o relevamiento, su archivo en el instrumental electrónico y luego su edición en la computadora) y llevar "el gabinete al terreno" (mediante el replanteo por el camino inverso, desde un proyecto en la computadora a la ubicación del mismo mediante puntos sobre el terreno). Los puntos relevados o replanteados tienen un valor tridimensional; es decir, se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión).

Para toda obra de rehabilitación o construcción nueva es necesario contar con los respectivos estudios topográficos realizados en el sitio a ser intervenido. En consecuencia para lograr la elaboración del proyecto es necesario tomar en cuenta cada uno de los puntos más críticos del terreno empezando con la altitud sobre el nivel del mar y coordenadas geográficas de las fuentes de abastecimiento, tramo de red de conducción y ubicación de las tomas granjas.

El levantamiento topográfico es una actividad muy importante, previa a la realización del diseño de una red de conducción hidráulica, en este se debe ser preciso ya que un error afectaría las etapas siguientes. El levantamiento topográfico nos permite conocer las elevaciones de los nodos de la red de riego, y nos ayuda a elegir el punto donde será colocada cada estructura de control y protección. Además de los datos altimétricos, los estudios topográficos permiten visualizar los posibles obstáculos que se deberán sortear en una red de conducción entubada, tales como: canales, caminos, vías férreas, barrancas, etc. (García, 2003).

#### **5.4. DISEÑO AGRÓNOMICO**

El diseño agronómico es la parte inicial en todo proyecto de riego, que va a determinar la capacidad del sistema y la periodicidad de riego. El diseño agronómico se define como el proceso que ha de garantizar que la red hidráulica del sistema sea capaz de suministrar, con

una óptima eficiencia de aplicación, las necesidades hídricas del cultivo durante el periodo de máximo consumo, humedeciendo el volumen de suelo necesario para su desarrollo (Villafáfila y Wyss, 2009), se han desarrollado diversos métodos para la predicción de las necesidades de agua de los cultivos, debido en gran parte, a que los procedimientos para medición directa del aprovechamiento del agua por los cultivos son difíciles y laboriosos.

Para el presente trabajo, las necesidades de agua de los cultivos se calcularon siguiendo la metodología propuesta por la FAO, en el manual 56. Evapotranspiración del cultivo.

Con el diseño agronómico podemos determinar principalmente dos cosas:

1. Cálculo de las necesidades de agua en la plantas.
2. Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego

#### **5.4.1. Evapotranspiración de referencia**

Los únicos factores que afectan la Evapotranspiración de Referencia ( $ET_0$ ) son los parámetros climáticos. Por lo tanto, es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos.  $ET_0$  expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo. Desde este punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método de determinación de  $ET_0$  con parámetros climáticos. Este método ha sido seleccionado debido a que aproxima de una manera cercana la  $ET_0$  de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos.

Método de FAO Penman-Monteith. Se recomienda actualmente como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia,  $ET_0$ . Este fue desarrollado haciendo uso de la definición del cultivo de referencia como un cultivo hipotético y que representa a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado. El método reduce las imprecisiones del método anterior de FAO Penman y produce valores más consistentes con datos reales de uso de agua de diversos cultivos.

La ecuación combinada de FAO Penman-Monteith está dada con la expresión (2).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

$ET_o$  = Evapotranspiración de referencia (mm día<sup>-1</sup>)

$R_n$  = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>)

$G$  = Flujo del calor de suelo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>)

$T$  = Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

$u_2$  = Velocidad del viento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>);

$e_s$  = Presión de vapor de saturación (kPa)

$e_a$  = Presión real de vapor (kPa)

$e_s - e_a$  = Déficit de presión de vapor (kPa)

$\Delta$  = Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>)

$\gamma$  = Constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>)

#### 5.4.2. Evapotranspiración real

La estimación periódica de la evapotranspiración real de un cultivo (ETr) en una zona de riego constituye la base para estimar los requerimientos hídricos de los cultivos. Como es difícil generar una metodología para estimar directamente la evapotranspiración real (ETr) es necesario estimar primeramente la evapotranspiración de un cultivo de referencia (ETo) para aislar el efecto del tipo del cultivo. Posteriormente, se ajusta el valor de ETo con un factor que toma en cuenta el tipo y etapa del cultivo, este factor se conoce como coeficiente de cultivo (Kc) (IMTA, 2007). Finalmente la ETr, se calcula con la expresión (3).

$$ETr = ETo * Kc \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

ETr = Evapotranspiración del cultivo, en mm;

Eto = Evapotranspiración de referencia, en mm; y

Kc = Coeficiente del cultivo, en adimensional.

#### 5.4.1. CROPWAT

El cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) puede ser automatizado. Los procedimientos de cálculo de todos los datos requeridos para el cálculo de la ETo por medio de la ecuación FAO Penman-Monteith, expresión (2). Muchos programas informáticos utilizan ya la ecuación FAO Penman-Monteith o para determinar la



evapotranspiración de referencia. Como ejemplo, los resultados generados por el programa Cropwat, el software de la FAO desarrollado para la programación del riego.

El Cropwat es el programa informático de la FAO, para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos. Es lo que denominamos diseño agronómico de riego, es el paso previo al cálculo hidráulico del riego. Consiste en calcular los turnos, caudales y tiempos de riego basándose en las necesidades de agua del cultivo que viene determinado por el tipo de suelo, clima y cultivo.

Es un programa gratuito disponible en la web de la FAO, la última versión es la 8.0 bajo Windows. Es también casi necesario que se descarguen el Climwat que es una amplia base de datos climáticos para ser utilizado en combinación con el Cropwat. Ofrece datos agroclimáticos de más de 5000 estaciones en todo el mundo. Por supuesto que se puede emplear datos elaborados específicamente para un proyecto determinado, pero la base de datos es muy útil cuando no se disponen de un área en concreto o como aproximación cuando se toma de una zona similar.

#### **5.4.2. Bases de datos climáticos**

**CLIMWAT:** es una base de datos climática preparada para ser utilizada con el programa Cropwat y permite realizar el cálculo de los requerimientos hídricos de los cultivos. Climwat es una publicación conjunta de la unidad de manejo y desarrollo del agua y de la unidad de bioenergía y cambio climático de la FAO. El programa ofrece datos climáticos observados para más de 5000 estaciones localizadas en todo el mundo.

Climwat contiene valores medios mensuales de los siguientes parámetros climáticos: temperatura máxima y mínima diarias, humedad relativa, velocidad del viento media, horas brillo solar medias por día, radiación solar media, precipitación mensual, evapotranspiración de referencia para pasto estimada con la fórmula de Penman-Monteith. Los datos pueden ser exportados para una sola estación o una lista de estaciones, dos archivos son creados para cada estación. El primero contiene los valores de la precipitación y el segundo contiene los siete parámetros climáticos mencionados anteriormente. Los datos climáticos contenidos en la base de datos representan valores medios para un periodo de 1971-2000, sin embargo algunas estaciones no cumplen con este periodo de datos pero al menos contienen 15 años con información.

**ERIC III:** El Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) facilita la extracción de la información contenida en la base de datos CLICOM, el banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La información contenida en el ERIC consiste en reportes diarios de estaciones climatológicas tradicionales.

Los reportes diarios contienen las siguientes variables:

- Temperatura observada °C (a las 8 hrs.)
- Temperatura mínima °C
- Temperatura máxima °C
- Precipitación 24 hrs mm
- Evaporación 24 hrs mm
- Tormenta 0=no hubo; 1=sí hubo.
- Granizo 0=no hubo; 1=sí hubo.
- Niebla 0=no hubo; 1=sí hubo.
- Cobertura del cielo 0=despejado; 1=medio nublado 2=nublado

Características del ERIC

- Interfaz gráfica de usuario amigable.
- Base de datos propia.
- Corre bajo sistemas Windows XP/Vista/7 de 32 bits.
- Ejecución desde el CD o instalarlo en el Disco Duro.
- Exportación de reportes en un archivo de texto.
- Generación de gráficas con series de tiempo.
- Generación de mapas con isolíneas.
- Obtención de anomalías con respecto al promedio histórico
- Control sobre la resolución de interpolación para generar mapas.

**El Servicio Meteorológico Nacional (SMN)** es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país. El Servicio Meteorológico Nacional, depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional.

Sus funciones principales son:

Mantener informado al Sistema Nacional de Protección Civil, de las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus actividades económicas.

1. Difundir al público boletines y avisos de las condiciones del tiempo, especialmente durante la época de ciclones, que abarca de mayo a noviembre.
2. Proporcionar al público información meteorológica y climatológica.
3. Realizar estudios climatológicos o meteorológicos.
4. Concentrar, revisar, depurar y ordenar la información, generando el Banco Nacional de Datos Climatológicos, para consulta del público.

Existen bases de datos climáticas alternativas que nos pueden proveer con la información necesaria:

**Redes de estaciones automáticas:**

- INIFAP
- Agrosón

**5.4.3. Requerimiento de Riego**

Los requerimientos de riego netos ( $RR_n$ ), expresados usualmente en mm o cm, se define como la lámina de agua que ha perdido un cultivo, cultivado bajo condiciones óptimas y sin restricciones de suelo y agua, por medio de la evapotranspiración y que no ha sido restituida por aportaciones naturales de agua a su zona de raíces (de León y Robles 2007). Para estimar los requerimientos de riego para un intervalo de tiempo definido se calcula con la expresión (1):

$$RR_n = ET_r - Pe - Am - \Delta\theta(P_r) \dots \dots \dots (1)$$

Dónde:

$RR_n$ : Requerimiento de riego neto (mm)

$ET_r$ : Evapotranspiración real de los cultivos (mm)

Pe: Precipitación Efectiva (mm)

Am: Aportación del manto freático (mm)

$\Delta\theta$ : Cambio volumétrico en el contenido de humedad en la zona de raíces (mm)

P<sub>r</sub>: Profundidad radicular (mm)

#### 5.4.1. Lámina de Riego Bruta

La lámina de riego (L<sub>r<sub>b</sub></sub>) se define como la cantidad de agua en unidades lineales (usualmente milímetros) o carga de agua que se aplica sobre la superficie del suelo para cumplir con los requerimientos de riego de un cultivo y se calcula con la expresión (4):

$$Lr_b = \frac{RR_n}{Ea * Ec} \dots\dots\dots(4)$$

Dónde:

L<sub>r<sub>b</sub></sub>: lamina de riego bruta (mm)

RR<sub>n</sub>: Requerimiento de riego neto (mm)

Ea: Eficiencia de aplicación (decimal)

Ec: Eficiencia de conducción, incluye eficiencia de conducción y distribución (decimal)

#### 5.4.2. Coeficiente Unitario de Riego (CUR)

El Coeficiente Unitario de Riego (CUR), es el valor correspondiente a la capacidad del sistema por hectárea y permite determinar la capacidad de los diferentes tramos de la línea de conducción y/o de la red de distribución, sean canales o tuberías. Se consideran las características edafológicas, climáticas y fisiológicas de los cultivos, el nivel tecnológico del manejo del agua en la parcela, los métodos de distribución del agua de riego, y los métodos y medios de operación de las obras de control y distribución, se utiliza la expresión (5) para su cálculo.

$$CUR = \frac{K * Lr_b}{Tr} \dots\dots\dots(5)$$

Dónde:

CUR = Coeficiente unitario de riego (l s-1 ha-1)

K = Constante con un valor de 2.778 para las unidades usadas

L<sub>r<sub>b</sub></sub> = Lámina de riego bruta (mm día-1)

Tr = Tiempo de riego (horas)

### 5.4.3. Capacidad del sistema de riego

La capacidad del sistema es el gasto que el sistema debe suministrar en la temporada de máxima demanda y se calcula con la expresión (6)

$$Q_{m\acute{a}x} = K \frac{(RRn) A_T}{Ea * Ec * HPD} \dots\dots\dots(6)$$

Dónde:

$Q_{m\acute{a}x}$  = Gasto máximo requerido en el sistema (lps)

K = Constante con un valor de 2.778 para las unidades usadas

RRn = Requerimiento de riego diario de diseño de la zona de riego (mm/día)

$A_T$  = Área total máxima (ha),

Ea: Eficiencia de aplicación (decimal)

Ec: Eficiencia de conducción, incluye eficiencia de conducción y distribución (decimal)

HPD = Horas por día que opera el sistema (h).

### 5.5. SISTEMAS DE RIEGO

El sistema de riego se define al riego como la aplicación uniforme del elemento agua, en la cantidad y periodicidad adecuada y en la forma más conveniente, a fin de que el cultivo al que se aplica produzca el mayor rendimiento económico sin provocar desperdicios en el uso del agua y del suelo (SARH, 1980).

El objetivo de los sistemas de riego es poner a disposición de los cultivos el agua necesaria para que cubra sus necesidades, complementando la recibida en forma de precipitaciones. Cuando se trata de distribuir agua por una parcela de cultivo se tropieza con numerosas dificultades, que ocasionan pérdidas e impiden que el agua se reparta de forma homogénea. Para juzgar la calidad de un sistema o instalación de riego se emplean algunos conceptos que es necesario conocer.

El riego desarrollado en México tradicionalmente ha sido superficial mediante surcos y melgas principalmente para la irrigación de granos básicos, hortalizas y frutales. Se estima que el riego superficial se practica en 5.8 millones de hectáreas. El uso de los sistemas de riego presurizado, se reportan en el país 372 mil hectáreas (6% de la superficie total bajo riego), destinadas principalmente a la producción de hortalizas y frutales. En términos generales, la eficiencia global del riego a nivel parcelario en el país es del orden del 45%, lo

que significa un nivel bajo de aprovechamiento del recurso agua. Tomando en cuenta que 94% del riego se aplica en forma superficial, existe un alto potencial para incrementar la productividad mediante el mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua en los diversos sistemas de riego superficial, con la introducción de sistemas de riego presurizados, (Palacios, 2010).

### **5.5.1. Clasificación de los sistemas de riego**

La aplicación del agua de riego se suele llamar de acuerdo con el método de hacerla llegar al suelo y el método más adecuado se elige en atención a la topografía, a las características físicas del suelo, a la adaptabilidad de los cultivos a la topografía, a las características físicas del suelo, a la adaptabilidad de los cultivos que van a implantarse según sean las prácticas culturales que requieren, así como al volumen de agua disponible. Además, deberá tomarse en cuenta su costo, la factibilidad de su establecimiento y la mano de obra (De la Peña y Llerenda, 2001).

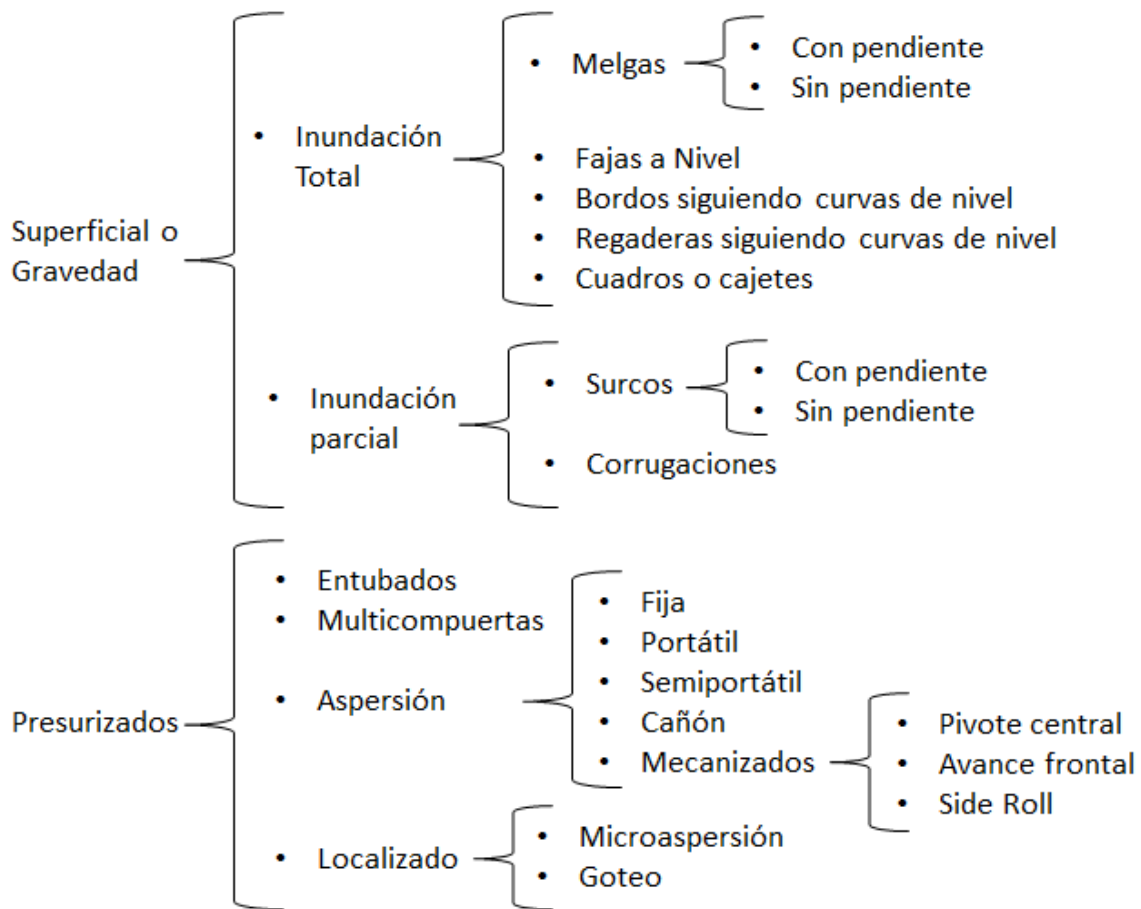
Las cuatro formas que existen para aplicar el agua de riego son:

**Riego superficial o por gravedad.** El agua se aplica directamente a la superficie del suelo, ya sea por inundación total controlada por bordos o a través de surcos donde la inundación es parcial. Estos métodos de riego se dividen en dos grupos, los cuales se muestran en la Figura 1.

**Riegos presurizados.** En este sistema, el agua es conducida a través de tuberías mediante presión hasta el punto de aplicación, por lo que la superficie del suelo se humedece por efecto del agua proporcionada directamente al suelo. Hay cinco grupos principalmente y se clasifican en base al tipo de emisor utilizado, ver Figura 1.

**Subterráneo o subirrigación (sub-superficial).** El agua se aplica por debajo de la superficie del terreno a una profundidad tal que pueda distribuirse en la zona radical por ascenso capilar. Este método de riego se emplea en zonas con nivel freático somero, en donde pueden existir drenes con compuertas para controlar el acuífero con objeto de elevar su nivel, hasta que se humedezca la zona de raíces por capilaridad.

**Mixto.** Es cuando se usan dos o más de los anteriores y generalmente la combinación que se hace es gravedad con subirrigación.



**Figura 1.** Clasificación de los sistemas de riego.

### 5.5.2. Componentes de un sistema de riego presurizado

Para hacer proyectos de riego presurizado tecnificado, deben usarse eficiencias de conducción del orden de 98%, eficiencias de distribución cercanas a 95%, eficiencias de aplicación del orden de 95% y coeficientes de uniformidad entre 80% y 95%, dependiendo del tipo de emisor. Los principales componentes se describen a continuación:

**Líneas de Riego Emisores:** Son dispositivos hidráulicos que tienen como finalidad la aplicación de agua en cercana a la zona radicular de los cultivos, entre los principales tenemos, aspersores (varios tamaños y capacidades), microaspersores, goteros (goteros y cita de riego), borboteadores. Cada uno de estos tipos de emisores emite diferente gasto y

trabajan a presión distinta, como se puede observar en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características hidráulicas de los emisores.

<b>Emisor</b>	<b>Gasto (l/h)</b>	<b>Carga de presión (m)</b>
Goteros	0.15-8.0	6-12
Borboteadores	10-500	13-50
Microaspersores	15-300	18-25
Aspersor estándar	0.2-1.5	20-55
Aspersor gigante	5-30	25-70

**Red de conducción y distribución:** La red de conducción y de distribución constituye el conjunto de tuberías que llevan el agua desde la fuente de abastecimiento o unidad de bombeo, hasta la entrada de las secciones de riego o líneas laterales, en su caso. La red está compuesta por tuberías generalmente de PVC o aluminio.

**Sección de riego:** es la superficie formada por el conjunto de subunidades que se riegan simultáneamente desde un punto, donde se controla la dosis del agua por aplicar en cada riego.

**Cabezal de control:** el cabezal de control tiene como funciones controlar y medir el gasto así como la presión; dosificar agroquímicos, filtrar el agua, etc. Se componen principalmente de bomba, dosificador de agroquímicos, filtración, medidor de gasto, válvulas de control y seguridad entre otras conexiones.

### **5.5.3. Riego de baja presión y multicompuertas**

Una forma de tecnificación del riego por gravedad es usando entubados o tuberías multicompuertas (sistemas de baja presión que buscan reducir la pérdida por infiltración al eliminar los canales a cielo abierto hasta la parcela). Se estima una eficiencia de aplicación entre el 40 y el 75 %.

*Ventajas:*

- Costo de instalación es bajo comparado con aspersión y goteo.
- Fácil operación.
- Costos energéticos (combustible o electricidad) generalmente son bajos.
- No se requiere personal calificado para su operación.



*Desventajas:*

- Presenta baja eficiencia en el uso del agua.
- Baja eficiencia cuando no se tiene nivelación.
- Cuando la infiltración no es constante provoca encharcamientos.
- Comparado con otros sistemas presenta problemas para ferti-irrigar.
- Baja productividad.

#### **5.5.4. Riego localizado**

Se considera como la aplicación del agua al suelo, en una zona más o menos restringida del volumen radicular, dentro del cual se encuentran el riego por goteo, microaspersión y/o difusores (Martínez, 1991).

El agua de riego debe entrar en el sistema dotada de la presión necesaria para hacer funcionar correctamente a la instalación. El camino que sigue después hasta que se pone a disposición del cultivo es el siguiente: entra al cabezal de riego que está compuesto por una serie de elementos que la filtran y tratan, es decir ajustan su calidad a los requerimientos tanto del sistema de riego como del cultivo; entonces pasa a la red de distribución de la instalación donde es repartida a través de tuberías y elementos accesorios a las diferentes unidades y subunidades a regar; finalmente sale por los emisores de riego, que la aportan al suelo de donde podrá ser extraída por las plantas.

Como es lógico, el tipo, costo, grado de sofisticación, automatización, etc. de estos componentes es distinto y el uso de uno u otro dependerá de la inversión que pueda soportar el cultivo o de los requerimientos técnicos que precise. Sin embargo, el uso de materiales y componentes fiables y de buena calidad suele ser rentable a largo plazo aunque la inversión inicial sea algo más elevada. Además, se reduce el riesgo de que la instalación no funcione según está diseñada y el cultivo se pueda ver afectado y disminuya su producción.

**Riego por goteo.** Se llama así a los sistemas que aplican el agua con un caudal no superior a 20 lph, por punto de emisión o metro lineal de manguera de goteo. Puede instalarse superficial o subterráneo.

El agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los emisores o goteros, en los que

pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota. Son utilizados normalmente en cultivos con marco de plantación amplio (olivar, frutales, etc.) aunque también se usan en cultivos en línea (hortalizas, algodón, coliflor, repollo, patata, etc.).

*Ventajas:*

- Ahorro de mano de obra
- Posibilidad de regar en cualquier tipo de topografía
- No existe interferencia a causa de los vientos
- Se eliminan canales y acequias
- Facilita el control de malezas
- Aumento de la producción
- Fertilización a través del agua
- Evita la lixiviación de los nutrientes

*Desventajas:*

- Costo inicial es elevado
- Taponamiento de emisores, si no se tiene el manejo adecuado
- Ensalitramiento del suelo si se usa aguas con alto contenido de sales
- Se requiere de capacitación para el uso del sistema

**Riego por microaspersión.** el agua se aplica sobre la superficie del suelo en forma de lluvia muy fina, mojando una zona determinada que depende del alcance de cada emisor. Están indicados tanto para cultivos leñosos como para cultivos herbáceos de distinto marco de plantación.

En este sistema de riego se distinguen los emisores denominados microaspersores y los denominados microdifusores. En ambos casos suelen trabajar a presiones entre 1 y 2 Kg/cm<sup>2</sup>

(Kilogramo/centímetro cuadrado) y suministran caudales de hasta 200 litros/hora. Permite uniformidades de riego muy altas, es excelente para usarse en sistemas de ferti-irrigación, también es usado para combate de heladas.

*Ventajas:*

- No moja la totalidad del suelo.

- Eficiencia de aplicación 80-90%.
- Permite el riego por debajo de las copas de las plantas sin mojarlas.
- Se disminuye el efecto negativo del viento, pudiendo dirigir el chorro hacia abajo.
- Tiene menos pérdidas por evaporación que los anteriores.
- Facilidad de incorporación el fertirriego.

Desventajas:

- Alto costo de instalación altos.
- Susceptibilidad de taponamiento de los emisores.

### **5.5.5. La eficiencia de riego**

La eficiencia, en una acepción general, expresa la relación entre la cantidad de recursos necesarios y los realmente utilizados en un proceso o actividad. Así, la eficiencia de riego se refiere al porcentaje del agua suministrada a un cultivo que sirve efectivamente para satisfacer sus necesidades hídricas.

Este valor puede obtenerse para diferentes niveles de análisis, y en un sistema de riego puede dividirse en tres componentes: eficiencia de aplicación, eficiencia de distribución y eficiencia de conducción. Los dos últimos componentes pueden agruparse como eficiencia de la red.

La modernización de las técnicas y sistemas de riego surgen como una respuesta a la necesidad de alcanzar eficiencias altas en el uso del agua, introduciendo sistemas más sofisticados pero que en algunos casos implican mayores requerimientos de energía y capital.

#### **Eficiencia de aplicación**

Valenzuela (1997) define este parámetro como la razón entre el volumen de agua que se almacena en la zona radicular y es finalmente consumido (transpirado y/o evaporado) y el volumen total aplicado. Además, considera que las pérdidas de agua más comunes están representadas por el escurrimiento superficial y la percolación profunda, menospreciando, a su vez, la evaporación. En el Cuadro 2, se presentan algunas de las eficiencias de riego para los principales métodos de riego.

**Cuadro 2.** Eficiencia de aplicación de riego.

<b>Método de riego</b>	<b>Eficiencia %</b>
Tendido	20-30
Surcos	30-60
Corrugado	60-70
Surcos en curva de nivel	40-70
Multicompuertas	65-70
Aspersión	70-85
Goteo	90-95
Microaspersión	85-95
Cinta	90-95

### **Eficiencia de conducción**

Se estima que en promedio en los Distritos de Riego del país se pierde un 40% del agua en la conducción; es decir la eficiencia media de conducción es del orden del 60%. No obstante, debe recordarse que no toda el agua se desperdicia, ya que parte va a los acuíferos y posteriormente puede ser nuevamente aprovechada; sin embargo, en los Distritos costeros, la mayor parte del agua perdida se va hasta el mar, sin que sea posible su utilización. Las pérdidas en conducción pueden subdividirse principalmente de acuerdo a su origen en: a) por infiltración; b) por evaporación; c) por manejo del agua en la red de distribución, ver Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Eficiencias de conducción en canales y tuberías.

<b>Tipo</b>	<b>Material</b>	<b>Eficiencia %</b>
Canal	Tierra	87
Canal	Concreto	90
Tubería	Concreto	90
Tubería	PVC	98

Fuente: (IMTA,1992)

## **5.6. DISEÑO HIDRÁULICO DE REDES**

Una red de conducción o distribución son el conjunto de tuberías que permiten conducir el

agua desde la fuente de abastecimiento hasta las secciones de riego. Generalmente funcionan como tuberías simples, con pérdidas de carga por fricción y localizadas en accesorios. Para el diseño se toman en cuenta los desniveles del terreno, como carga hidráulica potencial.

El diseño hidráulico de la red de conducción y distribución de un sistema de riego constituye una etapa esencial en la elaboración de un proyecto ejecutivo de tecnificación del riego.

El trazado de las redes de riego constituye una de las etapas clave de desarrollo del proyecto, ya que de él depende buena parte de la economía del sistema de riego y sobre todo la operación futura de la zona de riego. El objetivo del proyectista, durante la etapa de trazado de la red interparcelaria, es lograr el diseño óptimo que conecte cada uno de los hidrantes o tomas parcelarias de riego con la fuente de suministro de agua.

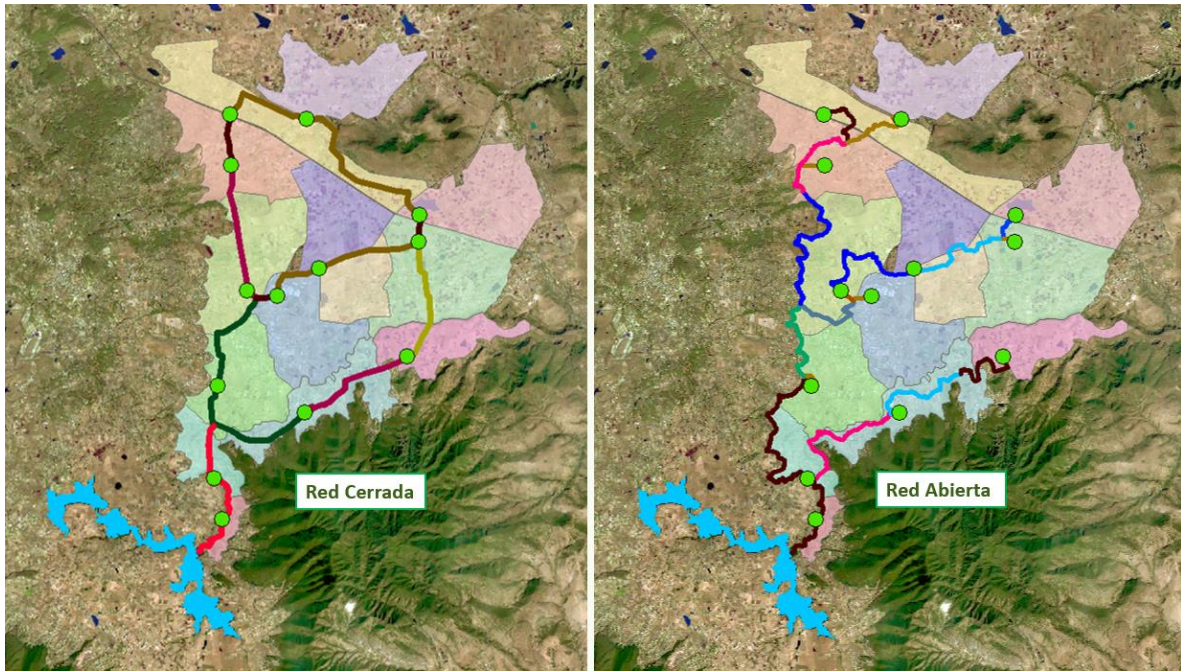
Existen dos tipos de redes principalmente, la red abierta y la red cerrada, el trazo de dicha red dependerá de las necesidades del proyecto y condiciones de la zona de riego.

#### **5.6.1. Red abierta**

La red abierta o ramificada se caracteriza por contar con una tubería principal de distribución (la de mayor diámetro) desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución, Figura 2. La principal desventaja de una red abierta es la escasa seguridad operativa. Un desperfecto en cualquier tramo intermedio causa irregularidades en todos los puntos de la demanda posteriores al tramo dañado.

#### **5.6.2. Red cerrada**

La red cerrada o mallada, se logra con la conformación de mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la red de distribución, es decir existen punto interconectados en una o más parte de la red, Figura 2. La principal ventaja de este tipo de red es la gran seguridad operativa, dado que en caso de un desperfecto en un tramo de red cerrada, este se puede aislar y continuar el suministro por alguna otra parte de la red, su principal desventaja es el costo de inversión.



**Figura 2.** Tipo de redes de conducción y distribución.

### 5.6.3. Pérdida de energía por fricción

Las pérdidas de energía por fricción en tubería de red abierta o cerrada han sido objeto de estudio durante mucho tiempo y se han obtenidos varias fórmulas o ecuaciones empíricas basadas en coeficientes experimentales. En hidráulica de tuberías son ampliamente utilizadas las ecuaciones de Darcy-Weisbach (D-W), Hazen-Williams (H-W), Manning, entre otras. Las cuales dan mejores resultados en la ingeniería de diseño de sistemas de riego.

**La ecuación de Darcy-Weisbach (1875):** Es considerada como la ecuación universal de pérdidas de carga en conductos cerrados, ya que tiene una amplia fundamentación hidráulica al ser dimensionalmente homogénea con una buena precisión en sus resultados; sin embargo, su principal limitación radica en la dificultad de calcular el factor de fricción ( $f$ ), ya que es necesario calcularlo con métodos numéricos o bien mediante tablas y nomogramas, los cuales no siempre están disponibles para el diseñador, se calcula con la expresión (8).

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \dots\dots\dots(8)$$

Donde;

$h_f$ : Pérdida de carga o de energía por fricción (m)

$f$ : Coeficiente de fricción (adimensional)

$L$ : Longitud de la tubería (m)

$D$ : Diámetro interno de la tubería (m)

$V$ : Velocidad media (m/s)

$g$ : Aceleración de la gravedad ( $m\ s^{-2}$ )

$Q$ : Caudal o Gasto ( $m^3\ s^{-1}$ )

El valor de  $f$  se obtendrá al aplicar la ecuación modificada de Colebrook-White, expresión (9), o directamente del diagrama universal de Moody:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log\left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{G}{Re^T}\right) \right]^2} \quad Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots(9)$$

Donde:

Re: Es el número de Reynolds

$\nu$ : Es la viscosidad cinemática del líquido ( $m^2\ s^{-1}$ )

$\epsilon$ : Es la rugosidad absoluta del material de la tubería (m).

Los valores de  $G$  y  $T$  serán de acuerdo a la rugosidad absoluta para distintos materiales:

Para  $4000 \leq Re \leq 10^5$        $G = 4.555$  y  $T = 0.8764$

Para  $10^5 \leq Re \leq 3 \times 10^6$        $G = 6.732$  y  $T = 0.9104$

Para  $10^6 \leq Re \leq 10^8$        $G = 8.982$  y  $T = 0.9300$

**La ecuación de Hazen-Williams (1905):** esta fórmula es resultado de un estudio estadístico cuidadoso, en el cual fueron considerados datos experimentales disponibles obtenidos con anterioridad por un gran número de investigadores y con datos de observaciones de los propios autores (Arteaga, 1993). Es común encontrar esta ecuación en el diseño de sistemas de riego presurizado, es la más utilizada debido a la simplicidad del coeficiente de fricción ( $C$ ) y a los buenos resultados en tuberías de PVC trabajando en flujo turbulento, para su cálculo se usa la expresión (10).

$$h_f = \frac{1.21 \times 10^{10}}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} L \dots\dots\dots(10)$$

Donde:

$h_f$ : Pérdida de carga o de energía por fricción (m)

*D*: Diámetro interno de la tubería (mm)

*Q*: Caudal o Gasto (lps)

*C*: Coeficiente de Hazen-Williams (adim.), ver Cuadro 4.

*L*: Longitud de la tubería (m)

**Manning (1890)**: La ecuación de Manning se suele utilizar en canales. Para el caso de las tuberías son válidas cuando el canal es circular y está parcial o totalmente lleno, o cuando el diámetro de la tubería es muy grande. Uno de los inconvenientes de la fórmula es que sólo tiene en cuenta un coeficiente de rugosidad (*n*) obtenido empíricamente, y no las variaciones de viscosidad con la temperatura. Se usa la siguiente expresión (11):

$$h_f = 6.345n^2 \frac{V^2}{D^{4/3}} L \dots\dots\dots(11)$$

Donde:

*h<sub>f</sub>*: Pérdida de carga o de energía por fricción (m)

*D*: Diámetro interno de la tubería (m)

*V*: Velocidad media en el conducto (m/s)

*n*: Coeficiente de rugosidad de Manning, depende del material (adim.), ver

Cuadro 5.

*L*: Longitud de la tubería (m)

**Cuadro 4.** Valores de Coeficientes para la Formula de Hazen-Williams.

<b>COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES</b>			
<b>Material</b>	<b>C</b>	<b>Material</b>	<b>C</b>
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC, )	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Plástico (PRFV)	150
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140



**Cuadro 5.** Valores de Coeficientes de rugosidad para la Formula de Manning.

<b>COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING DE MATERIALES</b>			
<b>Material</b>	<b>n</b>	<b>Material</b>	<b>n</b>
Plástico (PE, PVC)	0,006-0,010	Fundición	0,012-0,015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	0,009	Hormigón	0,012-0,017
Acero	0,010-0,011	Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Hierro galvanizado	0,015-0,017	Revestimiento bituminoso	0,013-0,016

#### **5.6.4. Pérdidas de carga localizadas**

Además de las pérdidas por fricción hidráulica, en tuberías ocurren pérdidas de energía debido a la vorticidad y turbulencia provocada por obstrucciones o cambios abruptos de dirección en la trayectoria del flujo. En los sistemas de riego estas obstrucciones pueden ser accesorios propios de la red, como: filtros, válvulas, medidores, tees, codos, cruceros u otras piezas similares ubicados en la dirección del flujo. Debido a que estas pérdidas ocurren en tramos cortos, las pérdidas se consideran que ocurren en un punto y usualmente son conocidas como pérdidas de carga localizada o pérdidas menores. Para estimar la magnitud de estas pérdidas es común utilizar la expresión (12).

$$h_l = k_l \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (12)$$

Dónde:

$h_l$  : es la pérdida local de carga hidráulica (m)

$k_l$  : es un factor que depende del accidente u obstrucción en el flujo (adimensional)

$v$  : es la velocidad media en el tramo de tubería aguas abajo de la obstrucción ( $m s^{-1}$ )

$g$  : es la aceleración de la gravedad ( $m s^{-2}$ )

Donde todos los términos ya fueron definidos anteriormente. El procedimiento de cálculo hidráulico consiste en determinar para cada accesorio del sistema su factor de pérdida de carga ( $k_l$ ), ver Cuadro 6, y aplicar la ecuación anterior con la velocidad media en la tubería. Para cada tipo de accesorio se puede obtener su factor de pérdida de carga de acuerdo con

los manuales de hidráulica.

En la práctica, es común considerar a las pérdidas de carga localizadas como un porcentaje de la suma total de las pérdidas de carga por fricción. Este porcentaje varía en proporción al número de obstrucciones o cambios de dirección significativos en la ruta de conducción, y se considera de un 5 a un 10% dependiendo del tipo de sistema y de las velocidades de diseño. Si el promedio de la velocidad es cercana a 2 m/s se considera el 10% y si es menor de 1 m/s se considera un 5 %.

**Cuadro 6.** Valores de Coeficientes  $K_l$  para evaluar perdidas locales.

PIEZA, CONEXIÓN O DISPOSITIVO	$K_l$	PIEZA, CONEXIÓN O DISPOSITIVO	$K_l$
Rejilla de entrada	0.80	Tee con flujo en línea recta	0.10
Válvula de pie	3.00	Tee con flujo en ángulo	1.50
Entrada cuadrada	0.50	Tee con salida bilateral	1.80
Entrada abocinada	0.10	Válvula de compuerta abierta	5.00
Entrada de borda o reentrada	1.00	Válvula de ángulo abierta	5.00
Ampliación gradual	0.30	Válvula de globo abierta	10.00
Ampliación brusca	0.20	Válvula alfallera	2.00
Reducción gradual	0.25	Válvula de retención	2.50
Reducción brusca	0.35	Boquillas	2.75
Codo corto de 90°	0.90	Controlador de gasto	2.50
Codo corto de 45°	0.40	Medidor Venturi	2.50
Codo largo de 90	0.40	Válvula de mariposa abierta	0.24
Codo largo de 45°	0.20	Bifurcación	0.10
Codo largo de 22°30'	0.10	Pequeña derivación	0.03

## 5.7. PLANTA DE BOMBEO

Las plantas de bombeo tienen como función principal proporcionar la energía necesaria al agua para extraerla de la fuente de abastecimiento (superficial o subterránea); elevarla a la zona de riego; y operar los sistemas de riego (de León y Robles, 2007).

### 5.7.1. Bombeo

Bombeo es la adición de energía a un fluido para moverlo de un punto a otro y no como frecuentemente se indica el agregarle presión.

Puesto que energía es la capacidad para efectuar trabajo, la adición de energía a un fluido es lo que origina que este realice un trabajo, tal como el escurrimiento a través de un tubo, su elevación a un nivel superior o incluso su inyección sitios ubicados en un nivel inferior.

Para el cálculo de potencia hidráulica de una bomba se utiliza la expresión (7) que se presenta a continuación:

$$HP = \frac{Q \cdot H}{76 \cdot \mu} \dots\dots\dots(7)$$

Dónde:

HP = Caballos de fuerza (HP)

Q = Gasto de la bomba (l hr<sup>-1</sup>)

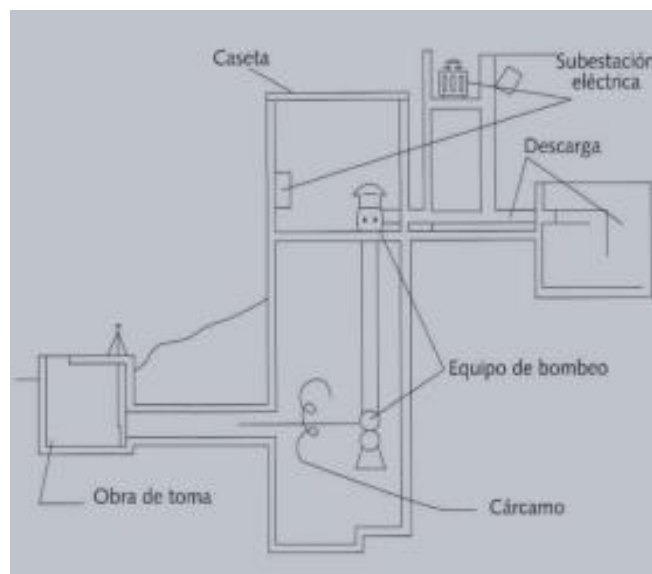
H = Carga necesaria (m)

76 = Coeficiente (adimensional)

μ = Eficiencia de la bomba (decimal)

### 5.7.2. Partes de una planta de bombeo

Una planta de bombeo para fuentes de abastecimiento superficial consta principalmente de las siguientes partes: obra de toma, cárcamo de bombeo, succión, descarga, subestación eléctrica, casetas de control y vigilancia, equipo de bombeo y la protección de las instalaciones, ver Figura 3.



**Figura 3.** Partes de una planta de bombeo.

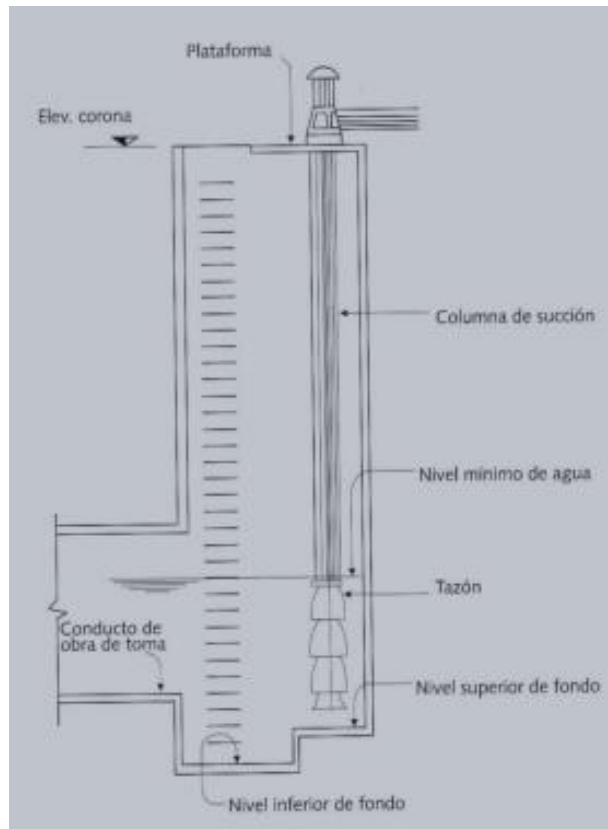
**Obra de Toma.** Permite tomar el agua de la fuente abastecimiento y conducirla hasta el cárcamo de bombeo, permite regular el gasto y el tirante del flujo, sus principales partes de una obra de toma son: el acceso, la estructura de entrada, las rejillas, el mecanismo de

control y el conducto.

La obra de toma debe de ubicarse bajo las siguientes condiciones: La distancia a la zona de riego o a la descarga debe ser mínima posible; Lo más recto posible y alejado de curvas; Pendiente suave y lo más uniforme posible, evitando lugares cercanos a caídas y rápidas; En caso de canales de tierra, el tramo debe ser lo suficientemente para desplantar la obra, evitando causas inestables.

**Cárcamo de Bombeo.** Es un depósito enterrado, comúnmente de concreto, donde se instala el equipo de bombeo para extraer el agua que viene del abastecimiento superficial. Sus principales partes son: el foso, el colector de basura, el fondo, las escaleras, y la plataforma.

Sus principales características son: debe ser de forma rectangular, para que el agua siga una dirección recta; el fondo puede ser de dos niveles, para evitar los perjuicios que pueda causar el azolve al equipo de bombeo; no se deben instalar paredes que obstruyan la dirección del flujo y provoquen la formación de remolinos; y las bombas se deban instalar invariablemente cerca de la pared trasera, como se indica en la Figura 4.



**Figura 4.** Estructura cárcamo de bombeo.

**Equipo de bombeo.** Se encarga de proporcionar la energía necesaria para mover el agua de un punto a otro. Principalmente consta del motor y la bomba. En sistemas de riego se utilizan principalmente:

- *Bomba centrífuga.* Se emplea en cárcamos de bombeo con carga estática en la succión pequeña; se debe cebar antes de accionarla; se usa para rebombear el agua del tanque de descarga al sistema de riego o como reforzadora de potencia en los sistemas presurizados; y se puede equipar con motor eléctrico o de combustión interna.
- *Bomba turbina vertical BTV.* Se usa en cárcamos con gran carga estática en la succión y en pozos profundos; en ambos casos, puede proporcionar la potencia para el sistema de riego presurizado. Los impulsores operan totalmente sumergidos en el agua, por lo que no requiere cebado, pero si una sumergencia mínima; como la transición de potencia se realiza con una flecha de gran longitud, su motor se coloca a una altura tal que queda a salvo de inundaciones; debido a la gran longitud de la flecha se debe equipar con un motor de baja velocidad de rotación (eléctrico o de combustión interna); se puede usar cuando el agua acarrea arenas, en baja concentración; y se lubrica con agua o aceite, esto último sólo si es para uso agrícola.
- *Bomba sumergible:* se puede emplear en cárcamos y en pozos profundos. El cuerpo de los impulsores tiene acoplado un motor de alta velocidad de rotación; por esta razón, no se debe usar si el agua acarrea arenas. Ya que no dispone de una flecha de gran longitud para transmitir la potencia; su eficiencia se incrementa ligeramente con respecto a la BTV. El motor eléctrico queda totalmente sumergido en el agua del pozo o del estanque (de León y Robles, 2007).

**Sistema de succión.** Este sistema comprende los elementos necesarios para que la bomba extraiga el agua del cárcamo o pozo profundo. Este sistema está integrado por la tubería de succión y los accesorios (entrada en forma de campana, válvula de pie, colador, codos, reducciones, manómetro, silletas, válvula de aire, etc.)

**Sistema de descarga.** Este sistema comprende los elementos necesarios para conducir el agua desde la bomba hasta la red de conducción de la zona de riego. Las partes de la

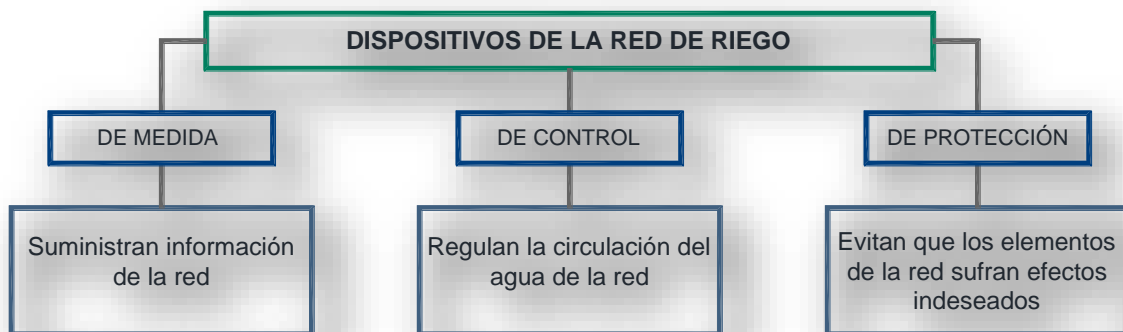
descarga son la tubería, el tanque, los accesorios (medidores, juntas, silletas, atraques, válvulas de control y válvulas de protección) y los controles

**Subestación eléctrica.** Para conducir la corriente eléctrica se emplean tensiones altas e intensidades pequeñas; esto ocasiona que la tensión de llegada, a los sitios de consumo, sea alta. Los motores eléctricos de las plantas de bombeo, para los sistemas de riego, requieren tensiones moderadas de 220 a 440 voltios. Por esta razón se instala la subestación eléctrica, cuyos dispositivos permiten cambiar la tensión, la intensidad y la frecuencia de la corriente. Las partes de una subestación constan principalmente de: transformador, cuchillas fusibles, pararrayos, aisladores, acometida aérea, sistema de tierra, arrancador, interruptor, y equipo de medición.

**Protección de las instalaciones.** Los elementos de la planta de bombeo se deben proteger de la lluvia, animales o vandalismo, comúnmente se protegen con cercas de alambre o muros de tabique.

## 5.8. DISPOSITIVOS DE RIEGO

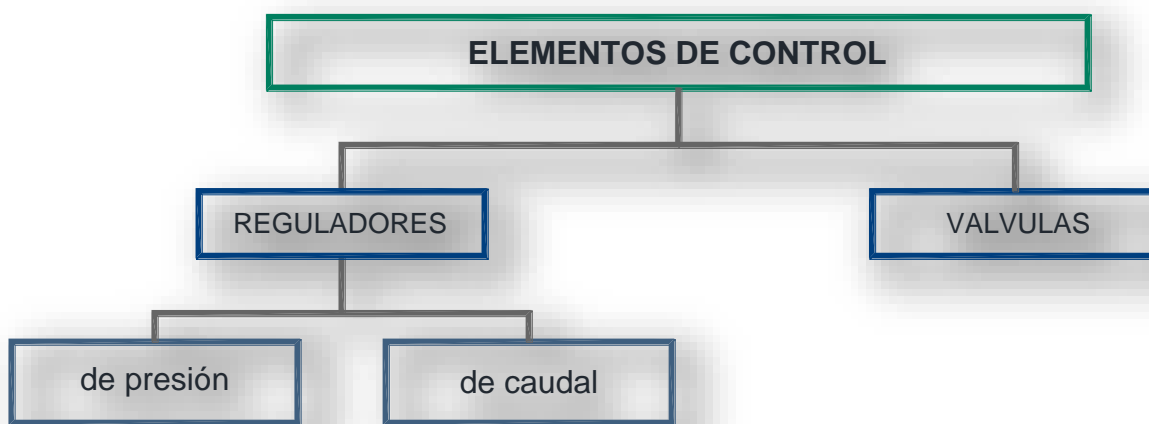
Por la configuración y modo de manejo de las instalaciones de riego, la aplicación del agua necesaria a cada una de las unidades de riego es una de las operaciones en las que se invierte mayor cantidad de tiempo. Por ello, utilizando determinadas combinaciones de elementos de medida y de control, se pueden realizar algunas de tales operaciones de forma automática. Asimismo, dependiendo de la complejidad de la instalación de riego y de los elementos del sistema de automatismo el grado de automatización será mayor o menor.



**Figura 5.** Dispositivos de la red de riego.

**Dispositivos de medida:** Los más usuales suelen destinarse para medir el caudal o el volumen de agua que pasa por un determinado punto de la instalación o bien la presión en cualquier punto del sistema. Es fundamental contar con este tipo de medidores en las instalaciones de riego localizado.

**Dispositivos de Control:** Con ellos se trata de regular tanto el caudal que pasa por un lugar determinado de la instalación como la presión del agua; en ambos casos se habla de reguladores. Además existe la posibilidad de controlar el paso de agua por una tubería con los elementos denominados válvulas, ver Figura 6.



**Figura 6.** Dispositivos de control en una red.

*Los reguladores de presión se utilizan para regular y controlar la presión a partir del punto de la red de riego en que se instalen y además, para evitar las sobrepresiones que puedan producirse en algún punto de la instalación y provocar tanto roturas de tuberías como de emisores. La regulación se realiza a demanda del usuario, que seleccionará la presión dentro de unos límites, normalmente entre 0.2 y 8 kilogramos por centímetro cuadrado.*

**Dispositivos de Protección:** Están destinados a proteger los elementos de la instalación de sobrepresiones o presiones negativas, generalmente producidas cuando la instalación entra en funcionamiento o cuando se está parando. Esto coincide con la apertura y cierre de válvulas, puesta en marcha y parada de bombas, etc. Aunque hay diversos tipos de mecanismos, los más usados en las instalaciones de riego localizado son las válvulas d aire.

*Válvulas de alivio rápido:* La válvula se abre instantáneamente cuando la presión en la tubería sobrepasa el nivel de seguridad, aliviando la presión excesiva de la red. Cuando la presión vuelve a su normalidad, la válvula se cierra lentamente, a una velocidad ajustable.

## **5.9. SOFTWARE PARA DISEÑO DE REDES DE TUBERÍA**

Los software que a continuación se mencionan, principalmente son un auxilio en el diseño en si del riego; puede ser presurizado o no, debido a que el cálculo de caudales y pérdidas de carga son similares. Todos ellos utilizan la misma metodología; evitar que los límites de presión y caudal excedan los permisibles. Todos ellos son libres y pueden ser descargados de la web con mínimos requerimientos.

- EPANET (<http://www.instagua.upv.es/Epanet/>)
- RIPRES
- SISPOL
- GESTAR (<http://www.acquanalyst.com/>)

También existen los que si necesitan una licencia para ser ejecutados, por ejemplo:

- WCADI
- IRRICAD

Existen otros software, sin embargo, los mencionados son los más utilizados.

Para el presente trabajo se decidió usar el software EPANET principalmente porque es de dominio público (no presenta algún costo su adquisición) y permite calcular complejas redes de abastecimiento y regadío, desde un punto de vista hidráulico y de calidad, ofreciendo una rápida capacidad de reacción así como una previsión del comportamiento del sistema de ayuda en la toma de decisiones.

El programa, pionero en este tipo de cálculos y tomado como ejemplo, se caracteriza por su elevado nivel de fiabilidad, debido a que con su uso continuo desde su creación, ha podido depurar muchos de los errores iniciales, corregidos en cada nueva versión.

**EPANET:** Es un programa de ordenador, desarrollado por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EEUU (U.S. Environmental Protection Agency), que realiza simulaciones en período extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua



en redes de tuberías a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite también determinar los tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación.

La versión de EPANET está diseñada para trabajar bajo los sistemas operativos Windows 95/97/NT/98/2000/XP/Vista/7/8.

Este software es un programa de computadora para Windows que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los gastos en las tuberías y las presiones en los nodos.

EPANET permite calcular:

- El caudal que circula por cada una de las conducciones,
- La presión en cada uno de los nudos,
- El nivel de agua en cada tanque,
- La concentración de diferentes componentes químicos a través de la red,
- El tiempo de permanencia del agua en las tuberías,
- La procedencia del agua en cada punto de la red.

Características hidráulicas del sistema de cómputo EPANET (para modelos hidráulicos).

- Permite analizar con múltiples fuentes de abastecimiento.
- No existe límite en cuanto al tamaño y el tipo de la red (red abierta y red cerrada) a procesar.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach y de Chezy-Manning.
- Considera pérdidas localizadas de piezas y accesorios.
- Determina el consumo energía y sus costos.

- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nodos, por lo tanto, revisar varios escenarios para la operación de la red.
- Admite bombas de velocidad variable o fija.
- Permite modelar salidas de agua cuyo caudal dependa de la presión (p.ej. aspersores).
- Permite modelar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de cierre, de retención, y reguladoras de presión o caudal.
- Admite depósitos de geometría variable (es decir, cuyo diámetro varíe con el nivel del agua).

Se presenta a continuación algunas limitaciones de Epanet (Rossman, 2000) en su aplicación a la modelización de sistemas de riego, especialmente en aquellos que disponen de bombeos directos.

1. Dificultad para configuración de patrones de demanda en hidrantes en el contexto de redes colectivas de riego, Epanet adolece de facilidades para generar escenarios de demanda en periodo extendido, dado que hay que definir tanto patrones de modulación como hidrantes existen en la red, lo que puede requerir varias horas para configurar una sola simulación con los recursos nativos.
2. Carencia de bases de datos, dada la inexistencia en Epanet del respaldo de bases de datos de componentes para soporte de la generación de modelos y propuesta ágil de alternativas, deben consultarse externamente e introducirse de forma manual todos los valores dimensionales (p.e. diámetros interiores de conducciones).
3. Restricciones en la forma de las curvas características de bombas, hasta el presente, en Epanet es imposible definir bombas con curvas características H-Q que no sean monótonamente decrecientes, lo que limita la modelización precisa de los equipos de bombeo (semi-axiales y axiales) que presentan curvas con puntos de inflexión.
4. Imposibilidad (en la práctica) de modelar estaciones de bombeo directo con regulación para seguimiento de curva de consigna dada. En Epanet encontramos una dificultad extrema, por no decir imposibilidad, de modelar el comportamiento hidráulico y energético de estaciones de bombeo directo que incorporen uno o varios grupos con regulación de velocidad variable para seguir curvas de consigna,

suponiendo un importante obstáculo para la modelización realista (tanto hidráulica como energética) de este tipo de sistemas.

5. Incapacidad de modelar hidrantes de riego en condiciones de baja presión y emisores de distinto comportamiento. Otros aspectos limitante, en tareas de modelización realista de sistemas de riego en todo tipo de escenarios, especialmente las condiciones de sobre explotación que pueden darse en la gestión cotidiana. así, el comportamiento híbrido de los hidrantes de riego, que suministran caudal constante o modulado según la demanda establecida, independiente de la presión cuando la presión en la red supera la presión de consigna, pero que suministran caudal dependiente de la presión cuando la presión desciende por debajo del umbral de consigna, no pueden contemplarse directamente en Epanet.

El software de EPANET contiene un kit de herramientas de funciones que ayuda a simplificar la programación de los análisis de redes de distribución de agua. Las funciones se pueden utilizar para analizar un archivo de red de tuberías, modificar propiedades de componentes seleccionadas, ejecutar múltiples análisis de calidad hidráulica y de agua, recuperar resultados de salida seleccionados y escribir informes de salida. El kit de herramientas es especialmente útil para desarrollar aplicaciones, como modelos de optimización, que requieren ejecutar muchos análisis de red con parámetros de entrada modificados. También puede simplificar la adición de capacidades de análisis a entornos de modelado de red integrados basados en paquetes CAD, GIS y bases de datos (Rossman, 1999).

## **5.10. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

La evaluación de un proyecto es el proceso de identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios que se generen de éste, en un determinado periodo de tiempo. Siendo su objetivo, determinar si la ejecución del proyecto es conveniente para quien lo lleve a cabo. De este proceso, la identificación de beneficios es el paso más importante, ya que a partir de ésta, se basa el análisis para decidir la conveniencia de llevar a cabo un proyecto. La cuantificación y valoración, son pasos relativamente sencillos, ya que la primera se realiza mediante la asignación de una medida física a los costos y beneficios identificados, mientras que en la segunda se determina un precio a estas medidas físicas.

Los costos que se deben considerar para la evaluación de proyectos de construcción de infraestructura Hidroagrícola son (SHCP, 2012):

1. *Costos de inversión.* Se refiere a las erogaciones necesarias para llevar a cabo la construcción del proyecto.
  - Obra civil
  - Mano de obra
  - Supervisión de obra
  - Infraestructura y equipamiento
  - Costo de oportunidad del terreno donde se ejecute la obra
2. *Operación.* Son aquellos realizados para asegurar el buen funcionamiento del proyecto y evitar posibles contingencias en seguridad y operación.
  - Energía eléctrica
  - Mano de obra
  - Maquinaria y equipo
  - Combustibles
3. *Mantenimiento.* Son los costos que se generan por conservar o mantener los activos existentes en condiciones adecuadas de operación, que no implica un aumento en la vida útil o capacidad original de dichos activos.
  - Mano de obra
  - Maquinaria y equipo
  - Combustibles
  - Supervisión
4. *Costo de oportunidad del agua.* Se refiere al costo asociado a la utilización del agua de riego de cultivos, estimado a través del valor que se generaría en la segunda mejor alternativa de uso.
5. *Costos por molestias.* Se refiere a la reducción temporal del excedente social agrícola que podría presentarse como resultado de la falta de recursos hídricos durante el periodo de construcción.

#### **5.10.1. Indicadores de rentabilidad**

- a. Valor Presente Neto (VPN)

El VPN indica el valor “al día de hoy” del flujo de efectivo generado por el proyecto en el horizonte de evaluación. Para calcularlo se utiliza una tasa de descuento (r), la cual refleja el costo de oportunidad de los recursos. En México, la tasa social de descuento actual es del 10% y es la autorizada por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público para evaluar proyectos de inversión pública. El cálculo del VPN está dado por la expresión (13):

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \dots\dots\dots(13)$$

Dónde:

$B_t$  = Beneficios totales del año t

$C_t$  = Costos totales del año t

n = Número de años del horizonte de evaluación

r = Es la tasa social de descuento (Decimal)

t = año calendario en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

La regla de decisión de este indicador consiste en que si el VPN es positivo, entonces el proyecto es rentable, por el contrario si es negativo se tendrían pérdidas.

b. Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

Existen proyectos cuyos beneficios netos positivos son crecientes en el tiempo, por lo que en estos casos, el VPN no es el indicador más correcto, ya que solo bastaría con determinar un horizonte de evaluación tal, que el VPN que se calcule sea positivo. En este sentido, el indicador más conveniente es la TRI, ya que establece el momento óptimo a operar e invertir por medio de la maximización del VPN. El cálculo del VPN está dado por la expresión (14)

$$TRI = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t} \dots\dots\dots(14)$$

Dónde:

$B_{t+1}$  = Beneficios total del año t+1

$C_{t+1}$  = Costos total del año t+1

$I_t$  = Monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

t = Año anterior al primer año de operación

t+1 = Primer año de operación

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto, cuyos beneficios son

crecientes con el tiempo, es el primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento.

c. Tas Interna de Retorno (TIR)

La TIR indica la rentabilidad de realizar un proyecto y a su vez es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero. Se calcula con la expresión (15)

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+TIR)^t} = 0 \dots\dots\dots(15)$$

Dónde:

$B_t$  = Beneficios totales del año t

$C_t$  = Costos totales del año t

n = Número de años del horizonte de evaluación

TIR = Tasa Interna de Retorno

t = año calendario en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

La regla de decisión para este indicador, es aceptar los proyectos cuya TIR sea igual o mayor a la Tasa de Descuento. La TIR solo es útil, cuando los proyectos se comportan “normalmente”, es decir, cuando los primeros flujos son negativos y los siguientes positivos; lo anterior se debe a que si cambia el signo más de una vez de los flujos netos del proyecto, se puede obtener diferentes valores de la TIR. Por último, es importante mencionar que la TIR, por ser una tasa, nos e puede utilizar como criterio de comparación entre proyectos y debe ser siempre acompañada por el VPN.

d. Costo Anual Equivalente (CAE)

Este indicador es utilizado para comparar proyectos que generan los mismos beneficios, pero que tengan costos y una vida útil diferentes. Su cálculo consiste en anualizar el valor presente de los costos en los que se incurre para llevar a cabo un proyecto, y en su caso, se debe descontar el valor de rescate que se pueda obtener al final de la vida útil de este. El CAE se calcula con la expresión (16).

$$CAE = VPC \left[ \frac{r(1+r)^m}{(1+r)^m - 1} \right] \dots\dots\dots(16)$$

Dónde:

VPC = Valor Presente Neto del costo del proyecto de inversión

r = Indica la tasa social de descuento

m = Indica el número de años de descuento

$$VPC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \dots\dots\dots(17)$$

Dónde:

r = Indica la tasa social de descuento

n = Es el número de períodos considerado

C<sub>t</sub> = Costos totales

t = año calendario en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

### 5.11. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), es un sistema de programas, computadoras, que permiten almacenar, recuperar, analizar y desplegar información geográfica ligada a una localización espacial determinada.

Un SIG integra hardware, software y datos para capturar, gestionar, analizar y presentar todo tipo de información geográficamente referenciada. Del mismo modo, permite ver comprender, cuestionar, interpretar y visualizar los datos en muchos aspectos que revelan las relaciones, patrones y tendencias en forma de mapas, informes y gráficos (Núñez *et al.* 2009).

Un sistema de información geográfica está diseñado para trabajar con datos referenciados por coordenadas espaciales y geográficas, con capacidades para manejar datos espacialmente referenciados. También es un conjunto de operaciones para trabajar y analizar datos (Star y Estes, 1996).

En el caso de la aplicación de los SIG en los Distritos de Riego pueden ser varios, Mejía (2007) destaca:

- Actualización de inventarios de Infraestructura Hidroagrícola
- Revisión de padrones de usuarios
- Cuantificación de la superficie establecida en un ciclo agrícola
- Control estricto de los avances del plan de riegos
- Dar seguimiento a los programas de conservación y manejo

- Seguimiento al estado financiero de los productores con respecto al pago de sus cuotas
- Dar respuesta rápida a la solicitud de informes

En el presente trabajo se pretende actualizar la información del SIG, con la nueva infraestructura de riego (tuberías, accesorios, válvulas, mecanismo, etc.) y sustituirlo por la infraestructura antigua (canales, compuertas, sequias, equipos aforadores, etc.).

### **5.11.1. Uso de los SIG en la Hidráulica**

Uno de los mayores retos a que se enfrenta la ingeniería en la actualidad es sin duda el tema del agua. Por una parte atendiendo los beneficios de su correcto aprovechamiento y por otro intentando dar solución a los incontables daños que esta genera.

La ingeniería hidráulica es la disciplina responsable de crear las obras de infraestructura que satisfagan las necesidades de una población. Para ello hace uso de sus conocimientos e ingenio aplicando todas las herramientas y tecnologías disponibles. En general existen métodos matemáticos tradicionales empleados en resolver dichas problemáticas. Sin embargo, en los últimos años, las tecnologías SIG están siendo aprovechadas para el diseño, ejecución, operación y mantenimiento de las diferentes obras hidráulicas. La mayor parte de las aplicaciones hidrológicas llevadas a cabo en los SIG son evaluaciones de riesgos naturales y estudios de localización. En ambos casos existe cierta similitud, pero en realidad disponen de un tratamiento diferente, (Reinoso 2012).

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1. MATERIALES**

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación se requiere de la siguiente información y materiales:

1. Información del Módulo de Riego la Purísima, del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”:
  - Planos de topografía.
  - Elevación de la Obra de Toma Existente.



- Planos de infraestructura existente.
  - Patrón de cultivos
  - Información climática
2. Extractor rápido de información Climatológica ERIC III, versión 2.0 (Base de datos)
  3. Software para diseño agronómico, CROPWAT 8.0, (FAO, 2010).
  4. Software de simulación hidráulica, EPANET 2.0.
  5. Software de diseño y simulación hidráulica, WCADI 2008.
  6. Software para la organización de la información vectorial y raster, así como el diseño de los mapas resultantes, ArcGIS

## **6.2. METODOLOGÍA**

El análisis para el presente trabajo se llevará siguiente la metodología, con la finalidad de cumplir los objetivos planteados:

1. Recopilación de información necesaria para la elaboración del proyecto.
2. Con la información de patrón de cultivos actual, superficie de riego e información climática obtenida realizar el diseño agronómico y obtener el requerimiento de riego mensual y anual de la zona de riego con el software CROPWAT.
3. Calcular la presión mínima necesaria en cada toma granja para poder regar con sistemas de riego por goteo a nivel parcela, diseño algunos de sistemas de riego de las tomas granja con el software WCADI.
4. Analizar la red de conducción hidráulicamente en el EPANET, para determinar las presiones existentes en cada toma granja de la zona de riego.
5. Una vez obtenidas las presiones existentes en cada toma granja, se cuantificar la superficie que es posible regar con sistema de riego por goteo y con sistema de riego de baja presión.
6. Cuantificar el volumen de ahorro implementando sistemas de riego a nivel parcelas con las condiciones actuales y regando el 100% de la superficie con goteo.
7. Diseñar propuestas de solución que nos permita regar la superficie en un 100% con sistemas de riego por goteo para mejorar la eficiencia y evaluar técnicamente y económicamente la alternativa más viable.

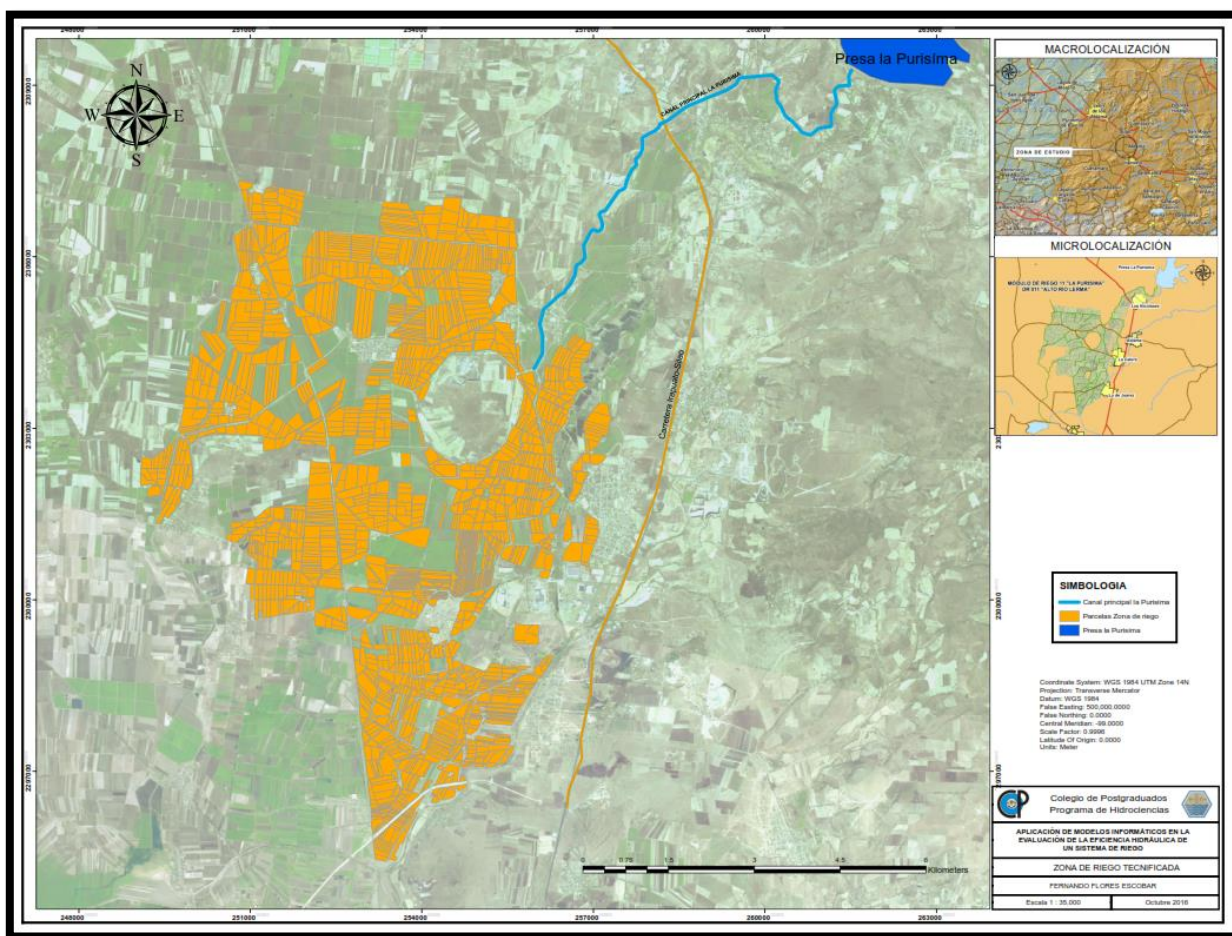
8. Elaborar mapas en Arcgis de la zona de riego e infraestructura existente; así como de las propuestas de la solución para incrementar la eficiencia, con la finalidad de un mejor manejo de la información para los análisis a realizar.

### **6.3. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

El estado de Guanajuato está situado en la parte central de la República Mexicana, limitado en el norte por el Estado de San Luis Potosí, en el este por el Estado de Querétaro, en el sur por el Estado de Michoacán y en el oeste por el Estado de Jalisco. Se localiza en las coordenadas geográficas de 19°55′-21°50′ de latitud norte, 99°44′-102°05′ de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich a una altitud predominante de 2,050 m.s.n.m., cuyo territorio tiene una extensión de 30,596 km<sup>2</sup> (1.56 % del área total de México) y población de 4'663,032 habitantes.

La zona de influencia de la Presa “La Purísima” se localiza en el cuadrante ubicado por las coordenadas geográficas de 101°24′33″ longitud oeste y 20°44′20″ de latitud norte, al 101°17′12″ y 20°52′10″ de latitud norte con respecto al meridiano de Greenwich. Municipio de Irapuato, Guanajuato, Figura 7. Se incluye mapa en el Anexo 4.

Administrado por el Modulo de Riego La Purísima, Distrito de Riego 011, Alto Rio Lerma, Guanajuato, contando con una superficie de riego de 3,973.8 hectáreas de riego por gravedad de la presa y 980 hectáreas de extracción directa de pozos.



**Figura 7.** Zona de Estudio, Módulo de Riego la Purísima, del Distrito de Riego 011 “.

## 6.4. RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

### 6.4.1. Zona de Riego

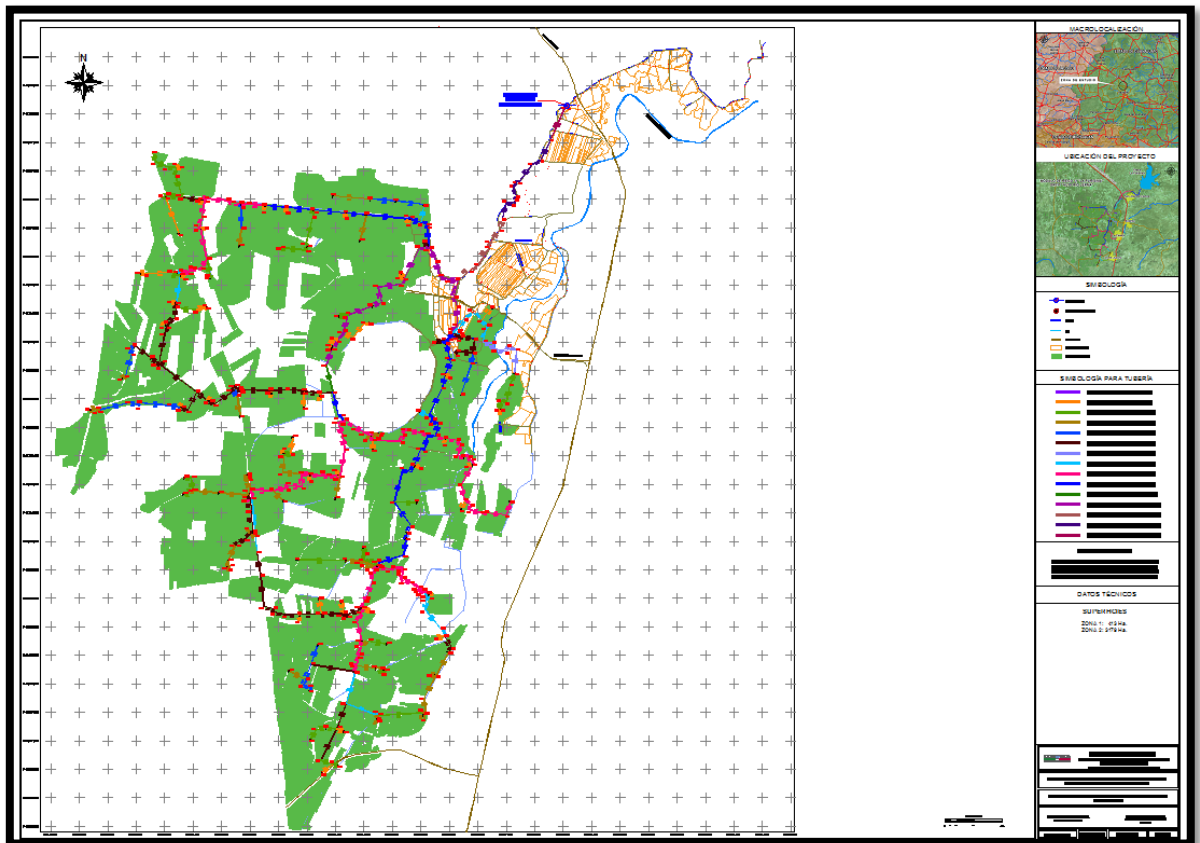
Se procedió a la recopilación de información con la Asociación de usuarios del Módulo de Riego “La Purísima”, y con personal del Distrito de Riego 011. La recopilación de información consistió en; la revisión del proyecto de la Primer Etapa de la construcción de la línea de conducción principal, se revisaron planos topográficos, planos constructivos, memorias de cálculo, catálogos de materiales, especificaciones técnicas, etc.; Se realizaron recorridos de campo para visitar la infraestructura existente, ver las condiciones de operación y ver la zona de estudio donde se pretende realizar la adecuación. Entre la información obtenida se tienen planos topográficos ver Figura 8, Planos constructivos de la red de conducción de la Zona de Riego ver Figura 9. Estos planos nos servirán para obtener

la información necesaria para el análisis de la red en condiciones actuales y determinar las presiones con que se cuenta en cada toma granja.



**Figura 8.** Planos de topografía de la Zona de Riego.

Fuente: Conagua, 2012.



**Figura 9.** Planos de la red de conducción instalada en la Zona de Riego.

Fuente: Conagua, 2012.

#### 6.4.2. Información climatológica

La información climatológica fue extraída del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III, versión 2.0) desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, de la estación número 011004 “Aldama”, se obtuvieron los valores promedios anuales de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación, dicha información se presenta en el Cuadro 11. La estación Aldama fue elegida debido a que se encuentra cerca de la zona del proyecto y cuenta con más de 50 años de registro.

Coordenadas de la estación climatológica 011004 “Aldama”, Longitud 101.317 O, Latitud 20.817 N, Elevación 1775 msnm. Los datos corresponden a los históricos desde 1949 al 2010.

Los datos se obtuvieron del ERIC III, debido a que los datos fueron más completos de la estación más cercana que se encontró a la zona de estudio.

### 6.4.3. Patrón de cultivos propuesto

Se presenta el patrón de cultivos propuesto para la zona de riego de la Purísima, teniendo un total de 3,175.82 has. Los cultivos perennes que más destaca por su importancia económica es el Esparrago y la Fresa con 1,429.12 ha.

**Cuadro 7.** Patrón de cultivos propuesta para la Zona de Riego la Purísima

<b>Cultivo</b>	<b>Superficie de siembra (ha)</b>
Brócoli	317.58
Cebada	254.07
Esparrago	793.96
Fresa	635.16
Sorgo	190.55
Tomate	476.37
Trigo	190.55
Alfalfa	317.58
<b>Total:</b>	<b>3,175.82</b>

## 6.5. DISEÑO AGRONÓMICO

Con el fin de garantizar que la red hidráulica del sistema sea capaz de suministrar con una óptima eficiencia de aplicación las necesidades hídricas de los cultivos durante el período de máximo consumo, se calcularon los requerimientos de riego ( $RR_n$ ), utilizando el software Cropwat 8.0.

Los requerimientos de riego se obtuvieron con base al patrón de cultivos presentado en el Cuadro 7.

La información climatológica (Cuadro 11) se tomó de la estación meteorológica No. 011004 “Aldama”, utilizando valores promedio anuales de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación del ERIC III.

El procedimiento para el cálculo de los Requerimientos de Riego Neto ( $RR_n$ ) utilizando el software CROPWAT, fueron de la siguiente manera.

- a) Se capturaron los datos de Temperatura máxima y mínima, de acuerdo a los datos de longitud, latitud y altitud de la estación meteorología, el software estimo los valores de: humedad, velocidad del viento y las horas de insolación. Ver Figura 10.

- b) Se capturaron los datos de precipitación y se calculó la precipitación efectiva de la zona de riego, con la fórmula de la FAO/EGLW (Figura 10).
- c) Los valores de evapotranspiración de referencia ( $E_{t0}$ ), fueron calculados con el método de la FAO Penman-Monteith.
- d) Se capturaron las características principales por cultivo: fechas de siembra de la región, ciclo vegetativo y valores de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), ver Cuadro 12
- e) Finalmente se genera el patrón de cultivos y se calculan los requerimientos de riego neto ( $RR_n$ ) por cultivo y del patrón de cultivos.

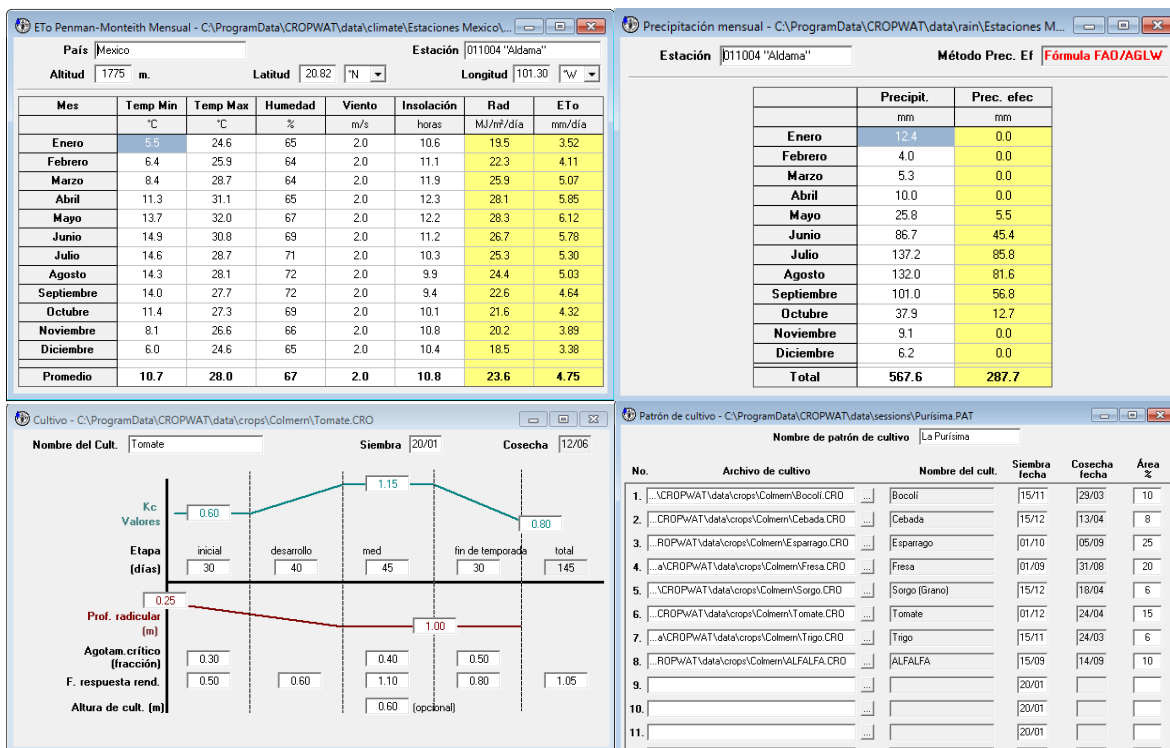


Figura 10. Calculo de  $RR_n$  con el software CROPWAT.

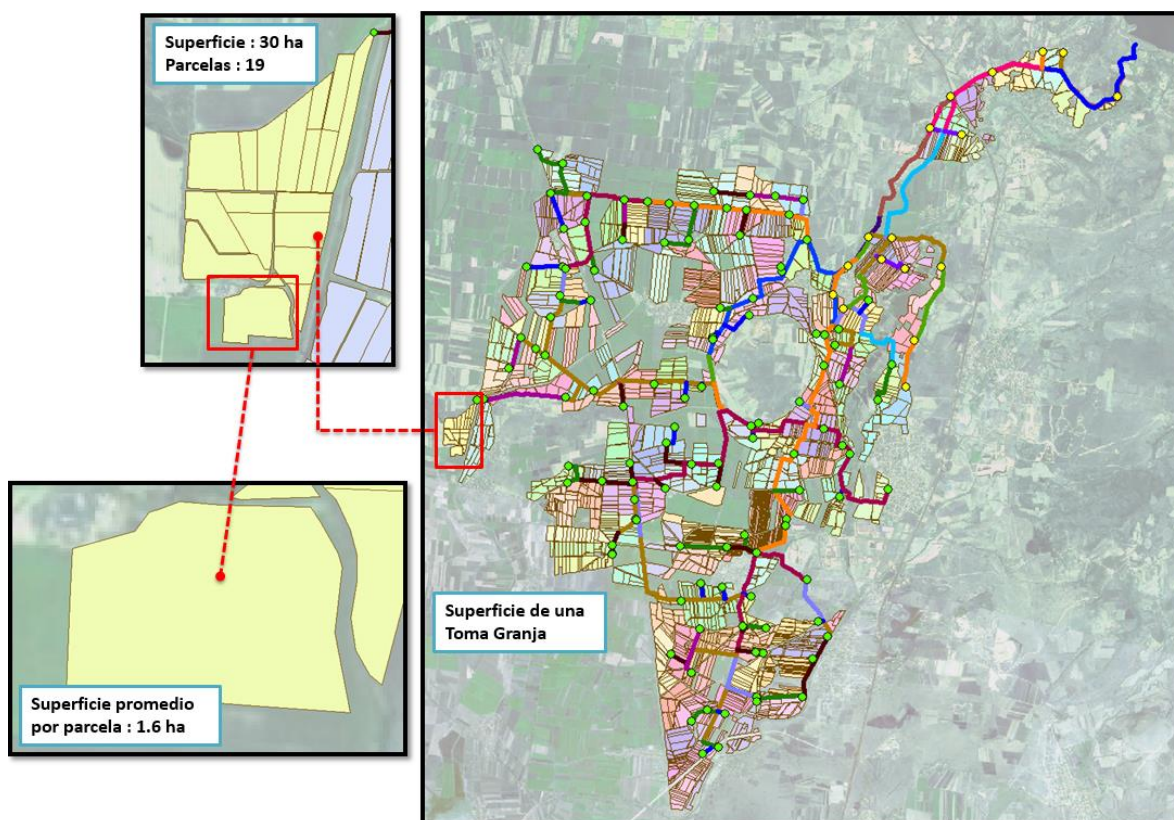
## 6.6. DETERMINACIÓN DE PRESIÓN MÍNIMA POR TOMA GRANJA PARA UN RIEGO POR GOTEO.

Para determinar la presión mínima en cada toma granja para regar con sistemas de riego por goteo a nivel parcela, se diseñaron algunos sistemas de riego la red de distribución interparcelaria con el software WCADI con la finalidad de obtener un aproximado de la presión requerida. Una toma granja riega en promedio 30 hectáreas, por lo cual es necesario considerar un red de conducción interparcelaria antes de llegar a riego a nivel parcela, como se observa en la Figura 11.



Para el diseño a nivel parcela se consideraron los siguientes parámetros:

- Emisor: cintilla de riego 16 mm.
- Gasto del emisor:  $0.6 \text{ l s}^{-1}$
- Presión de funcionamiento del emisor: 10.0 m.
- Espaciamiento entre emisores: 0.15 m.
- Espaciamiento entre laterales: 0.9 m.
- Longitud de lateral: 100 m.
- Lámina de aplicación promedio: 4.65 mm/hr.



**Figura 11.** Funcionamiento del sistema de riego por toma granja.

Para el diseño de la red de conducción interparcelaria se consideraron los siguientes parámetros:

- Tubería: PVC
- Diámetro: 200 mm y 160 mm
- Gasto de diseño:  $30 \text{ l s}^{-1}$  en hidrante
- Formula: Hazen - Williams
- Coeficiente de fricción (C): 145



Para determinar la presión de requerida a nivel toma granja, se consideran las siguientes pérdidas de presión:

- Pérdidas por filtración (un sistema de filtración autolimpiante se consideran 5 m.)
- Desnivel topográfico
- Pérdidas en tubería lateral y secundaria
- Pérdidas en tubería de la red de conducción
- Operación del emisor

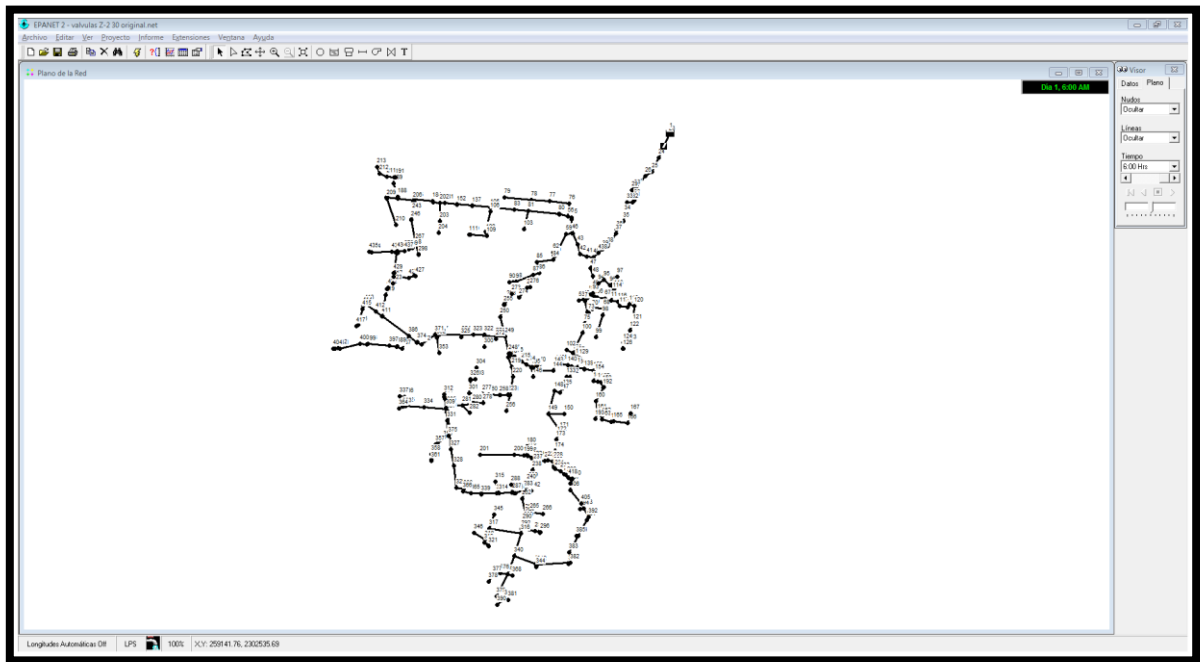
## **6.7. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES ACTUALES.**

### **6.7.1. Análisis Hidráulico de la red de conducción de la Zona de Riego**

Se realizó una modelación hidráulica con las condiciones actuales (infraestructura existente) de la Zona de Riego, se usó el software EPANET V2, del cual se seleccionó la fórmula de Hazen-Williams (expresión 10) para el cálculo de pérdidas de carga por fricción, el coeficiente (C) que se utilizó para el PRFV fue de 150 y en PVC fue de 145. La expresión (12) se usó para el cálculo de pérdidas localizadas, los coeficientes ( $K_i$ ) se obtuvieron del Cuadro 6.

La metodología para la modelación de la red fue la siguiente:

- a) Se introdujo la red de tubería y nodos al software EPANET V2, como se muestra en la Figura 12.
- b) Se introdujeron los valores de elevación, demanda base y patrón de demanda para cada nodo, ver Figura 13, los valores de demanda base fueron obtenidos del proyecto original.
- c) Se introdujeron los valores de diámetro (diámetros internos), rugosidad (coeficiente C) y Coeficiente de pérdidas (coeficiente  $K_i$ ) ver Figura 13.



**Figura 12.** Captura de nodos y tuberías de la Zona de Riego en EPANET V2.

Conexión B72	
Propiedad	Valor
*ID Conexión	B72
Coordenada-X	257827.80
Coordenada-Y	2307707.00
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	1806
Demanda Base	25.44
Patrón de Demanda	1
Categoría de Demanda	1
Coef. Emisor	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	

Tubería p30	
Propiedad	Valor
*ID Tubería	p30
*Nudo Inicial	B30
*Nudo Final	B29
Descripción	
Etiqueta	
*Longitud	192.91
*Diámetro	772
*Rugosidad	145
Coef. de Pérdidas	.04
Estado Inicial	Abierto
Coef. Flujo	
Coef. Pared	

**Figura 13.** Introducir datos de nodos y tuberías en EPANET V2.

- d) Los datos que se utilizaron para la modelación fueron los siguientes:
- Gasto de análisis = 3,420.0 lps
  - Elevación obra de toma = 1810 m.s.n.m (rasante del canal de llamada)
  - Numero de tomas = 114
  - Presión de operación disponible = 1.0 m (tirante normal del canal)

La red de conducción se simuló con varios Gastos como se muestra en Cuadro 8:

**Cuadro 8.** Gastos de simulación Zona de Riego.

<b>Gasto %</b>	<b>Gasto (lps)</b>
100%	3,420.0
80%	2,736.0
70%	2,394.0
50%	1,710.0
30%	1,026.0
10%	342.0
0%	0.0

### **6.7.2. Análisis del volumen requerido anual con las condiciones actuales**

Con las condiciones actuales de acuerdo a las presiones disponibles y tecnificando a nivel parcela, se obtuvo el volumen anual requerido para el patrón de cultivos propuesto, para lo cual se requirió de la siguiente información:

- Requerimiento de riego mensual de patrón de cultivos propuesto
- Superficie de riego sembrada mensual
- Eficiencia Global de riego, calculadas con la eficiencias del Cuadro 2 y Cuadro 3

## **6.8. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DEL SISTEMA ACTUAL**

Se presentan dos propuestas de solución para incrementar las presiones, las cuales técnicamente son factibles, y se describen en los siguientes apartados. La primera propuesta consiste principalmente en adicionar energía mediante equipos de bombeo y la segunda mediante el uso del desnivel topográfico natural de la zona.

Para incrementar la eficiencia de riego se proponen dos propuestas para incrementar la presión en las tomas granja y poder regar a nivel parcela con un sistema de riego por goteo. La propuesta 1 consiste en la implementación de bombeos localizados por toma granja que requiera de presión adicional. La propuesta 2 que adiciona presión mediante el desnivel topográfico, ubicando la obra de toma en una cota más alta e incrementada la longitud de tubería de la línea principal.

### 6.8.1. Uso de equipos de bombeo por Toma Granja (Propuesta 1)

Esta propuesta consiste principalmente en adicionar energía mediante equipos de bombeos localizados, es decir, instalas equipos de bombeo en cada toma granja requieran de presión adicional para implementar sistemas de riego por goteo a nivel parcela.

#### a) Análisis Hidráulico de Zona de Riego (Propuesta 1)

##### Cálculo de Potencia de los equipos de bombeo

Para las tomas granja que se encuentran con presión inferior a 25 metros, ver Figura 14, se calculó la potencia (H.P.) requerida del motor, tomando en cuenta la carga de presión faltante y el gasto requerido, para cada equipo de bombeo por toma granja, utilizando la expresión (7), utilizando una eficiencia del 75%. Para determinar el tipo de bomba se tiene que ajustar la potencia requerida a la que existe comercialmente, ver Cuadro 9.

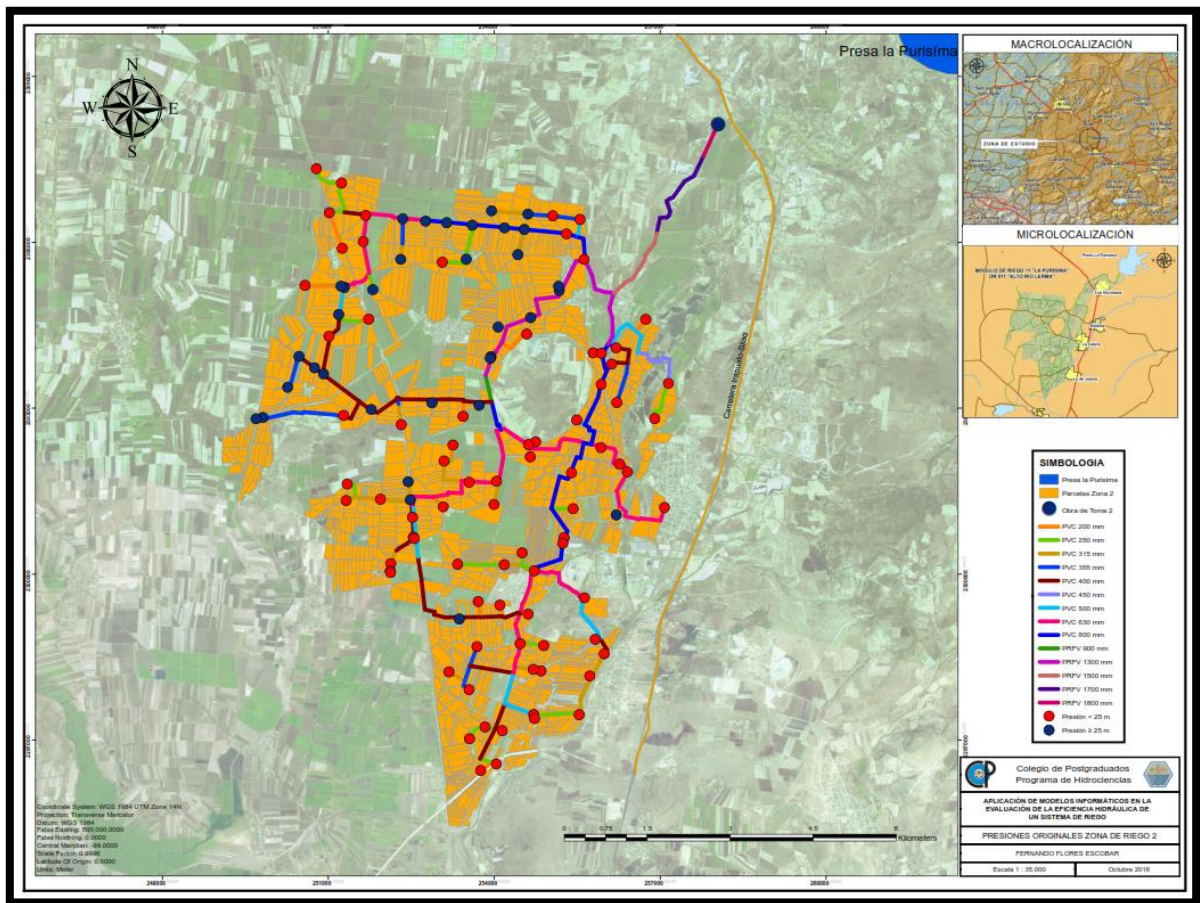


Figura 14. Tomas granja con presión inferior a 25 metros de carga.

**Cuadro 9.** Calculo de Potencia (Bombas por toma granja)

<b>Toma Granja</b>	<b>Gasto Requerido (lps)</b>	<b>Carga disponible (m)</b>	<b>Carga requerida (m)</b>	<b>Potencia requerida (HP)</b>
A300	30	24.89	0.11	0.06
A421	30	24.87	0.13	0.07
A276	30	24.82	0.18	0.09
A246	30	24.56	0.44	0.23
A389	30	24.34	0.66	0.35
A206	30	24.26	0.74	0.39
A427	30	24.25	0.75	0.39
A111	30	24.24	0.76	0.40
A77	30	24.17	0.83	0.44
A334	30	24.16	0.84	0.44
A331	30	24	1	0.53
A58	30	23.98	1.02	0.54
A435	30	23.98	1.02	0.54
A256	30	23.91	1.09	0.57
A282	30	23.7	1.3	0.68
A364	30	23.69	1.31	0.69
A260	30	23.6	1.4	0.74
A99	30	23.57	1.43	0.75
A201	30	23.55	1.45	0.76
A337	30	23.49	1.51	0.79
A209	30	22.96	2.04	1.07
A326	30	22.61	2.39	1.26
A333	30	22.31	2.69	1.42
A315	30	22.29	2.71	1.43
A375	30	22.27	2.73	1.44
A223	30	21.93	3.07	1.62
A126	30	21.73	3.27	1.72
A200	30	21.33	3.67	1.93
A156	30	21.22	3.78	1.99
A358	30	21.2	3.8	2.00
A353	30	21.19	3.81	2.01
A139	30	20.84	4.16	2.19
A346	30	20.79	4.21	2.22
A192	30	20.72	4.28	2.25
A191	30	20.6	4.4	2.32
A321	30	20.6	4.4	2.32
A263	30	20.58	4.42	2.33
A361	30	20.42	4.58	2.41
A121	30	20.4	4.6	2.42
A345	30	20.37	4.63	2.44
A213	30	20.33	4.67	2.46
A359	30	20.23	4.77	2.51

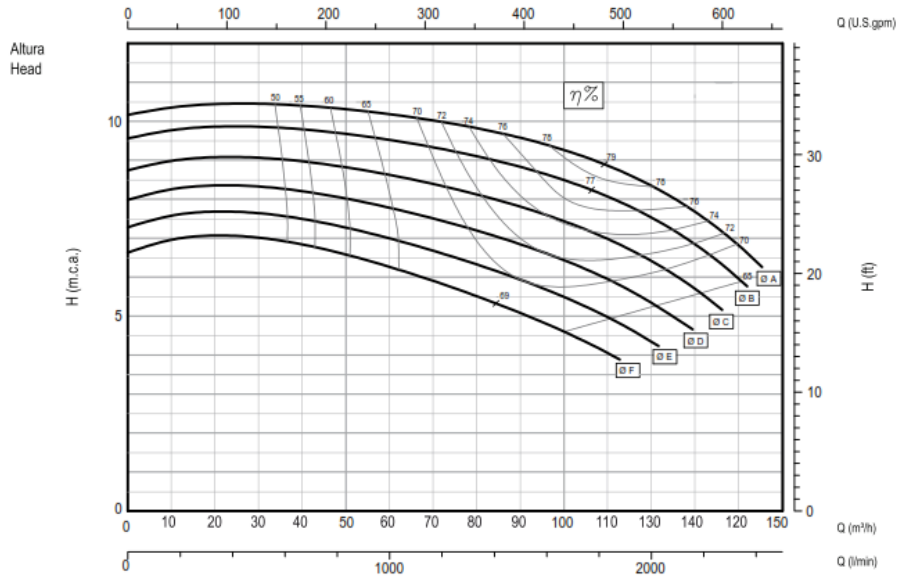
<b>Toma Granja</b>	<b>Gasto Requerido (lps)</b>	<b>Carga disponible (m)</b>	<b>Carga requerida (m)</b>	<b>Potencia requerida (HP)</b>
A224	30	19.95	5.05	2.66
A135	30	19.81	5.19	2.73
A304	30	19.8	5.2	2.74
A210	30	19.75	5.25	2.76
A102	30	19.74	5.26	2.77
A368	30	19.61	5.39	2.84
A75	30	19.52	5.48	2.88
A344	30	19.46	5.54	2.92
A146	30	19.41	5.59	2.94
A288	30	19.37	5.63	2.96
A242	30	19.17	5.83	3.07
A173	30	19.16	5.84	3.07
A167	30	19.12	5.88	3.09
A65	30	19.09	5.91	3.11
A376	30	18.94	6.06	3.19
A394	30	18.87	6.13	3.23
A70	30	18.74	6.26	3.29
A391	30	18.65	6.35	3.34
A180	30	18.64	6.36	3.35
A378	30	18.61	6.39	3.36
A410	30	18.5	6.5	3.42
A390	30	18.48	6.52	3.43
A266	30	18.47	6.53	3.44
A53	30	18.44	6.56	3.45
A172	30	18.41	6.59	3.47
A150	30	18.19	6.81	3.58
A341	30	18.11	6.89	3.63
A381	30	17.95	7.05	3.71
A370	30	17.82	7.18	3.78
A385	30	17.67	7.33	3.86
A293	30	17.47	7.53	3.96
A76	30	17.44	7.56	3.98
A296	30	17.3	7.7	4.05
A195	30	16.83	8.17	4.30
A97	30	16.07	8.93	4.70
A71	30	15.87	9.13	4.81
A46	30	15.58	9.42	4.96
A170	30	14.83	10.17	5.35

De acuerdo a las capacidades y potencias de los equipos en el mercado se requieren 79 equipos de 5 HP y 1 equipos de 10 HP.

## Selección del equipo de bombeo

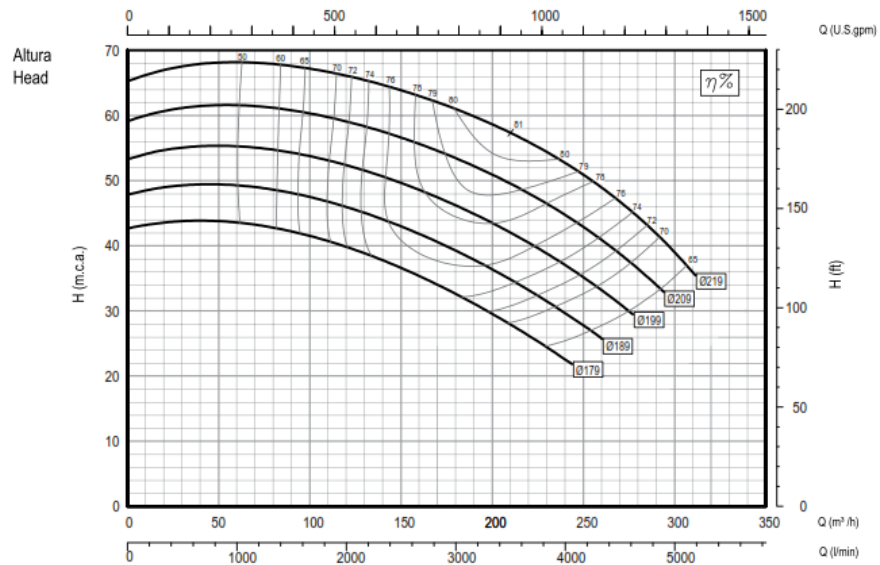
Para seleccionar la bomba adecuada acudimos a los catálogos comerciales. El equipo se seleccionó de un catálogo de bombas tomando en cuenta el gasto y carga requerida, para la Zona de Riego, se cuenta con 2 tipos de equipos de bombeo.

El equipo de bombeo 1 seleccionado es del modelo Centrifuga N638, Figura 15



**Figura 15.** Curva características de la bomba N638.

El equipo de bombeo 2 seleccionado es del modelo Centrifuga NE 635B, Figura 16.



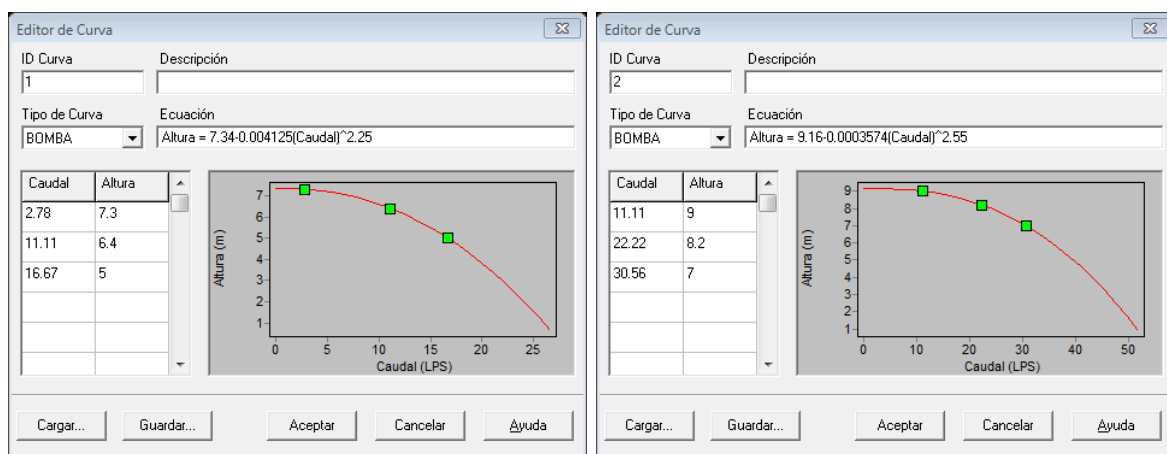
**Figura 16.** Curva características de la bomba NE 635B.

## Análisis hidráulico de la red con equipos de bombeo por Toma Granja

Se realizó una modelación hidráulica con equipos de bombeo por cada toma granja que no cuenta con los 25 m de presión de operación, se usó el software EPANET, del cual se seleccionó la fórmula de Hazen-Williams (expresión 10) para el cálculo de pérdidas de carga por fricción, el coeficiente (C) que se utilizó para el PVC fue de 145. La expresión (12) se usó para el cálculo de pérdidas localizadas, los coeficientes ( $K_i$ ) se obtuvieron del Cuadro 6.

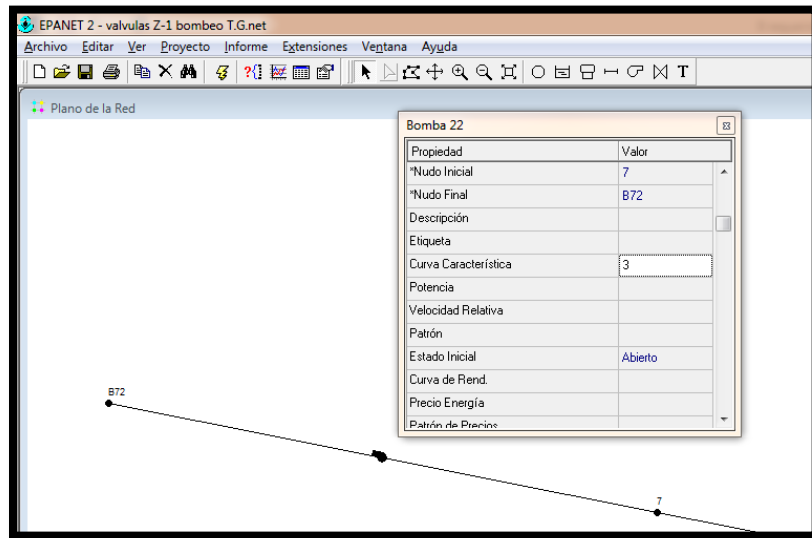
Para el análisis hidráulico al archivo generado de las condiciones actuales se le anexa la siguiente información:

1. Con las curvas características de los equipos de bombeo seleccionados se tomaron 3 o más puntos representativos x,y (Gasto, Carga).
2. Se capturan esos puntos en Epanet, para generar las curvas características con las que simulará el software la red hidráulica. Ver Figura 17
3. Se dibujan las bombas en las tomas granja que requieren bombeo y se les asigna la curva característica con la cual se va a simular. Ver Figura 18
4. Para realizar el análisis de gasto con variación de gasto se simula un variador de frecuencia, usando Leyes de control que permiten bajar o subir la curva característica de la bomba simulando variar la velocidad del motor y así modificar las revoluciones de la bomba. Ver Figura 19
5. Una vez capturado los equipos de bombeo se simula la red de conducción.

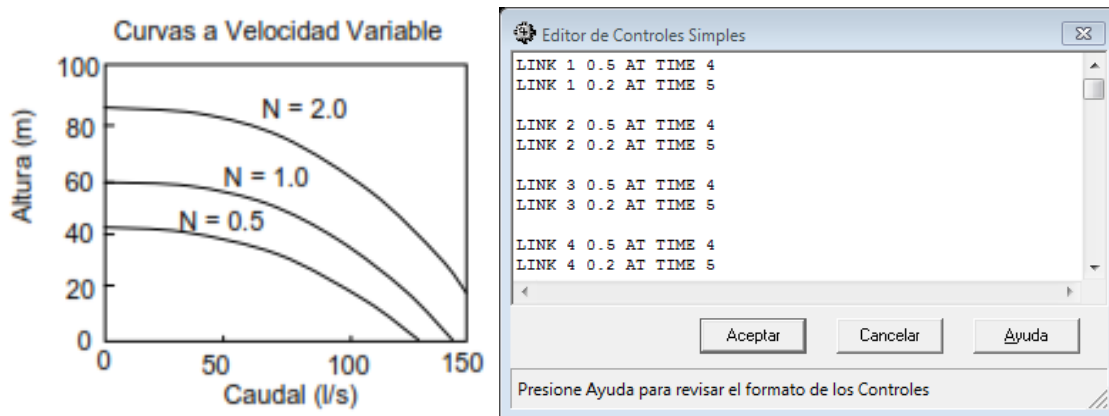


**Figura 17.** Curva características de las bombas en Epanet.





**Figura 18.** Captura de Bombeo en Epanet.



**Figura 19.** Simulación de bomba con variador de Frecuencia.

## b) Costo de la implementación de equipos de bombeos (Propuesta 1)

### Costos de inversión

Los costos de inversión para el equipamiento comprenden principalmente:

- Tren de descarga
- Equipo de bombeo
- Obra civil

- Obra eléctrica
- Mano de obra

### Costos de operación

#### *Cálculo de consumo de energía eléctrica del equipo de bombeo*

Para el cálculo de consumo de energía anual se utilizó el método de la SAGARPA (DOF, 2005). En el caso de equipo nuevo, la SAGARPA establece la cuota energética con base a la estimación del consumo anual del equipo electromecánico de acuerdo a la expresión (18)

$$CE = (HP * 0.746 * 365 * 24) * 0.75 + 438 \dots\dots\dots(18)$$

Dónde:

CE = Cuota energética (kWh año<sup>-1</sup>)

HP = Capacidad del motor de la bomba (HP)

0.746 = Constante para convertir los HP a kW

365 = Tiempo máximo en el año que podría operar el equipo (365 días)

24 = Tiempo máximo en el día que podría operar el equipo (24 horas)

438 = Consumo promedio anual correspondiente al alumbrado de las instalaciones donde se encuentre ubicado el equipo de bombeo (kWh año<sup>-1</sup>)

0.75 = Proporción del tiempo estimado de la operación del equipo (adimensional)

Para el cálculo del costo por consumo de energía eléctrica, se utilizó la expresión (19) y se consultó la página de CFE ([www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)), para obtener la tarifa que se aplica en la operación de los equipos de bombeo y rebombeo de agua para riego agrícola por los sujetos productivos inscritos en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios, la tarifa vigente a la fecha es de \$0.56, Tarifa 9-N (2015 - 2016).

$$C_{CE} = CE * C_C \dots\dots\dots(19)$$

Dónde:

C<sub>CE</sub> = Cuota energética (\$ año<sup>-1</sup>)

CE = Cuota energética (kWh año<sup>-1</sup>)

C<sub>C</sub> = Tarifa por consumo de kWh (\$)

#### *Cálculo de costos por operador*

Para determinar los costos por operador se utilizó la expresión (20), que se presenta a continuación:

$$C_O = S_D * (365 + 40) \dots\dots\dots(20)$$

Dónde:

$C_O$  = Costo por operador (\$ año<sup>-1</sup>)

$S_D$  = Salario diario del operador (\$)

365 = Días del año (adimensional)

40 = Días de aguinaldo al año para el operador (adimensional)

Finalmente los costos de operación anual se calculan con la expresión (21):

$$CO_B = C_{CE} + C_O \dots\dots\dots(21)$$

Dónde:

$CO_B$  = Costo por operación de bombeo (\$ año<sup>-1</sup>)

$C_{CE}$  = Cuota energética (\$ año<sup>-1</sup>)

$C_O$  = Costo por operador (\$ año<sup>-1</sup>)

### Costos de mantenimiento y reparación

Los costos de mantenimiento y reparación se estimaron en un % del costo de inversión de la obra civil, del equipo de bombeo y del costo de la obra eléctrica, como se indica en el Cuadro 10, (Espinosa, 2014).

**Cuadro 10.** Porcentajes para mantenimiento y reparación de los costos de inversión.

<b>Inversión</b>	<b>% para mantenimiento y reparación</b>
Obra civil cárcamo de bombeo	15%
Equipo de bombeo	4%
Subestación eléctrica	4%

Fuente: (Espinosa, 2014)

El cálculo de los costos de mantenimiento y reparación del bombeo se calcularon con la siguiente expresión (22).

$$CMR_B = MR_{CB} + MR_{EB} + MR_{SE} \dots\dots\dots(22)$$

Dónde:

$CMR_B$  = Costo de mantenimiento y reparación de la planta de bombeo (\$ año<sup>-1</sup>)

$MR_{CB}$  = Costo de mantenimiento y reparación del cárcamo de bombeo (\$ año<sup>-1</sup>)

$MR_{EB}$  = Costo de mantenimiento y reparación del equipo de bombeo (\$ año<sup>-1</sup>)

$MR_{SE}$  = Costo de mantenimiento y reparación de la subestación eléctrica (\$ año<sup>-1</sup>)

### **6.8.2. Incrementar la presión utilizando el desnivel topográfico de la Zona de Riego (Propuesta 2)**

Esta propuesta consiste principalmente en ubicar la obra de toma de la Zona de Riego a una elevación topográfica mayor a la actual y adicionar longitud en la tubería de conducción, para incrementar la presión.

#### **a) Análisis Hidráulico de Zona de Riego (Propuesta 2)**

El diseño hidráulico de la línea de conducción complementaria al proyecto existente de la tecnificación de la Obra de Toma 2 de la Purísima consistió en determinar la ubicación de la nueva Obra de Toma, el diámetro y longitud de la tubería de conducción, de tal forma que se cumplieran las condiciones hidráulicas de tener al menos 25 metros de presión en cada toma granja del proyecto.

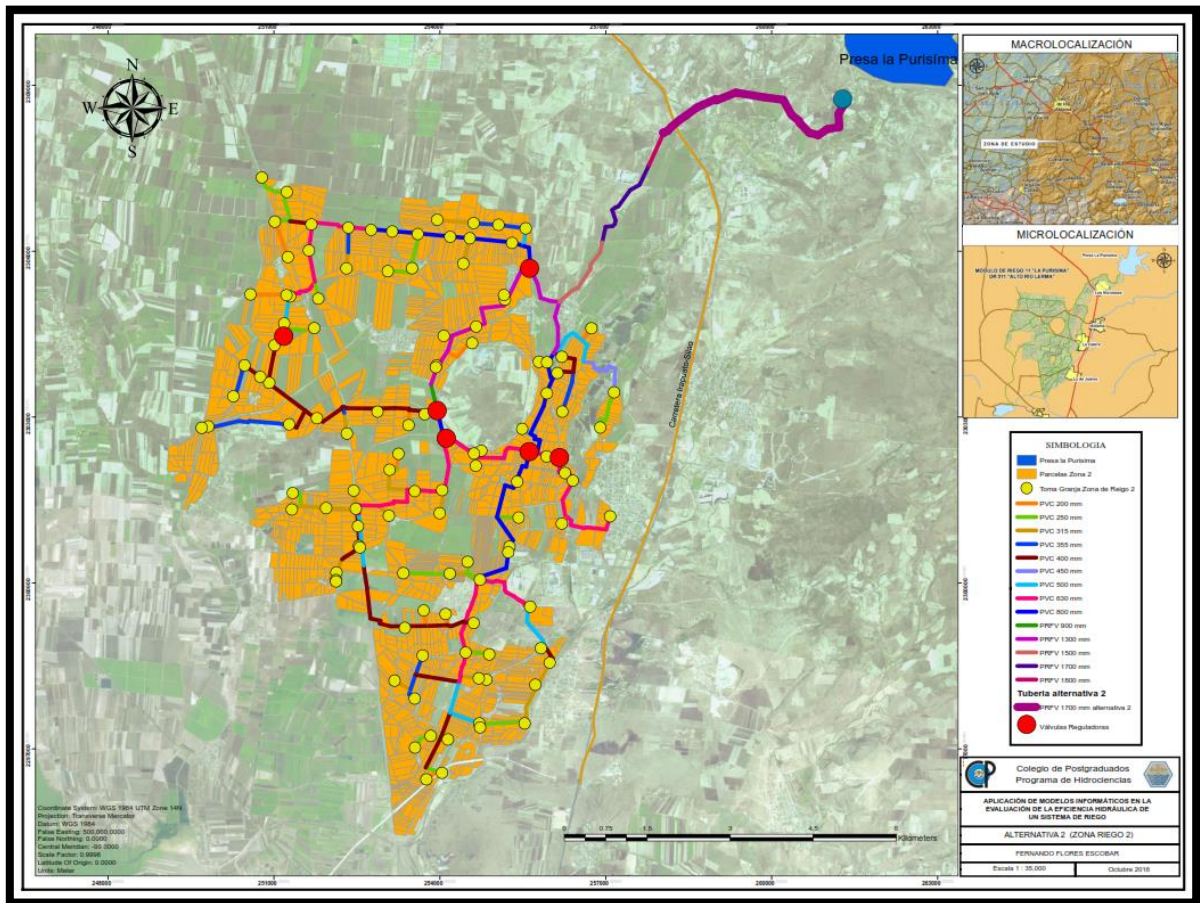
Con la información topográfica se definió la ubicación de la Obra de Toma (elevación 1826 msnm. de la plantilla del canal principal) y se realizó el trazo previo de la línea de conducción complementaria (longitud de 4,270 metros), Ver Figura 20. La presión crítica de diseño disponible es de 0.5 m.

La selección del diámetro de tubería, se hizo en base a las necesidades del sistema de riego y la disponibilidad en el mercado, los criterios hidráulicos de velocidad (no mayores a  $2.5 \text{ m s}^{-1}$ ) y pérdidas de carga por fricción en relación a la clase del tubo del diseño.

La clase o calibre de la tubería se seleccionó según la presión de operación a la que estará sujeta, para lo cual se consideraron las pérdidas de presión en la conducción, el desnivel topográfico, la presión de operación y la carga máxima que se podría tener en el punto de conexión.

Se utilizó la información de la infraestructura existente, principalmente de tuberías y tomas, para el análisis de la línea de conducción complementaria que se está proponiendo.

Se ubicaron válvulas reguladoras de presión para protección de la tubería.



**Figura 20.** Ubicación de Obra de Toma en la cota 1826 y tubería adicional.

El diseño de la línea de conducción adicional se hizo con el apoyo del software comercial EPANET V2 del cual se seleccionó la fórmula de Hazen-Williams (expresión 10) para el cálculo de pérdidas de carga por fricción, el coeficiente (C) que se utilizó para el PRFV fue de 150 y en PVC fue de 145. La expresión (12) se usó para el cálculo de pérdidas localizadas, los coeficientes ( $K_i$ ) se obtuvieron del Cuadro 6.

La metodología para la modelación de la red fue la siguiente:

- a) Se introdujo la red de tubería y nodos al software EPANET V2, como se muestra en la Figura 12.
- b) Se introdujeron los valores de elevación, demanda base y patrón de demanda para cada nodo, ver Figura 13, los valores de demanda base fueron obtenidos del proyecto original.

- c) Se introdujeron los valores de diámetro (diámetros internos), rugosidad (coeficiente C) y Coeficiente de pérdidas (coeficiente  $K_i$ ) ver Figura 13.
- e) Los datos que se utilizaron para la modelación fueron los siguientes:
  - Gasto de análisis = 3,420.00 lps
  - Elevación obra de toma = 1826 m.s.n.m (rasante del canal)
  - Numero de tomas = 114
  - Presión de diseño = 0.5 m (tirante normal del canal)

La red de conducción se simulo con varios Gastos como se muestra en Cuadro 8.

### **b) Costo de la Obra de Toma y Red de conducción (Propuesta 2)**

#### **Costos de inversión**

Los costos de inversión para el equipamiento comprenden principalmente:

- Obra de toma
- Movimiento de tierras
- Suministro de tubería
- Suministro de conexiones
- Válvulas y mecanismos de control
- Instalación de tubería, accesorios y válvulas
- Obra civil

#### **Costos de operación**

En esta propuesta no hay costos de consumo de energía eléctrica

##### *Cálculo de costos por operador*

Cálculo de costos por operador con la expresión (20), considerando un sueldo diario de \$160.00, según información obtenida de la zona.

#### **Costos de mantenimiento y reparación**

Los costos de mantenimiento y reparación se estimaron en un % del costo de inversión de la obra civil, del equipo de bombeo y del costo de la obra eléctrica.

El cálculo de los costos de mantenimiento y reparación del bombeo se calcularon con la

expresión (22).

Finalmente los costos de operación anual se calculan con la expresión (21).

### **6.8.3. Análisis del volumen requerido anual incrementando la eficiencia de riego**

Con las condiciones para regar a nivel parcela con sistemas de riego por goteo de acuerdo a las presiones disponibles y tecnificando a nivel parcela, se obtuvo el volumen anual requerido para el patrón de cultivos propuesto, para lo cual se requirió de la siguiente información:

- Requerimiento de riego mensual de patrón de cultivos propuesto
- Superficie de riego sembrada mensual
- Eficiencia Global de riego, calculadas con la eficiencias del Cuadro 2 y Cuadro 3

## **6.9. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para el análisis de las propuestas de solución se utilizó el Costo Anual Equivalente (CAE), este indicador es utilizado para comparar proyectos que generan los mismos beneficios, pero que tengan costos y una vida útil diferentes. En este caso el beneficio es el mismo y vida útil. Su cálculo consiste en anualizar el valor presente de los costos en los que se incurre para llevar a cabo un proyecto, y en su caso, se debe descontar el valor de rescate que se pueda obtener al final de la vida útil de este.

En el análisis se utilizaron las expresiones (16) y (17), y la información de costos de las propuestas de solución.

El análisis fue para una vida útil de 30 años y una tasa social de descuento del 10% (valor vigente desde el 2014).

## **6.10. ELABORACION DE MAPAS DE UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO**

Se elaboraron mapas de la infraestructura existente y de las propuestas de solución propuestas para la zona de riego.

La finalidad de estos mapas es de un mejor manejo de la información para los análisis realizados.

Se generaron shapes de la ubicación de la obra de toma, la red de conducción principal de la zona de riego, piezas y estructuras especiales de la red de conducción, ubicación de las tomas granja y las propuestas de solución para el sistema de riego con la finalidad de hacer más eficiente el sistema de riego el sistema de riego.

Para la elaboración del sistema de riego se utilizó el software Arc Map 10.1.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE RIEGO**

#### **7.1.1. Zona de Riego**

Con los datos de topografía y del sistema de riego actual, se obtienen los siguientes datos relevantes del proyecto de las Zonas de Riego.

- Superficie total de 3,175.82 ha
- Usuarios beneficiados: 1,210
- Total de tomas granja: 114
- La zona de riego se encuentra entre la cota 1760 y la 1830
- Elevación de la Obra de Toma, 1810 msnm
- Tubería de PRFV de 1800, 1700, 1500, 1300 y 900 mm de diámetro nominal para una presión de trabajo de 6 kg/cm<sup>2</sup>.
- Tubería de PVC de 800, 630, 500, 450, 400, 355, 315, 250 y 200mm de diámetro nominal para una presión de trabajo de 5 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **7.1.2. Información climatológica**

Los resultados obtenidos de la información climatológica son los que se muestran en el Cuadro 11.



**Cuadro 11.** Información media anual climatológica Estación 011004 “Aldama”.

Mes	Precipitación (mm)	T <sub>med</sub> máxima (°C)	T <sub>med</sub> mínima (°C)
Enero	12.45	24.59	5.45
Febrero	4.02	25.89	6.38
Marzo	5.25	28.70	8.44
Abril	9.96	31.05	11.32
Mayo	25.8	32.38	13.7
Junio	86.67	30.75	14.95
Julio	137.26	28.74	14.59
Agosto	132.03	28.07	14.27
Septiembre	101.06	27.70	14.00
Octubre	37.94	27.25	11.37
Noviembre	9.07	26.56	8.07
Diciembre	6.21	24.55	6.00

Se puede observar que los meses con mayor lluvia son de junio a septiembre. Los meses con menor lluvia son de febrero a mayo, siendo estos meses donde los cultivos requerirán de mayor riego

### 7.1.3. Patrón de cultivos propuesto

Se obtuvieron los siguientes datos para los cultivos que se muestran en el Cuadro 12, que son principalmente las fechas de siembra, ciclos vegetativos y los valores de Coeficiente de cultivo (Kc) durante su desarrollo, estos datos son lo que se utilizarán para el diseño agronómico.

**Cuadro 12.** Fechas de siembra y valores de Kc del patrón de cultivos

Cultivo	Fecha de siembra	Ciclo Vegetativo (días)	Kc		
			Inicial	Medio	Final
1. Brócoli	15 de Nov.	135	0.70	1.05	0.95
2. Cebada	15 de Dic.	120	0.30	1.15	0.25
3. Esparrago	01 de Oct.	340	0.25	1.00	0.25
4. Fresa	01 de Sep.	365	0.50	0.60	0.70
5. Sorgo	15 de Dic.	125	0.30	1.00	0.55
6. Tomate	01 de Dic.	145	0.60	1.15	0.80
7. Trigo	15 de Nov.	130	0.30	1.15	0.30
8. Alfalfa	15 de Sep.	365	0.40	0.95	0.90

## 7.2. DISEÑO AGRONÓMICO

Los resultados obtenidos del análisis realizado con el software Cropwat, se presentan en el Cuadro 13. Se puede observar que los valores máximos se presentan en el mes de Mayo con un requerimiento de riego global de  $5.09 \text{ mm día}^{-1}$ ,  $157.8 \text{ mm mes}^{-1}$ .

**Cuadro 13.** Resultados de cálculo de  $RR_n$ .

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Requerimiento de Riego por cultivo (mm/mes)											
Brócoli	103.9	124.8	153.3	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.4	77.2
Cebada	101.0	138.6	162.2	32.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.8
Esparrago	101.6	117.0	158.6	175.6	184.1	127.3	41.0	0.30	0.00	20.5	31.0	60.5
Fresa	67.6	70.6	95.7	105.9	108.9	75.50	34.1	31.5	13.0	54.8	64.3	64.3
Sorgo	65.0	120.0	158.6	74.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.4
Tomate	94.4	135.6	184.6	132.7	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.3
Trigo	124.3	135.6	75.9	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.2	47.8
Alfalfa	44.3	58.9	144.7	168.1	176.0	121.9	73.8	68.0	33.9	40.5	46.5	42.8
Requerimiento de Riego Neto del patrón de cultivos												
mm/día	2.80	3.90	4.60	4.29	5.09	3.64	1.45	0.73	0.67	1.09	1.41	1.80
mm/mes	86.8	109.2	142.6	128.7	157.8	109.2	45.0	22.6	20.1	33.8	42.3	55.8

## 7.3. PRESIÓN MÍNIMA POR TOMA GRANJA PARA UN RIEGO POR GOTEO.

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 14, se obtuvieron con el diseño de la red de distribución y el diseño parcelario de algunas tomas granja que se realizaron con WCADI y en promedio se requiere alrededor de 25 metros de columna de agua (m.c.a.) para poder regar con un sistema de riego por goteo.

**Cuadro 14.** Resultado de presión requerida en cada toma granja.

Presión requerida (m.c.a)	
Operación del emisor	10.0
Pérdidas en lateral	1.2
Pérdidas en secundaria	0.8
Pérdidas en principal	6.9
Pérdidas en filtración	5.0
Desnivel topográfico	1.0
<b>Presión Total</b>	<b>24.9</b>

Una filtración auto-limpiante en promedio requiere 25 metros para su funcionamiento.

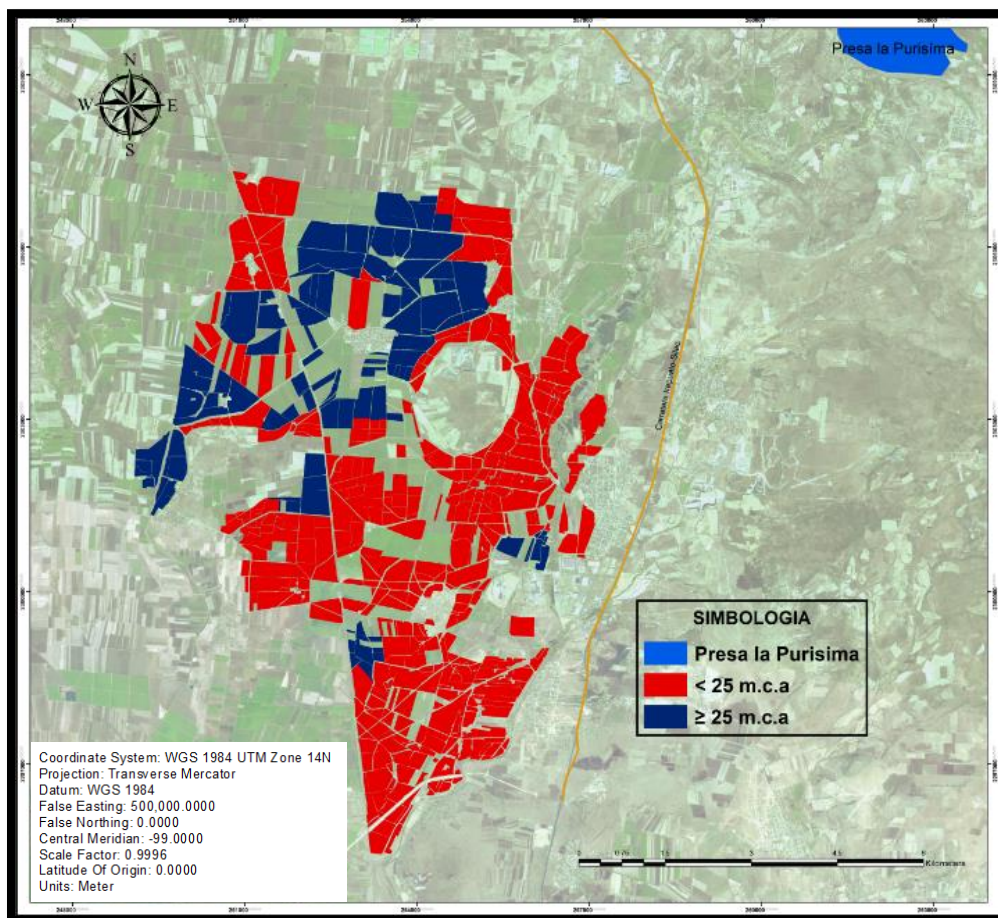
## 7.4. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES ACTUALES.

### 7.4.1. Análisis Hidráulico de la red de conducción de la Zona de Riego

Como resultados de la modelación con el 100% de superficie de riego, presentados en el Anexo 1, se obtuvo que un 31.35% (995.67 hectáreas) de la superficie cuentan con la presión mínima o superior a los 25 m.c.a, como se muestra en la Figura 21 y en el Cuadro 15, y que el 68.65% (2,180.15 hectáreas) tendrían que regarse con algún sistema de baja presión, que no requiera filtración auto-limpiante.

**Cuadro 15.** Resultado de la modelación hidráulica de la Zona de Riego del Módulo la Purísima.

Presión (m)	No de tomas	Superficie (ha)	%
< 25	80	2,180.15	68.65%
≥ 25	34	995.67	31.35%
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>3,175.82</b>	<b>100%</b>



**Figura 21.** Superficie con presiones disponibles mayor a 25 m.c.a.

Los resultados obtenidos variando el gasto en la red de conducción se presentan en el Cuadro 16 y Figura 27.

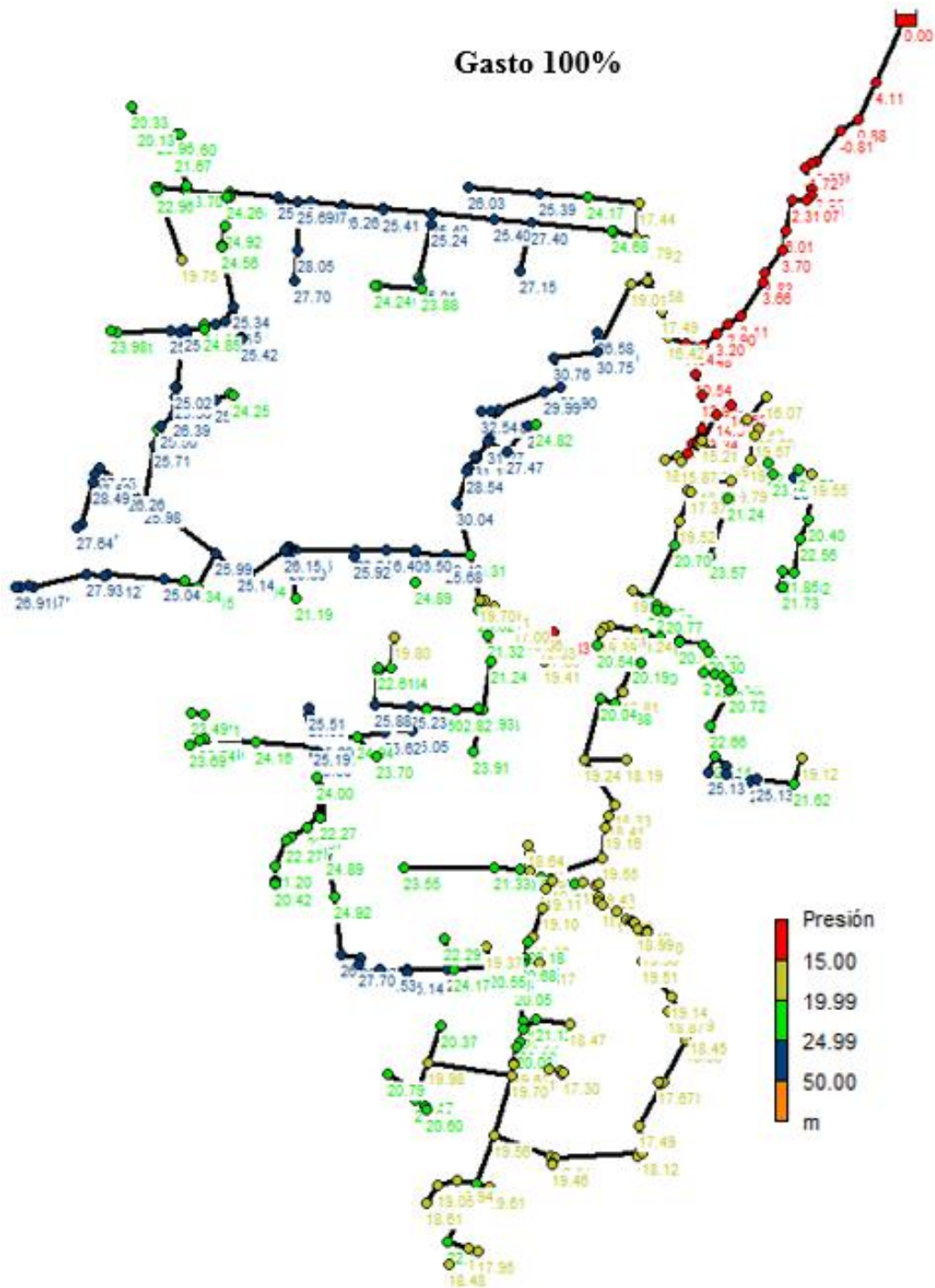
**Cuadro 16.** Resultado de modelación hidráulica con variación de gasto.

Presión (m)	Número de Tomas Granja					
	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
> 15	1	0	0	0	0	0
15 - 25	79	17	12	9	7	6
≥25	34	97	102	105	107	108
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>114</b>	<b>114</b>	<b>114</b>	<b>114</b>	<b>114</b>

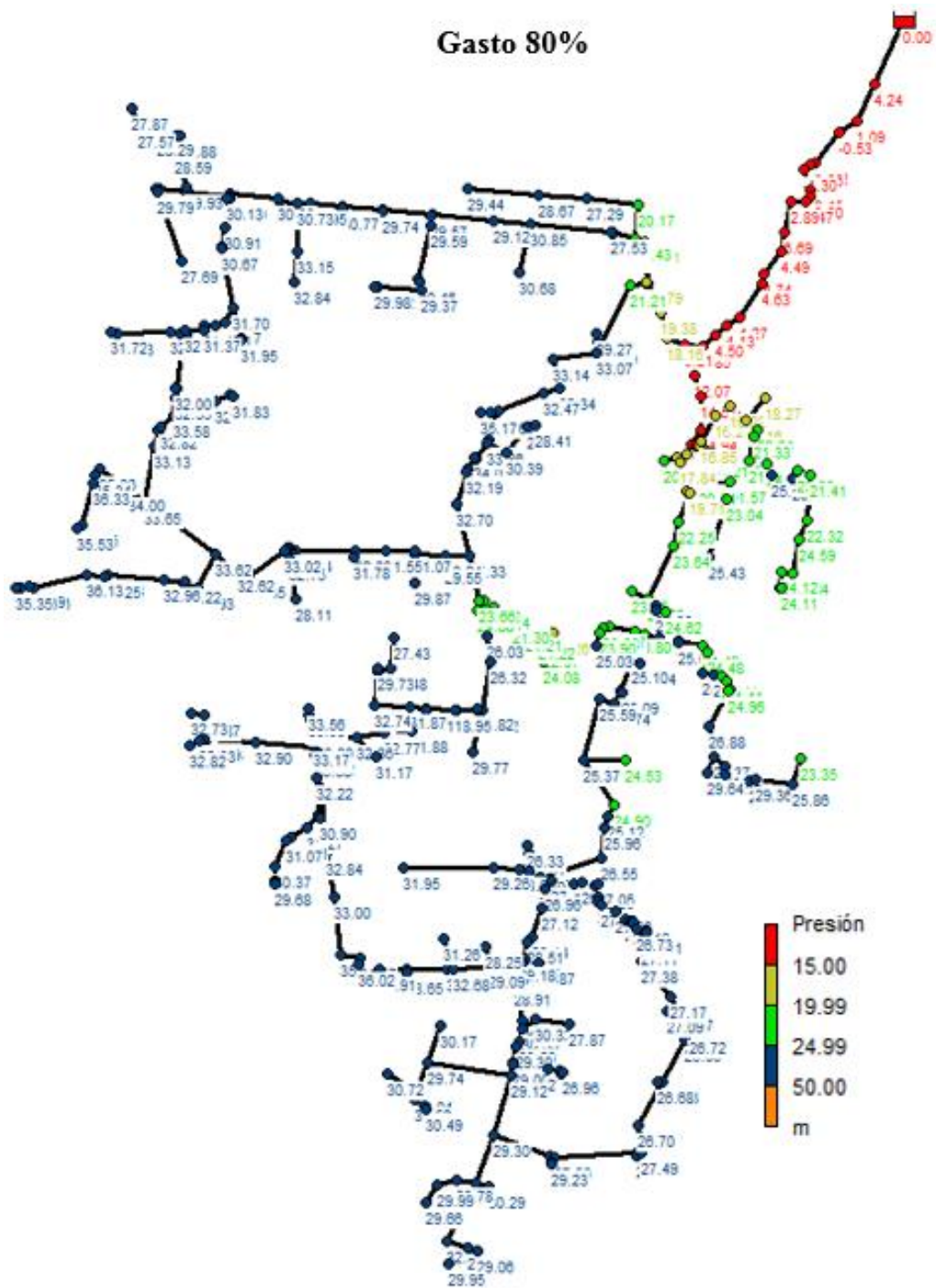
Como se puede observar en el Cuadro 16, Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25, Figura 26 y Figura 27; al disminuir el gasto de conducción sobre la red, las presiones aumentan, lo que nos da un incremento de carga en las tomas granja pero de igual forma se disminuye la superficie de riego que se podría regar de acuerdo a la demanda de los cultivos, por tal motivo, al análisis crítico es con el 100% de gasto de diseño.

Con los resultados obtenidos se determinó la superficie que se puede regar con goteo y la superficie que se puede regar con un sistema de baja presión y se calculó en volumen bruto anual requerido.

Con la modelación hidráulica con variación de gasto se puede observar que con gastos inferiores al 10%, hay puntos dentro de la red que superan los 50 m.c.a, límite de presión que soportan las tuberías existentes.

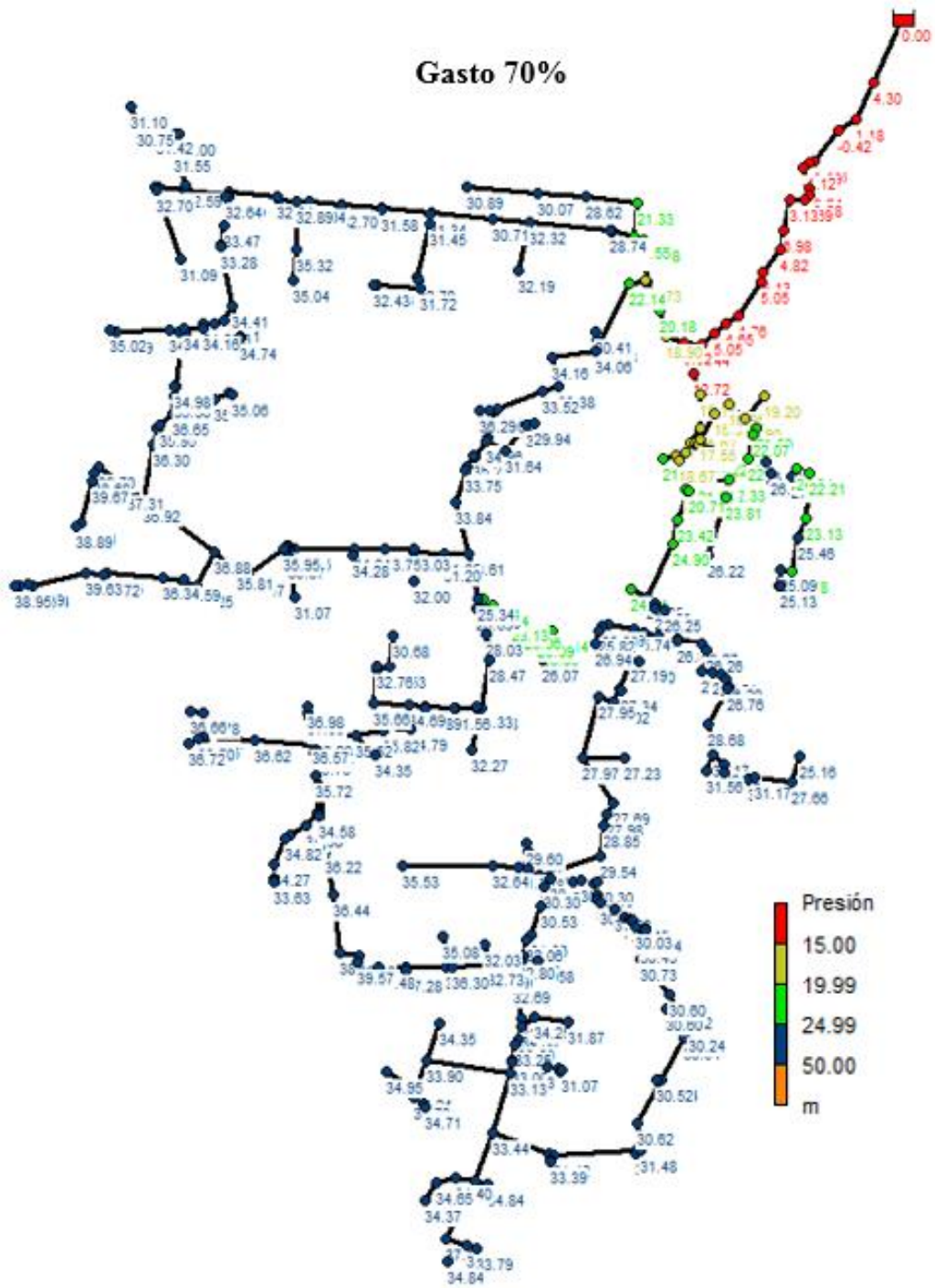


**Figura 22.** Modelación hidráulica con una demanda del 50% de gasto de diseño.

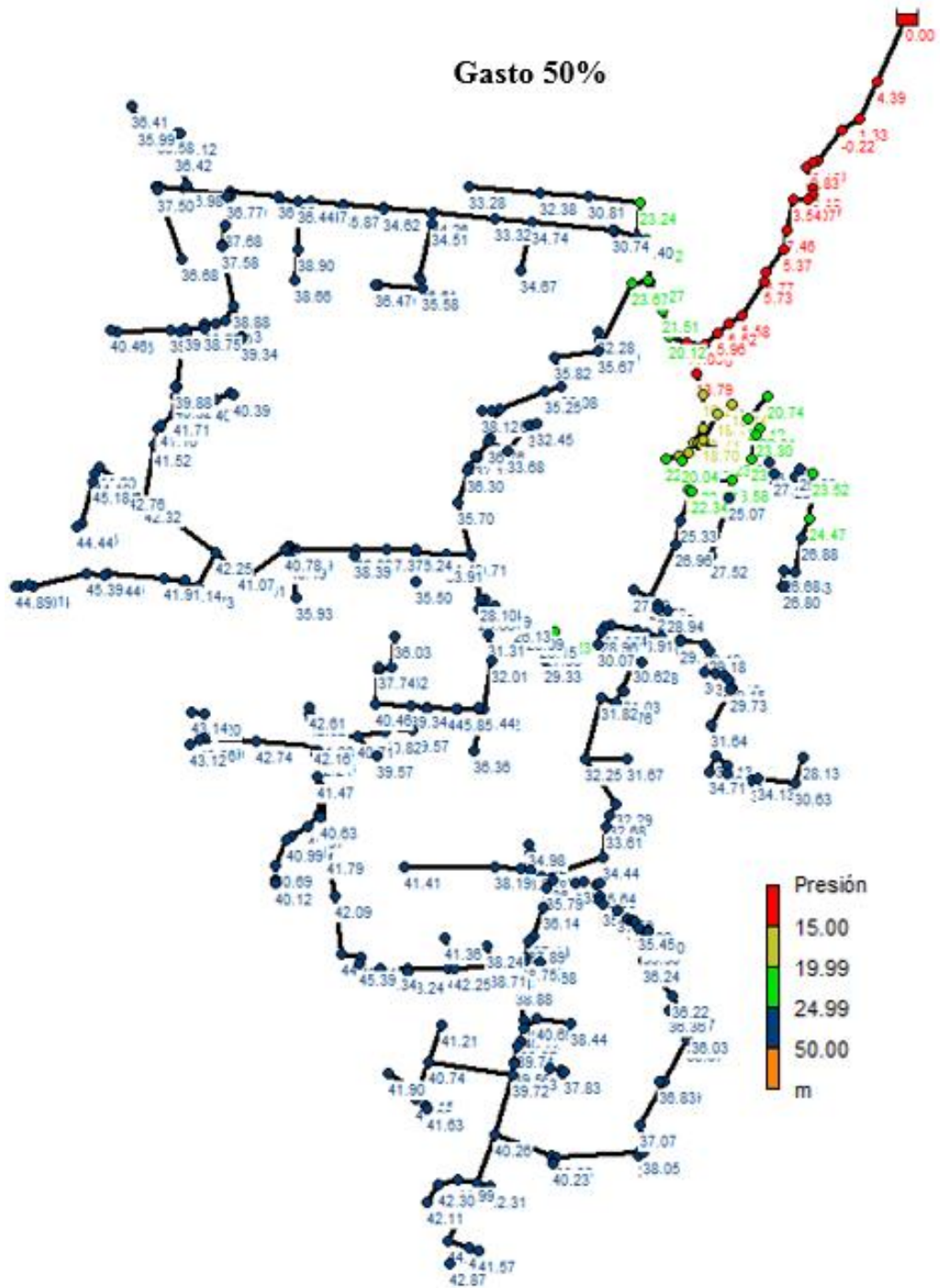


**Figura 23.** Modelación hidráulica con una demanda del 80% de gasto de diseño.



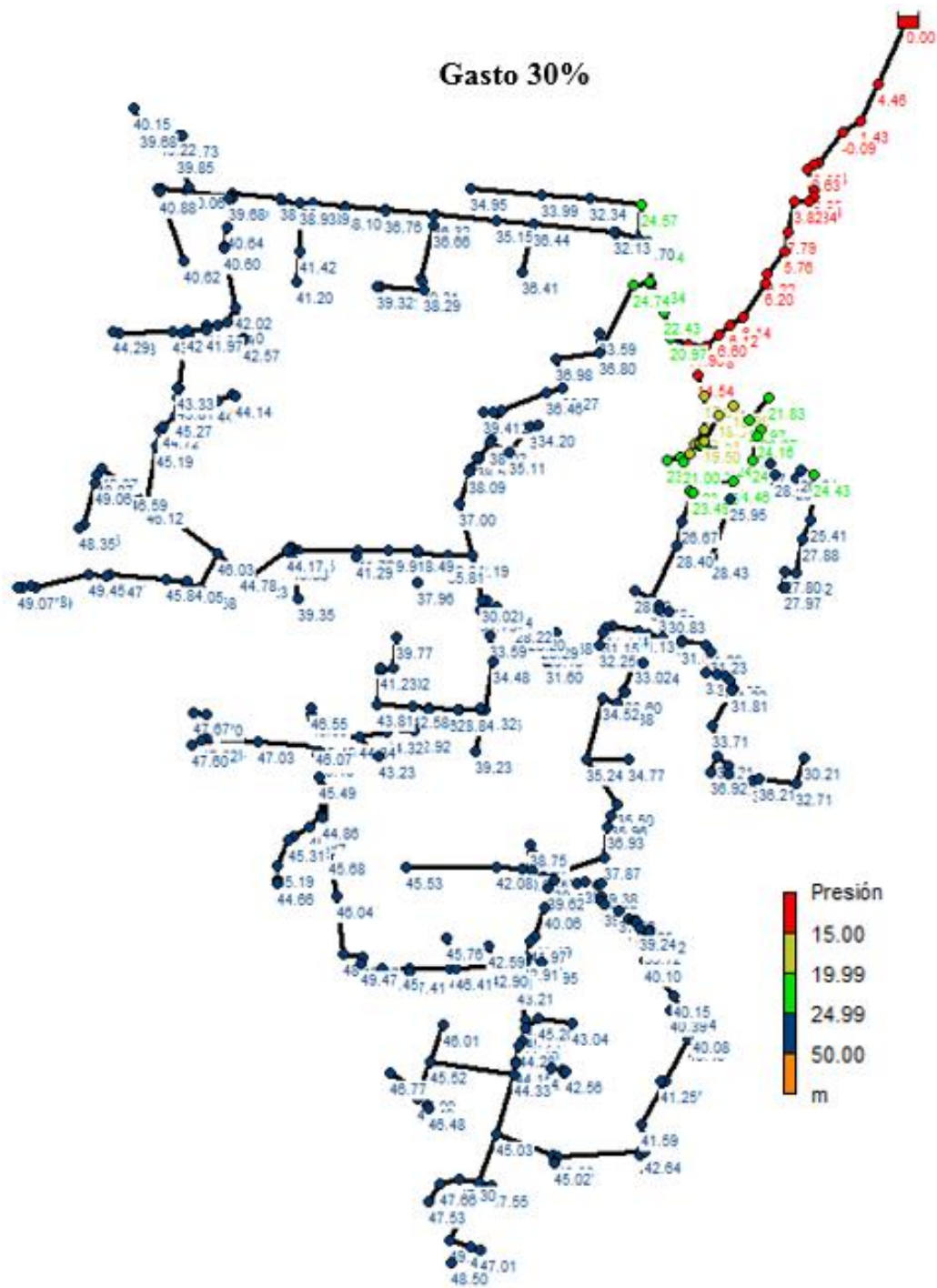


**Figura 24.** Modelación hidráulica con una demanda del 70% de gasto de diseño.

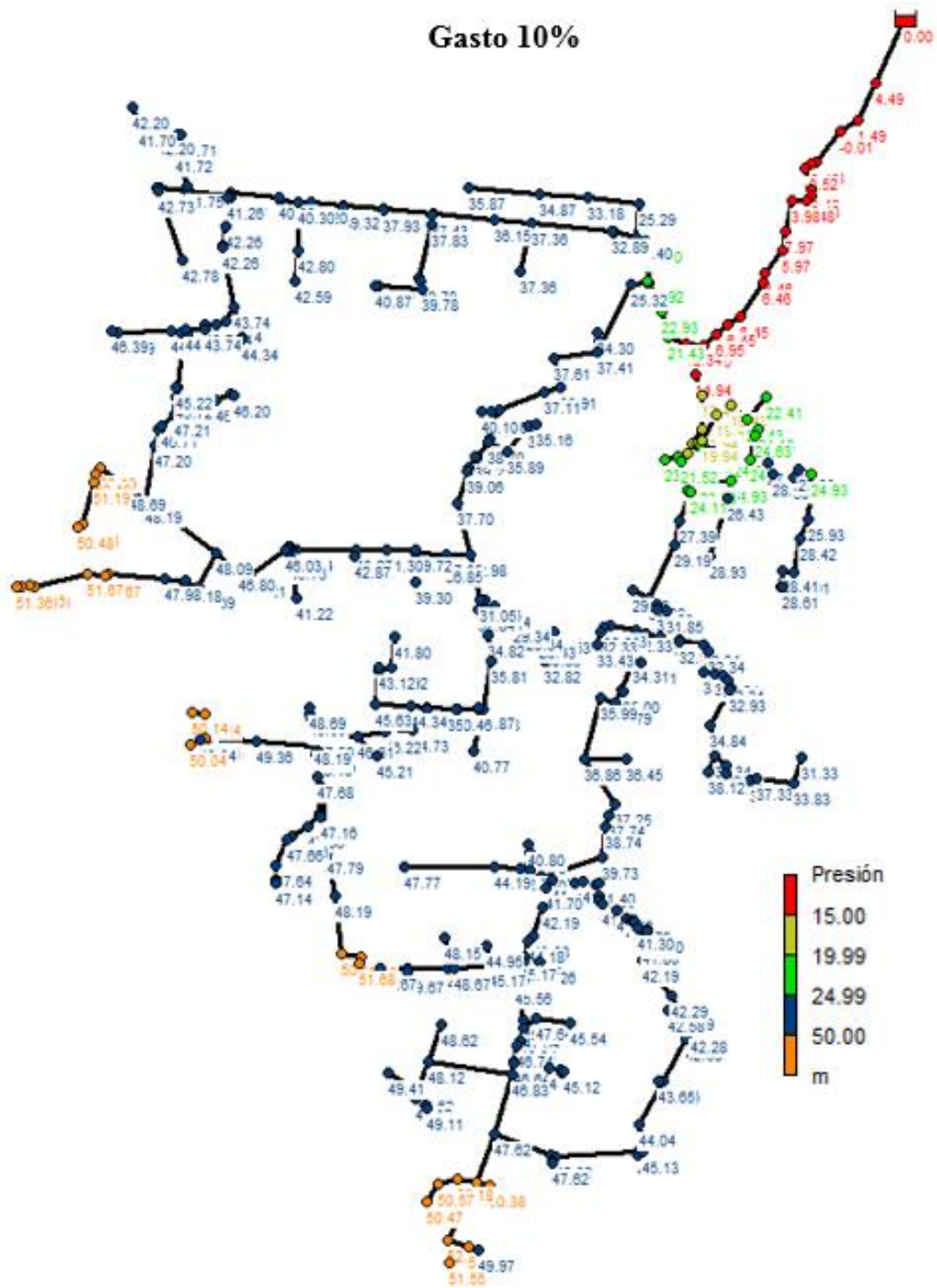


**Figura 25.** Modelación hidráulica con una demanda del 50% de gasto de diseño.





**Figura 26.** Modelación hidráulica con una demanda del 30% de gasto de diseño.



**Figura 27.** Modelación hidráulica con una demanda del 10% de gasto de diseño.

#### 7.4.2. Análisis del volumen requerido anual con las condiciones actuales

##### Determinación del volumen requerido anual con sistemas de riego por goteo (31.35% de la superficie) y con sistemas de riego de baja presión (68.65% de la superficie)

Para un sistema de riego por goteo se consideró una eficiencia de aplicación de 93% para una superficie de 995.67 hectáreas. Para un sistema de riego de baja presión (multicompuestas) una eficiencia de aplicación de 65% para una superficie de 2,180.15 hectáreas.

Se obtuvo la eficiencia de aplicación ponderada para las 3,175.82 hectáreas, Cuadro 17.

**Cuadro 17.** Eficiencia de aplicación general condiciones actuales.

Superficie (ha)	Eficiencia de Aplicación (%)	Producto de Superficie x Eficiencia
995.67	0.93	925.97
2,180.15	0.65	1,417.10
<b>3,175.82</b>	<b>Suma</b>	<b>2,343.07</b>

Se obtuvo una eficiencia de aplicación general del 73.78% y con una eficiencia de conducción del 98% (sistema actualmente existente) y de distribución de un 98%; se calculó el volumen anual requerido para el patrón de cultivos propuesto.

El resultado final se obtuvo que se requiere un volumen anual de 33.21 millones de m<sup>3</sup>, con una eficiencia global del 70.86% como se muestra en el Cuadro 18.

**Cuadro 18.** Volumen anual requerido con riego por goteo (31.35% de la superficie).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Requerimiento de Riego Bruto</b>												
mm/día	3.95	5.50	6.49	6.05	7.18	5.13	2.05	1.03	0.94	1.54	1.99	2.54
<b>Superficie regada</b>												
%	100	100	100	84	55	55	55	55	30	55	71	100
<b>Volumen requerido bruto</b>												
Millones m <sup>3</sup>	3.89	4.89	6.39	4.84	3.89	2.69	1.11	0.56	0.27	0.83	1.34	2.50

## 7.5. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DEL SISTEMA ACTUAL

### 7.5.1. Uso de equipos de bombeo por Toma Granja (Propuesta 1)

#### a) Análisis Hidráulico de Zona de Riego (Propuesta 1)

#### Cálculo de Potencia de los equipos de bombeo

Con base al análisis realizado es necesario la implementación de 80 equipos de bombeo para incrementar las presiones en las toma graja. Se puede observar en el Cuadro 19 que se requieren 79 equipos de 5 caballos de fuerza (HP) y 1 equipos de 10 caballos de fuerza (HP).

**Cuadro 19.** Resultados de cálculo de Potencia (Motor para Bomba)

Toma Granja	Gasto Requerido (lps)	Carga disponible (m)	Carga requerida (m)	Potencia requerida (HP)
A300	30	24.89	0.11	0.06
A421	30	24.87	0.13	0.07
A276	30	24.82	0.18	0.09
A246	30	24.56	0.44	0.23
A389	30	24.34	0.66	0.35
A206	30	24.26	0.74	0.39
A427	30	24.25	0.75	0.39
A111	30	24.24	0.76	0.40
A77	30	24.17	0.83	0.44
A334	30	24.16	0.84	0.44
A331	30	24	1	0.53
A58	30	23.98	1.02	0.54
A435	30	23.98	1.02	0.54
A256	30	23.91	1.09	0.57
A282	30	23.7	1.3	0.68
A364	30	23.69	1.31	0.69
A260	30	23.6	1.4	0.74
A99	30	23.57	1.43	0.75
A201	30	23.55	1.45	0.76
A337	30	23.49	1.51	0.79
A209	30	22.96	2.04	1.07
A326	30	22.61	2.39	1.26
A333	30	22.31	2.69	1.42
A315	30	22.29	2.71	1.43
A375	30	22.27	2.73	1.44
A223	30	21.93	3.07	1.62

<b>Toma Granja</b>	<b>Gasto Requerido (lps)</b>	<b>Carga disponible (m)</b>	<b>Carga requerida (m)</b>	<b>Potencia requerida (HP)</b>
A126	30	21.73	3.27	1.72
A200	30	21.33	3.67	1.93
A156	30	21.22	3.78	1.99
A358	30	21.2	3.8	2.00
A353	30	21.19	3.81	2.01
A139	30	20.84	4.16	2.19
A346	30	20.79	4.21	2.22
A192	30	20.72	4.28	2.25
A191	30	20.6	4.4	2.32
A321	30	20.6	4.4	2.32
A263	30	20.58	4.42	2.33
A361	30	20.42	4.58	2.41
A121	30	20.4	4.6	2.42
A345	30	20.37	4.63	2.44
A213	30	20.33	4.67	2.46
A359	30	20.23	4.77	2.51
A224	30	19.95	5.05	2.66
A135	30	19.81	5.19	2.73
A304	30	19.8	5.2	2.74
A210	30	19.75	5.25	2.76
A102	30	19.74	5.26	2.77
A368	30	19.61	5.39	2.84
A75	30	19.52	5.48	2.88
A344	30	19.46	5.54	2.92
A146	30	19.41	5.59	2.94
A288	30	19.37	5.63	2.96
A242	30	19.17	5.83	3.07
A173	30	19.16	5.84	3.07
A167	30	19.12	5.88	3.09
A65	30	19.09	5.91	3.11
A376	30	18.94	6.06	3.19
A394	30	18.87	6.13	3.23
A70	30	18.74	6.26	3.29
A391	30	18.65	6.35	3.34
A180	30	18.64	6.36	3.35
A378	30	18.61	6.39	3.36
A410	30	18.5	6.5	3.42
A390	30	18.48	6.52	3.43
A266	30	18.47	6.53	3.44
A53	30	18.44	6.56	3.45
A172	30	18.41	6.59	3.47
A150	30	18.19	6.81	3.58
A341	30	18.11	6.89	3.63
A381	30	17.95	7.05	3.71

<b>Toma Granja</b>	<b>Gasto Requerido (lps)</b>	<b>Carga disponible (m)</b>	<b>Carga requerida (m)</b>	<b>Potencia requerida (HP)</b>
A370	30	17.82	7.18	3.78
A385	30	17.67	7.33	3.86
A293	30	17.47	7.53	3.96
A76	30	17.44	7.56	3.98
A296	30	17.3	7.7	4.05
A195	30	16.83	8.17	4.30
A97	30	16.07	8.93	4.70
A71	30	15.87	9.13	4.81
A46	30	15.58	9.42	4.96
A170	30	14.83	10.17	5.35

### Selección del equipo de bombeo

Con la gráfica del equipo de bombeo, con base al gasto y a la carga necesaria para cada toma granja se seleccionó el modelo de bomba y tipo de impulsor para realizar el análisis hidráulico, como se muestra en el Cuadro 20.

**Cuadro 20.** Equipo de bombeo utilizado para el análisis de la Zona de Riego

<b>Toma Granja</b>	<b>Gasto Requerido (lps)</b>	<b>Carga requerida (m)</b>	<b>Modelo Bomba</b>	<b>Tamaño impulsor</b>
A300	30	0.11	N 638	57
A421	30	0.13	N 638	57
A276	30	0.18	N 638	57
A246	30	0.44	N 638	57
A389	30	0.66	N 638	57
A206	30	0.74	N 638	57
A427	30	0.75	N 638	57
A111	30	0.76	N 638	57
A77	30	0.83	N 638	57
A334	30	0.84	N 638	57
A331	30	1	N 638	57
A58	30	1.02	N 638	57
A435	30	1.02	N 638	57
A256	30	1.09	N 638	57
A282	30	1.3	N 638	57
A364	30	1.31	N 638	57
A260	30	1.4	N 638	57
A99	30	1.43	N 638	57

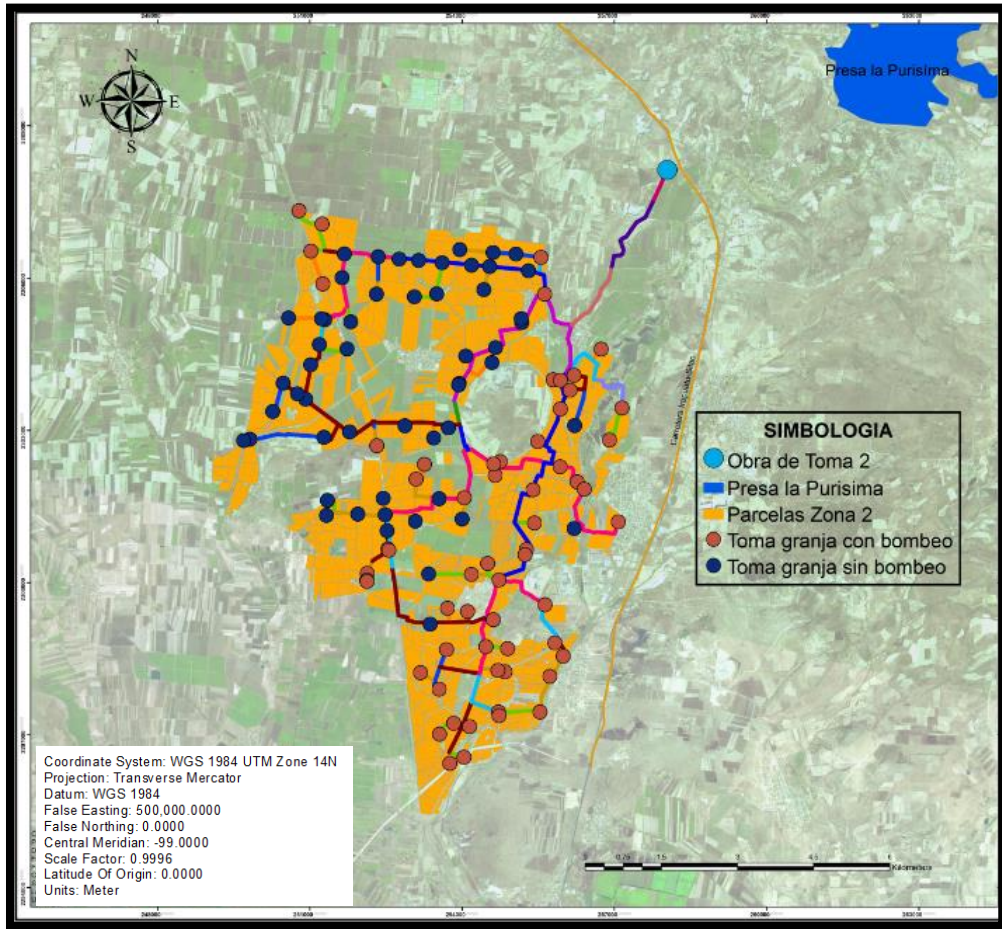
<b>Toma Granja</b>	<b>Gasto Requerido (lps)</b>	<b>Carga requerida (m)</b>	<b>Modelo Bomba</b>	<b>Tamaño impulsor</b>
A201	30	1.45	N 638	57
A337	30	1.51	N 638	57
A209	30	2.04	N 638	C
A326	30	2.39	N 638	C
A333	30	2.69	N 638	C
A315	30	2.71	N 638	C
A375	30	2.73	N 638	C
A223	30	3.07	N 638	C
A126	30	3.27	N 638	C
A200	30	3.67	N 638	C
A156	30	3.78	N 638	C
A358	30	3.8	N 638	C
A353	30	3.81	N 638	C
A139	30	4.16	N 638	C
A346	30	4.21	N 638	C
A192	30	4.28	N 638	C
A191	30	4.4	N 638	C
A321	30	4.4	N 638	C
A263	30	4.42	N 638	C
A361	30	4.58	N 638	C
A121	30	4.6	N 638	C
A345	30	4.63	N 638	C
A213	30	4.67	N 638	C
A359	30	4.77	N 638	C
A224	30	5.05	N 638	C
A135	30	5.19	N 638	C
A304	30	5.2	N 638	C
A210	30	5.25	N 638	C
A102	30	5.26	N 638	C
A368	30	5.39	N 638	C
A75	30	5.48	N 638	C
A344	30	5.54	N 638	C
A146	30	5.59	N 638	C
A288	30	5.63	N 638	C
A242	30	5.83	N 638	C
A173	30	5.84	N 638	C
A167	30	5.88	N 638	C
A65	30	5.91	N 638	C

<b>Toma Granja</b>	<b>Gasto Requerido (lps)</b>	<b>Carga requerida (m)</b>	<b>Modelo Bomba</b>	<b>Tamaño impulsor</b>
<b>A376</b>	30	6.06	N 638	C
<b>A394</b>	30	6.13	N 638	C
<b>A70</b>	30	6.26	N 638	C
<b>A391</b>	30	6.35	N 638	C
<b>A180</b>	30	6.36	N 638	C
<b>A378</b>	30	6.39	N 638	C
<b>A410</b>	30	6.5	N 638	C
<b>A390</b>	30	6.52	N 638	C
<b>A266</b>	30	6.53	N 638	C
<b>A53</b>	30	6.56	N 638	C
<b>A172</b>	30	6.59	N 638	C
<b>A150</b>	30	6.81	N 638	C
<b>A341</b>	30	6.89	N 638	C
<b>A381</b>	30	7.05	NE 635B	199
<b>A370</b>	30	7.18	NE 635B	199
<b>A385</b>	30	7.33	NE 635B	199
<b>A293</b>	30	7.53	NE 635B	199
<b>A76</b>	30	7.56	NE 635B	199
<b>A296</b>	30	7.7	NE 635B	199
<b>A195</b>	30	8.17	NE 635B	199
<b>A97</b>	30	8.93	NE 635B	199
<b>A71</b>	30	9.13	NE 635B	199
<b>A46</b>	30	9.42	NE 635B	199
<b>A170</b>	30	10.17	NE 635B	199

### **Análisis hidráulico de la red con equipos de bombeo por Toma Granja**

Finalmente los resultados obtenidos, con el análisis hidráulico implementando bombeos por cada toma granja se ven en el Anexo 2. Se realizó el análisis con variación de gasto, para lo que se simulo con un variador de frecuencia (Bajar las revoluciones del motor de la bomba). Los resultados fueron favorables para la red de conducción y se incrementan las presiones en las tomas granjas. En la Figura 28 se muestra la ubicación de los equipos de bombeo.





**Figura 28.** Ubicación de los equipos de bombeo Propuesta 1.

**b) Costo de la implementación de equipos de bombes (Propuesta 1)**

**Costos de inversión**

En el Cuadro 21 se presenta un resumen de los costos obtenidos de los equipos de bombeo. Costos de inversión del 2014.

**Cuadro 21.** Costos de inversión de la (Propuesta 1)

Concepto	Unidad	Costo/ Sistema de bombeo	Cantidad	Importe
Tren de descarga	Lote	\$168,745.05	80	\$13,499,604.00
Obra civil tren de descarga	Lote	\$55,000.00	80	\$4,400,000.00
Equipo de bombeo (5 H.P.)	Lote	\$40,000.00	79	\$3,160,000.00

Concepto	Unidad	Costo/ Sistema de bombeo	Cantidad	Importe
Equipo de bombeo (10 H.P.)	Lote	\$54,000.00	1	\$54,000.00
Obra eléctrica	Lote	\$300,000.00	80	\$24,000,000.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$45,113,604.00</b>

### Costos de operación

*Cálculo de consumo de energía eléctrica del equipo de bombeo*

En el cálculo de cuota energética se usó la expresión (17) y la expresión (18)

Cálculo de cuota energética para un equipo de bombeo de capacidad de 5HP

$$CE = (5 * 0.746 * 365 * 24) * 0.75 + 438$$

$$CE = 24,944.1 \text{ kWh año}^{-1}$$

$$C_{CE} = 24,944.1 * 0.56 = \$13,968.70 \text{ año}^{-1}$$

$$C_{CE} = \$13,968.70 \text{ año}^{-1}$$

Cálculo de cuota energética para un equipo de bombeo de capacidad de 10HP

$$CE = (10 * 0.746 * 365 * 24) * 0.75 + 438$$

$$CE = 49,450.2 \text{ kWh año}^{-1}$$

$$C_{CE} = 49,450.2 * 0.56$$

$$C_{CE} = \$27,692.11 \text{ año}^{-1}$$

*Cálculo de costos por operador*

Cálculo de costos por operador con la expresión (17), considerando un sueldo diario de \$160.00, según información obtenida de la zona.

$$C_o = 160 * (365 + 40)$$

$$C_o = \$64,800.00 \text{ año}^{-1}$$

Calculo de los costos de operación se realizó con la expresión (20). Se consideran los 60 equipos de bombeo y 16 operadores.

$$CO_B = (\$13,968.70 * 79) + (\$27,692.11 * 1) + (\$64,800.00 * 16) = \$2,168,019.41$$

### Costos de mantenimiento y reparación

Los costos de mantenimiento y reparación se estimaron en un % del costo de inversión de la obra civil, del equipo de bombeo y del costo de la obra eléctrica, como se indica en el Cuadro 22.

**Cuadro 22.** Costos de mantenimiento y reparación (Propuesta 1)

Concepto	Costo/ Sistema de bombeo	% para Mantenimiento y Reparación	Importe
Tren de descarga	\$13,499,604.00	4%	\$ 539,984.16
Obra civil tren de descarga	\$4,400,000.00	15%	\$ 660,000.00
Equipo de bombeo (5 H.P.)	\$3,160,000.00	4%	\$ 126,400.00
Equipo de bombeo (10 H.P.)	\$54,000.00	4%	\$ 2,160.00
Obra eléctrica	\$24,000,000.00	4%	\$ 960,000.00
<b>Total</b>			<b>\$2,288,544.16</b>

Finalmente se tiene el resumen de costos en el Cuadro 23 de la propuesta 1.

**Cuadro 23.** Resumen de costos (Propuesta 1)

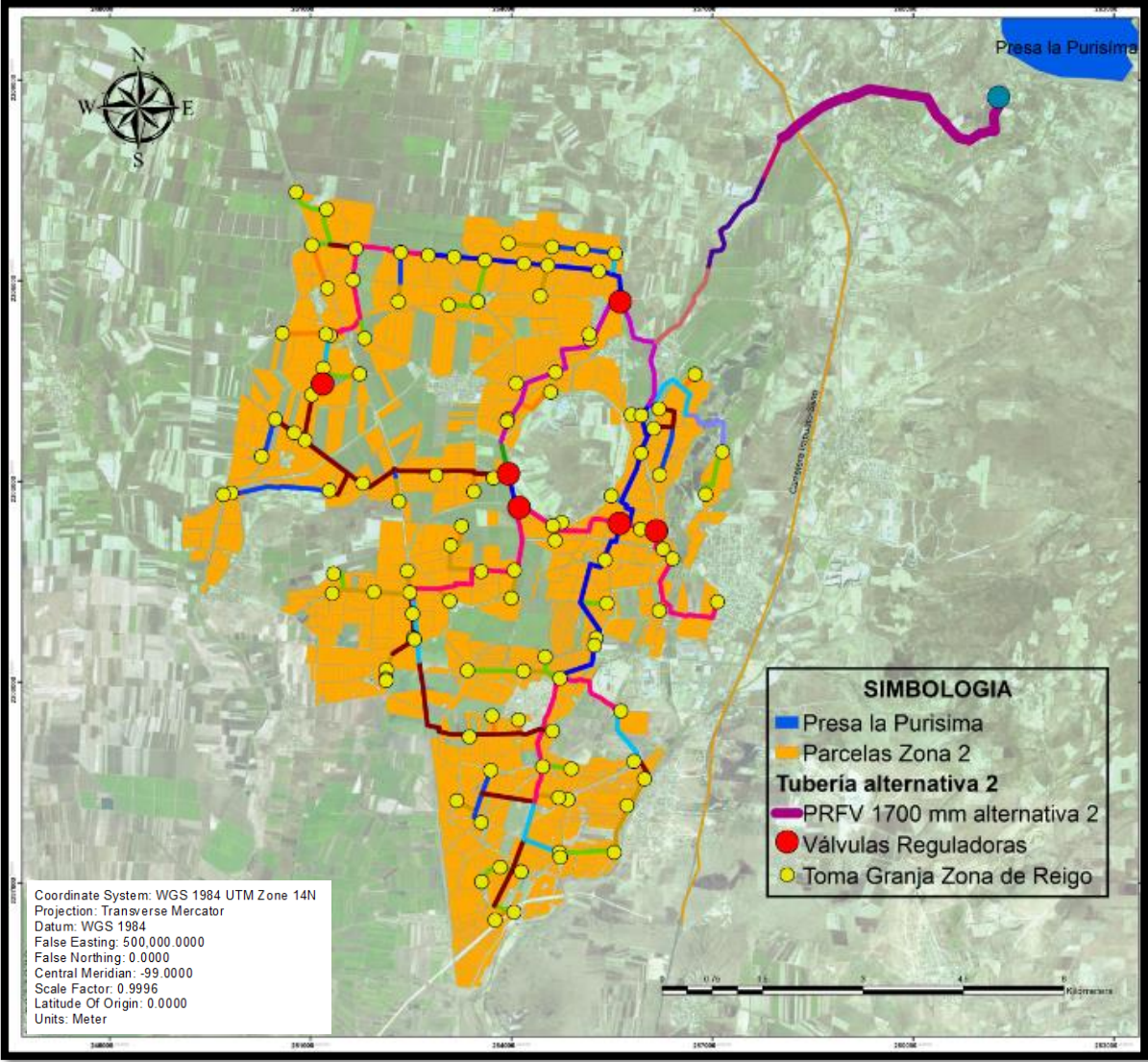
Concepto	Costo (\$)
Inversión (primer año)	\$45,113,604.00
Operación (anual)	\$2,168,019.41
Mantenimiento y Reparación (anual)	\$2,288,544.16

### 7.5.2. Incrementar la presión utilizando el desnivel topográfico de la Zona de Riego (Propuesta 2)

#### a) Análisis Hidráulico de Zona de Riego (Propuesta 2)

Con base al análisis del software Epanet, para incrementar las presiones en las tomas

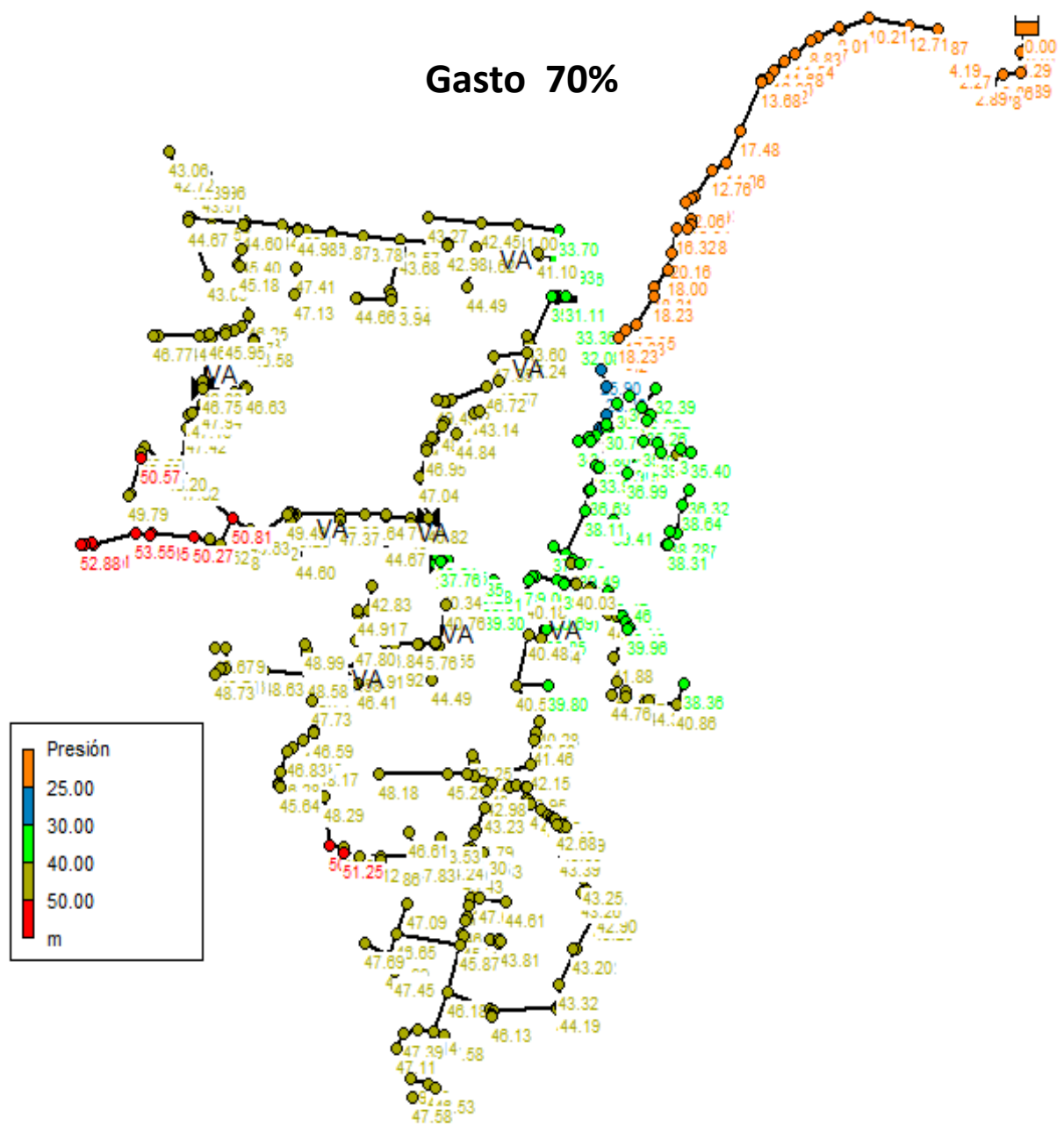
granja, es necesario que la elevación de la obra de toma quede en la cota 1826 msnm, se anexe una longitud de tubería de PRFV de 4,270 m de 1700 mm de diámetro y 6 módulos con válvulas reguladoras de presión ubicadas en la red de la línea de conducción como se muestra en la Figura 29.



**Figura 29.** Resultado de la Propuesta 2.

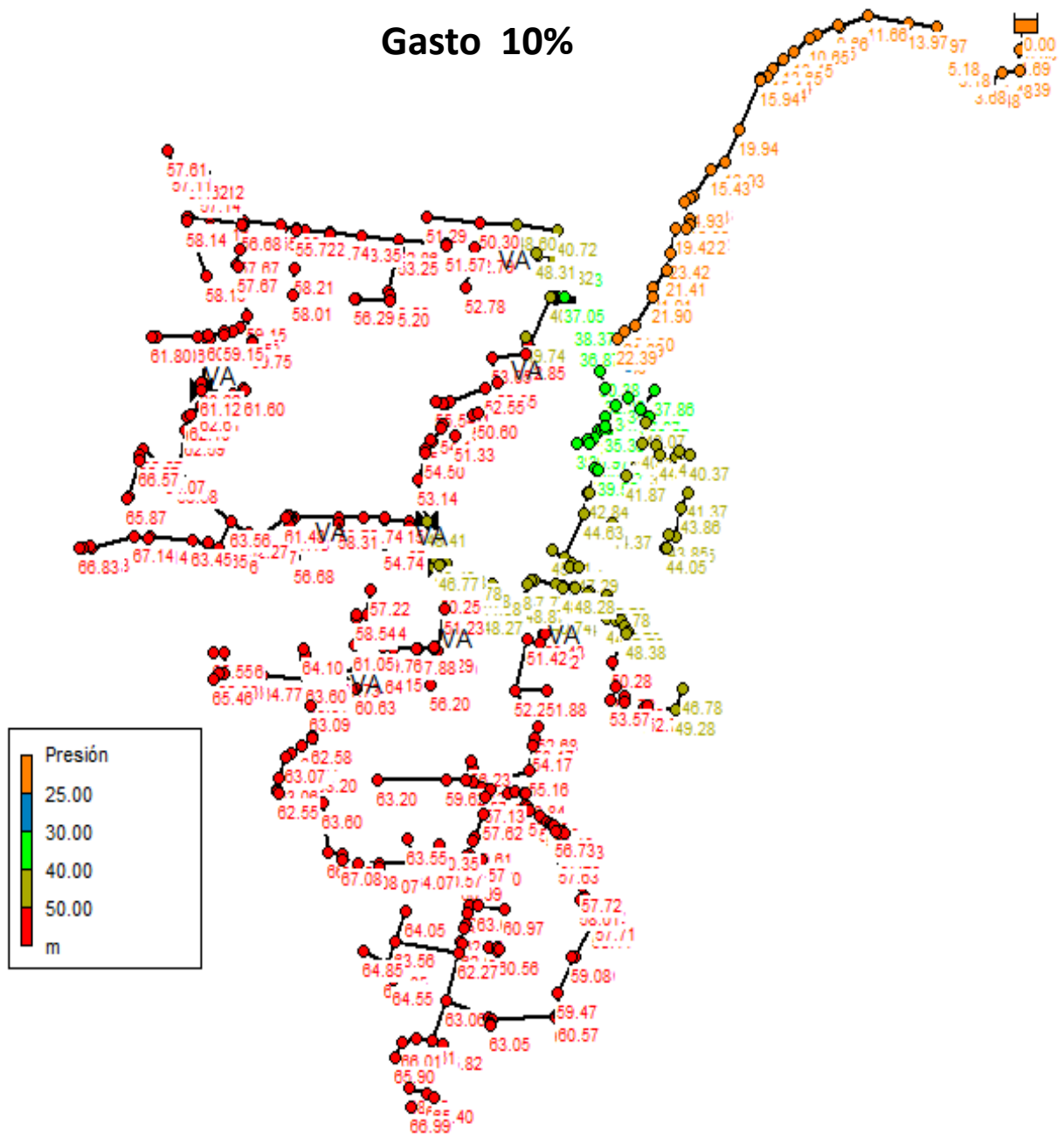
Como resultados de la modelación se obtuvo que las tomas granja cuentan con la presión mínima de 25 metros, también se puede observar que al variar el gasto a partir del 70% del gasto de diseño en las partes más bajas la presión supera los 50 m.c.a., presión límite que soporta la tubería de PVC como se muestra en la Figura 30 y Figura 31, para solucionar el problema se colocaron válvulas regulación la presión en puntos estratégicos, ver Figura 32,

Figura 33, Figura 34, Figura 35, Figura 36 y Figura 37 y el análisis final de los resultados se observa en el Anexo 3.

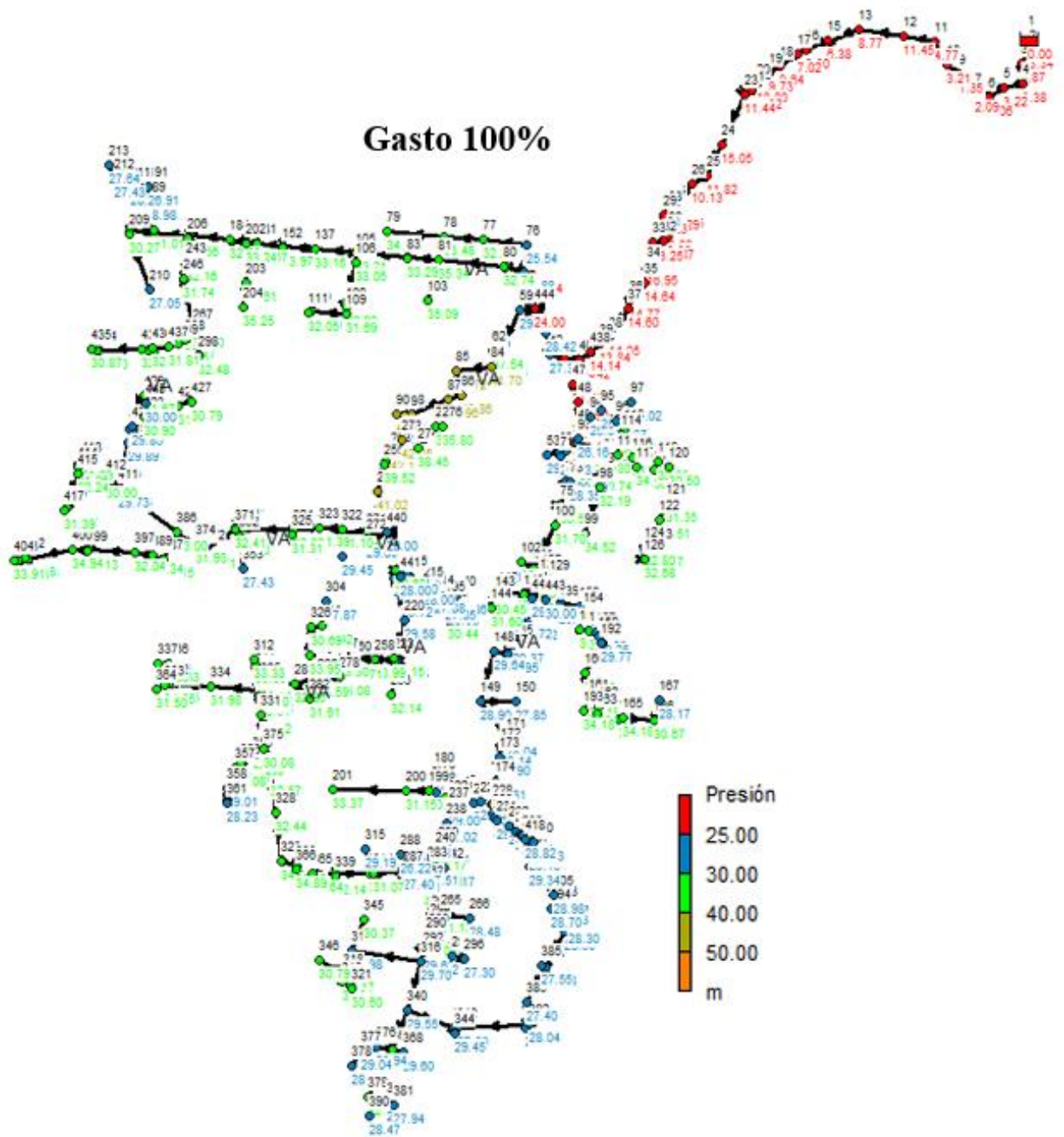


**Figura 30.** Modelación hidráulica con una demanda del 70% de gasto de diseño (Propuesta 2).

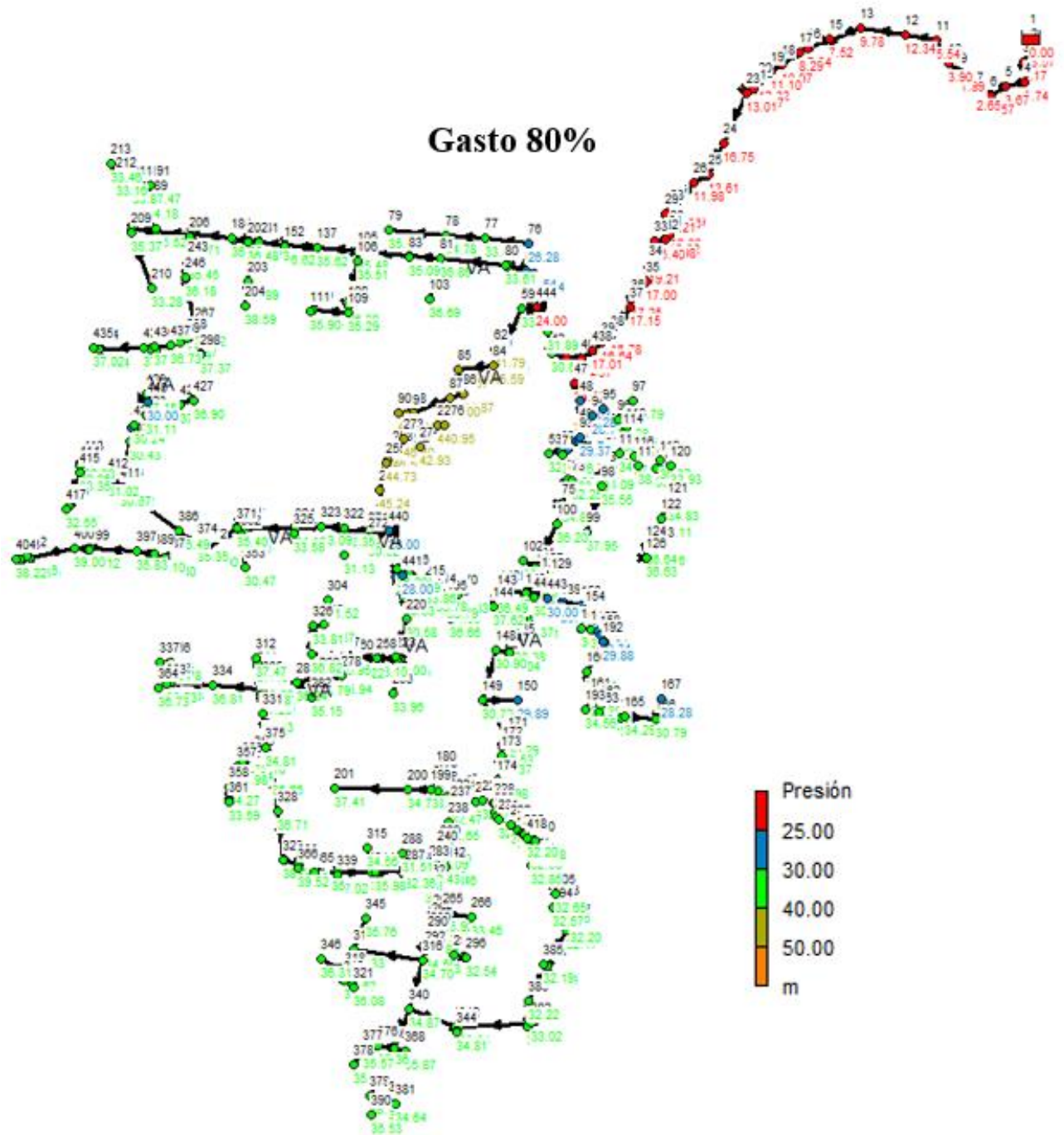




**Figura 31.** Modelación hidráulica con una demanda del 30% de gasto de diseño (Propuesta 2).

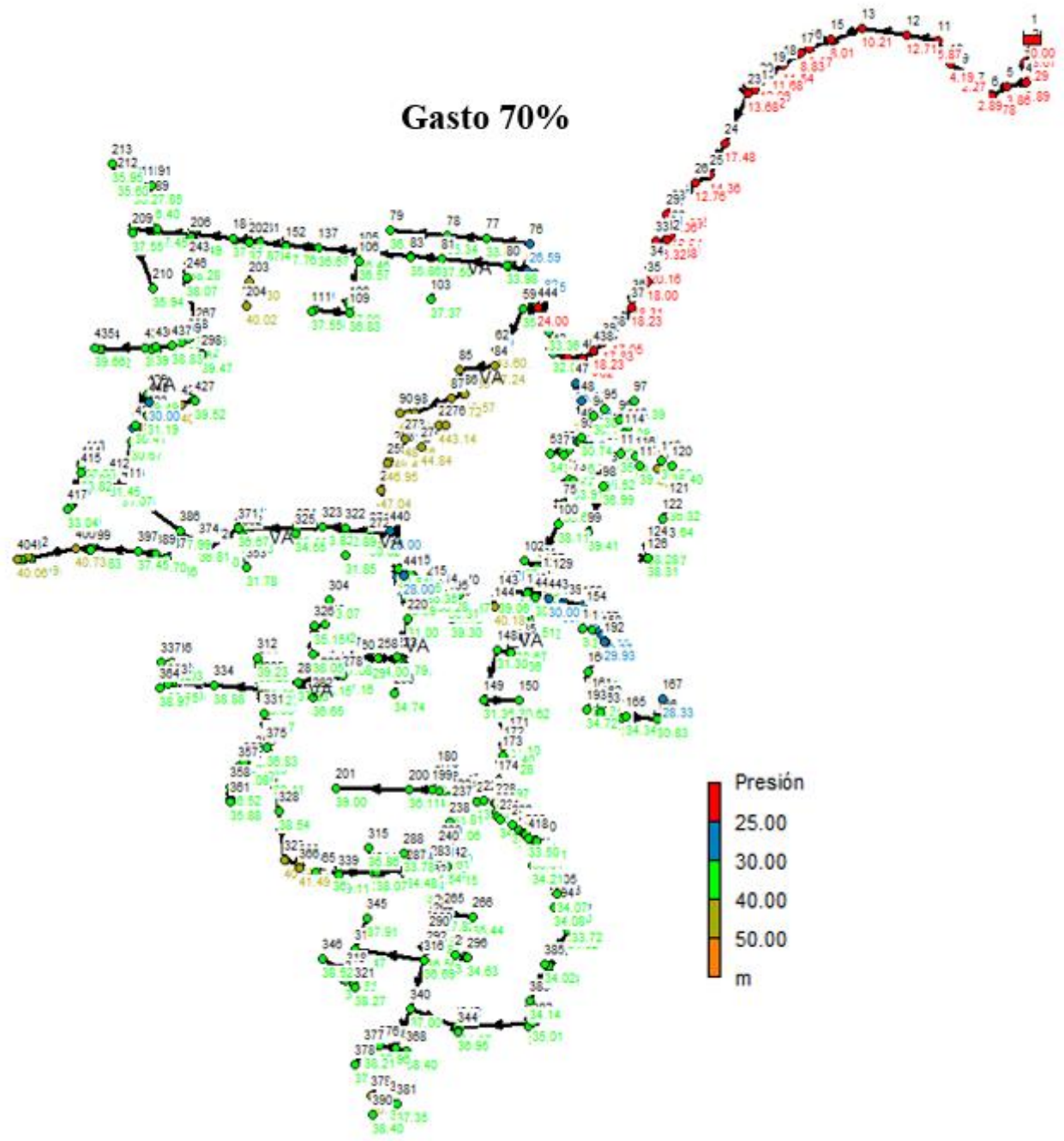


**Figura 32.** Modelación hidráulica con una demanda del 100% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).

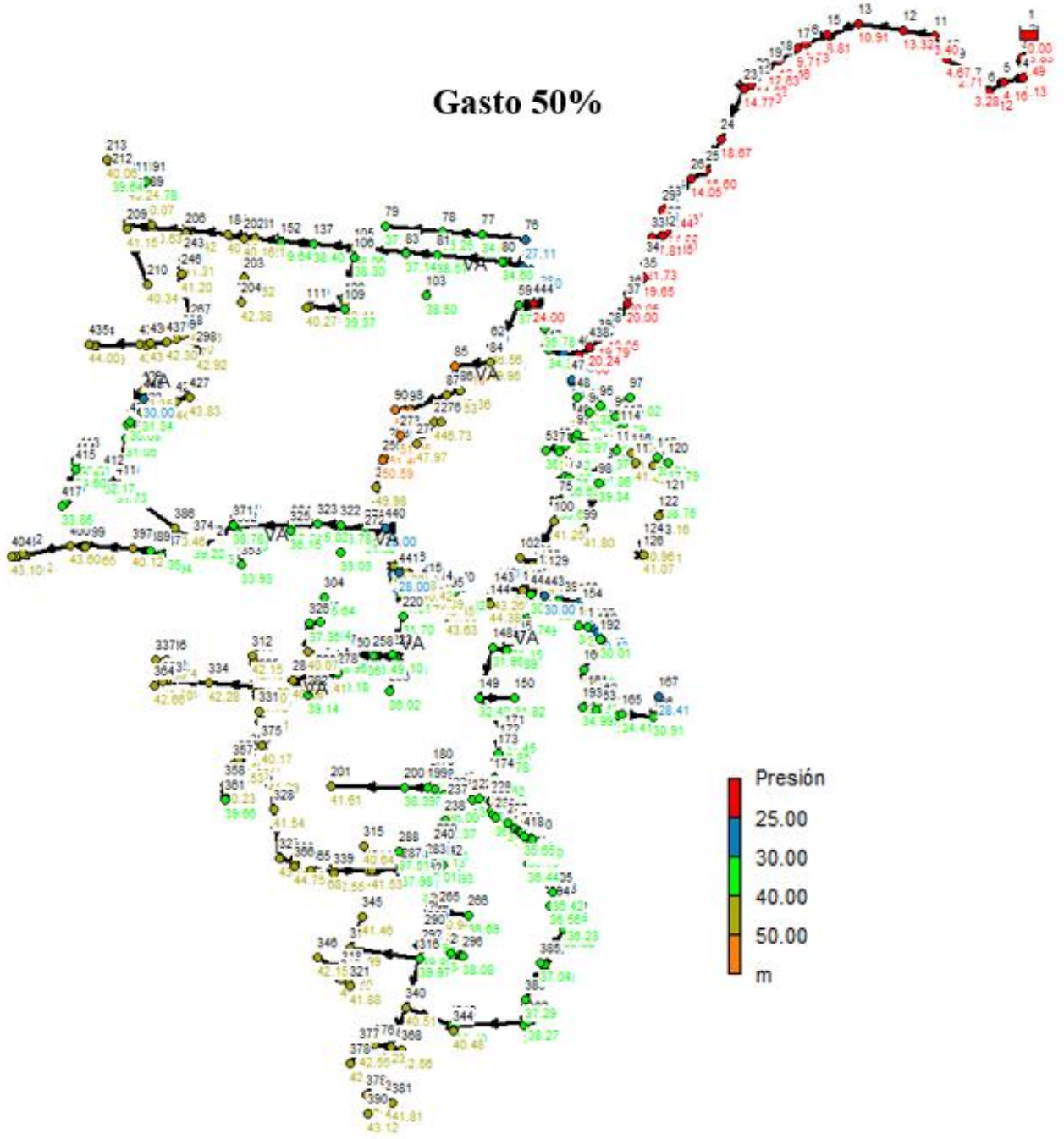


**Figura 33.** Modelación hidráulica con una demanda del 80% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).

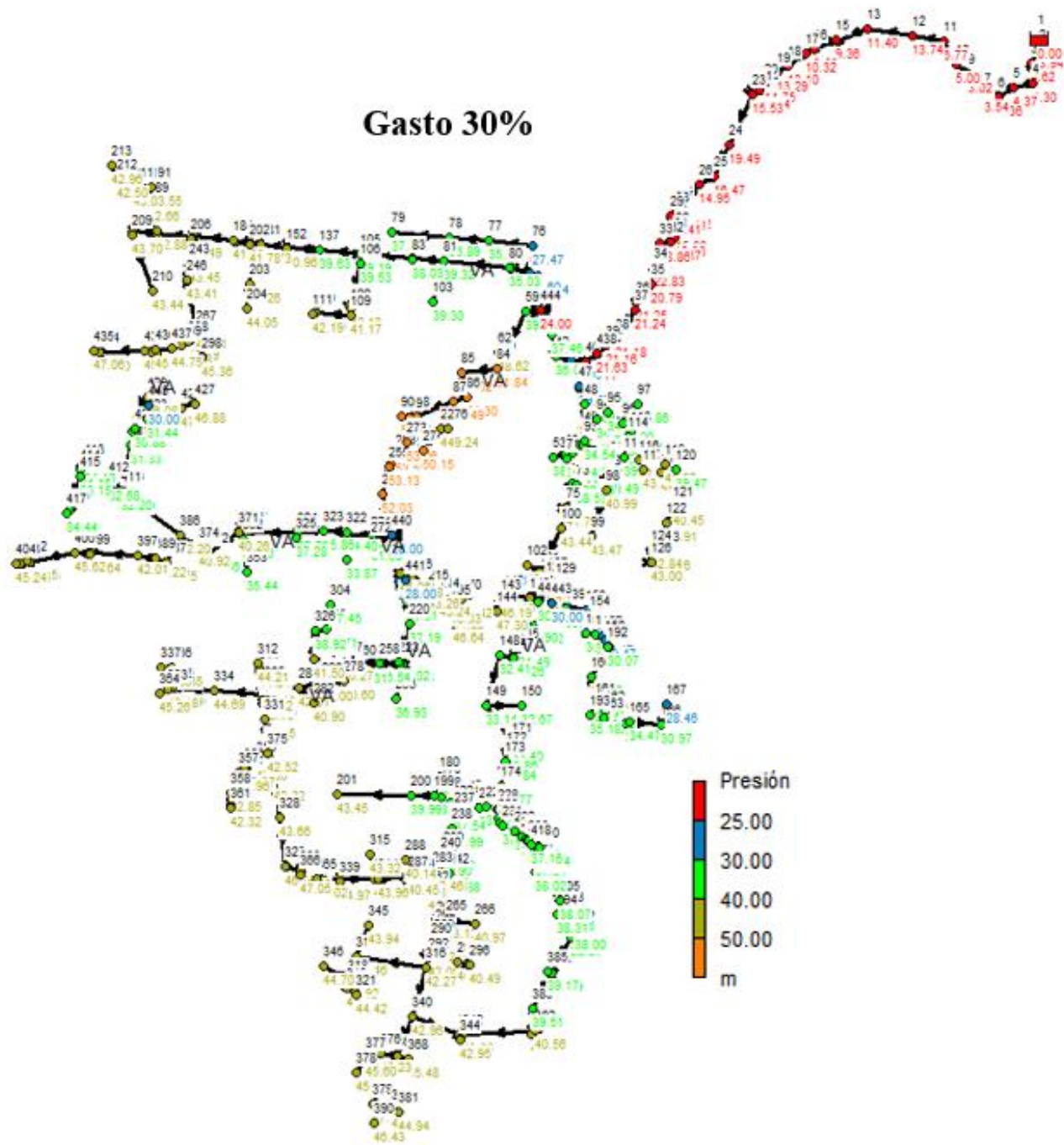




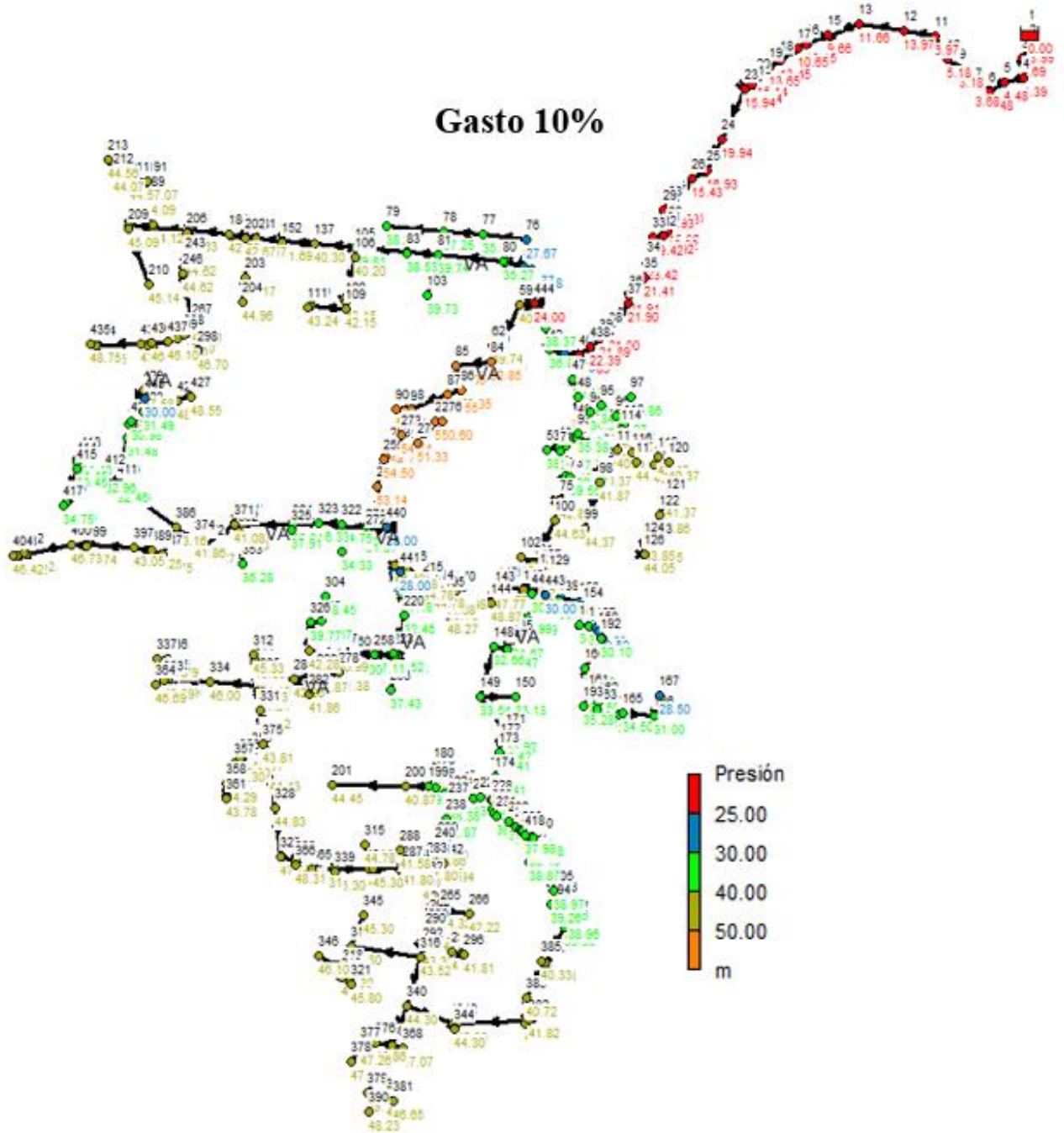
**Figura 34.** Modelación hidráulica con una demanda del 70% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).



**Figura 35.** Modelación hidráulica con una demanda del 50% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).



**Figura 36.** Modelación hidráulica con una demanda del 30% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).



**Figura 37.** Modelación hidráulica con una demanda del 10% de gasto de diseño y válvulas reguladoras (Propuesta 2).

## b) Costo de la Obra de Toma y Red de conducción (Propuesta 2)

### Costos de inversión

Finalmente se calcularon los costos de inversión, operación y mantenimiento de la propuesta 2, los costos de inversión están basados en cotizaciones del año 2014.

En el Cuadro 24 se presenta un resumen de los costos obtenidos de los equipos de bombeo.

**Cuadro 24.** Costos de inversión (Propuesta 2)

Concepto	Unidad	Costo/ Sistema de bombeo	Cantidad	Importe
Obra de toma	lote	\$ 4,837,981.74	1	\$ 4,837,981.74
Movimiento de tierras	lote	\$ 3,926,706.60	1	\$ 3,926,706.60
Suministro de tubería de PRV	m	\$ 11,832.47	4730	\$50,967,598.61
Suministro de conexiones	lote	\$ 4,707,875.46	1	\$ 4,707,875.46
Suministro de válvulas de control	lote	\$ 2,868,536.50	1	\$ 2,868,536.50
Instalación de tubería (incluye accesorios)	m	\$ 946.60	4730	\$ 4,477,407.89
Cruces	lote	\$ 3,904,560.00	1	\$ 3,904,560.00
<b>Subtotal</b>				<b>\$75,690,666.79</b>

### Costos de operación

#### *Cálculo de costos por operador*

Cálculo de costos por operador con la expresión (17), considerando un sueldo diario de \$160.00, según información obtenida de la zona.

$$C_o = 160 * (365 + 40)$$

$$C_o = \$64,800.00 \text{ año}^{-1}$$

Calculo de los costos de operación se realizó con la expresión (20). Se considera 1 operadores.

$$CO_B = (0) + (\$64,800.00 * 1) = \$64,800.00$$

### Costos de mantenimiento y reparación

Los costos de mantenimiento y reparación se estimaron en un % del costo de inversión de la obra civil, red de conducción y equipo mecánico, como se indica en el Cuadro 25.

**Cuadro 25.** Costos de mantenimiento y reparación (Propuesta 2)

Concepto	Costo/ Sistema de bombeo	% para Mantenimiento y Reparación	Importe
Obra de toma	\$ 4,837,981.74	4.0%	\$193,519.27
Suministro de tubería de PRV	\$50,967,598.61	1.5%	\$ 764,513.98
Suministro de válvulas de control	\$ 2,868,536.50	4.0%	\$ 114,741.46
<b>Total</b>			<b>\$ 1,072,774.71</b>

Finalmente se tiene el resumen de costos en el Cuadro 26 de la (Propuesta 2).

**Cuadro 26.** Resumen de costos (Propuesta 2)

Concepto	Costo (\$)
Inversión (primer año)	\$75,690,666.79
Operación (anual)	\$64,800.00
Mantenimiento y Reparación (anual)	\$1,072,774.71

### 7.5.3. Análisis del volumen requerido anual incrementando la eficiencia de riego

#### Determinación del volumen requerido anual con sistemas de riego por goteo (100% de la superficie)

Para determinar el volumen anual requerido del patrón de cultivos regando con sistemas de riego por goteo se consideró una eficiencia de conducción del 98%; una eficiencia de distribución de un 98%; una eficiencia de aplicación de 93%; teniendo una eficiencia global de 89.3% y una superficie de 3,175.82 hectáreas. El resultado final se obtuvo que se requiere un volumen bruto anual de 26.35 millones de m<sup>3</sup>, como se muestra en el Cuadro



27.

**Cuadro 27.** Volumen anual requerido con riego por goteo en un 100% de la superficie.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Requerimiento de Riego Bruto</b>												
mm/día	3.13	4.37	5.15	4.80	5.70	4.07	1.63	0.81	0.75	1.22	1.58	2.02
<b>Superficie regada</b>												
%	100	100	100	84	55	55	55	55	30	55	71	100
<b>Volumen requerido bruto</b>												
millones m <sup>3</sup>	3.09	3.88	5.07	3.84	3.09	2.13	0.88	0.44	0.21	0.66	1.07	1.98

Se puede observar que el ahorro anual en agua implementado sistemas de riego a nivel parcela con las condiciones actuales y regando el 100% de la superficie con goteo es de 6.86 millones de m<sup>3</sup>, ver Cuadro 28, con dicho volumen se podría regar alrededor de 800 ha de riego o ser destinar el agua a otro sector.

**Cuadro 28.** Ahorro de volumen anual requerido.

Condición	Superficie (ha)	Eficiencia Global (%)	Volumen de anual (millones de m <sup>3</sup> )
Implementando sistemas de riego a nivel parcelas bajo las condiciones actuales	3,175.82	70.86	33.21
Implementando sistemas de riego por goteo a nivel parcelas en un 100%	3,175.82	89.30	26.35
Ahorro			6.86

## 7.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Con los resultados obtenidos de las propuestas de solución se obtuvieron los siguientes costos Cuadro 29 y Cuadro 30.

**Cuadro 29.** Costo Total de la Propuesta 1

Concepto	Costo (\$)
Inversión (primer año)	\$ 45,113,604.00
Operación (anual)	\$ 2,168,019.41
Mantenimiento y Reparación (anual)	\$ 2,288,544.16

**Cuadro 30.** Costo Total de la Propuesta 2

<b>Concepto</b>	<b>Costo (\$)</b>
Inversión (primer año)	\$ 75,690,666.79
Operación (anual)	\$ 64,800.00
Mantenimiento y Reparación (anual)	\$ 1,072,774.71

El resultado del análisis económico se presenta en el Cuadro 31, el Cuadro 32 y el Cuadro 33.

**Cuadro 31.** Cálculo del VPC para la propuesta 1

<b>AÑO</b>	<b>Inversión inicial</b>	<b>Costos de operación (miles \$)</b>	<b>Costos de mantenimiento y reparaciones (miles \$)</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>VPC</b>
0	\$45,113,604.00	-	-	45,113,604.00	45,113,604.00
1		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	4,051,421.43
2		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	3,683,110.39
3		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	3,348,282.17
4		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	3,043,892.88
5		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	2,767,175.35
6		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	2,515,613.95
7		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	2,286,921.78
8		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	2,079,019.80
9		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	1,890,018.00
10		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	1,718,198.18
11		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	1,561,998.34
12		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	1,419,998.49
13		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	1,290,907.72
14		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	1,173,552.47
15		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	1,066,865.89
16		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	969,878.08
17		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	881,707.34
18		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	801,552.13
19		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	728,683.76
20		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	662,439.78
21		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	602,217.98
22		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	547,470.89
23		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	497,700.81
24		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	452,455.28
25		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	411,322.98
26		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	373,929.98



AÑO	Inversión inicial	Costos de operación (miles \$)	Costos de mantenimiento y reparaciones (miles \$)	COSTO TOTAL	VPC
27		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	339,936.35
28		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	309,033.05
29		\$2,168,019.41	\$2,288,544.16	4,456,563.57	280,939.13

Con las expresiones (17) se calculó el Valor Presente Neto (VPC)

$$VPC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} = \$86,869,848.38$$

Con las expresiones (16) se calculó el Costo Anual Equivalente (CAE)

$$CAE = VPC \left[ \frac{r(1+r)^m}{(1+r)^m - 1} \right] = \$86,869,848.38 \left[ \frac{0.1(1+0.1)^{30}}{(1+0.1)^{30} - 1} \right] = \$9,215,088.21$$

**Cuadro 32.** Cálculo del VPC para la propuesta 2

AÑO	Inversión inicial	Costos de operación (miles \$)	Costos de mantenimiento y reparaciones (miles \$)	COSTO TOTAL	VPC
0	\$75,690,666.79	-	-	75,690,666.79	75,690,666.79
1		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	1,034,158.83
2		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	940,144.39
3		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	854,676.72
4		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	776,978.83
5		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	706,344.39
6		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	642,131.27
7		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	583,755.70
8		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	530,687.00
9		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	482,442.72
10		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	438,584.30
11		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	398,713.00
12		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	362,466.36
13		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	329,514.87
14		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	299,558.97
15		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	272,326.34
16		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	247,569.40
17		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	225,063.09
18		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	204,602.81
19		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	186,002.56
20		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	169,093.23
21		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	153,721.12

AÑO	Inversión inicial	Costos de operación (miles \$)	Costos de mantenimiento y reparaciones (miles \$)	COSTO TOTAL	VPC
22		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	139,746.47
23		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	127,042.25
24		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	115,492.95
25		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	104,993.59
26		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	95,448.72
27		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	86,771.56
28		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	78,883.24
29		\$64,800.00	\$1,072,774.71	1,137,574.71	71,712.04

Con las expresiones (17) se calculó el Valor Presente Neto (VPC)

$$VPC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} = \$86,349,293.51$$

Con las expresiones (16) se calculó el Costo Anual Equivalente (CAE)

$$CAE = VPC \left[ \frac{r(1+r)^m}{(1+r)^m - 1} \right] = \$86,349,293.51 \left[ \frac{0.1(1+0.1)^{30}}{(1+0.1)^{30} - 1} \right] = \$9,159,868.14$$

Los resultados del cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE) para ambas propuestas se muestra en el Cuadro 33. Finalmente la propuesta 2 de acuerdo al CAE es la más viable por valor es menor.

**Cuadro 33.** Resumen del cálculo del CAE

<i>Indicador</i>	<i>Propuesta 1</i>	<i>Propuesta 2</i>
<b>VPC</b>	\$ 86,869,484.38	\$ 86,349,293.51
<b>CAE</b>	\$ 9,215,088.21	<b>\$ 9,159,868.14</b>

## **7.7. ELABORACION DE MAPAS DE UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO**

### **1. Superficie de riego beneficiada**

Se generó un mapa con la superficie beneficiada con la tecnificación de riego, contiene los linderos de las parcelas y la superficie en hectáreas por cada polígono.

En el mapa de presiones disponible se pudo observar las presiones para cada parcela con la infraestructura existente para una demanda del patrón de cultivos para el mes más crítico del año, Los mapas se encuentran en el Anexo 4.

### **2. Infraestructura de riego tecnificado de la Zona de Riego**

Se generó los mapas de la tubería y estructuras que componen la red de conducción del Sistema de riego existente actualmente, como son las obras de toma, tuberías, tomas granja, Los mapas se encuentran en el Anexo 4.

### **3. Análisis de propuestas para incrementar la eficiencia de riego**

Se generó los mapas de las propuestas de solución para incrementar las presiones en la tomas granjas ubicando las bombas en la tomas necesarias para la propuesta 1 y la ubicación de la obra de toma, tubería adicional y válvulas reguladoras de presión para la propuesta 2. Los mapas se encuentran en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el uso del Software WCADI con el diseño hidráulico realizado para tecnificar a nivel parcela con un sistema de riego por goteo con una eficiencia global del 89.3%, se obtuvo que se requiere al menos 25 metros de columna de agua ( $2.5 \text{ kg/cm}^2$ ) en cada toma granja.

Mediante el uso del Software EPANET los resultados obtenidos del análisis de la red de conducción se determinaron que con el sistema existente que comprende solo la red de conducción principal hasta nivel toma granja, se puede tecnificar a nivel parcela el 31.35% de la superficie de riego (995.67 ha) con un sistema de riego por goteo y el 68.65% (2,180.15 ha) con un sistema de riego de baja presión, con una eficiencia global del 70.86%.

Para mejorar la eficiencia de riego se proponen dos propuestas para incrementar la presión en las tomas granja con presión inferior a los  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  y poder regar a nivel parcela con un sistema de riego por goteo. La propuesta 1 que requiere la implementación de 80 bombes localizados y la propuesta 2 que requiere ubicar la obra de toma en una cota más alta (1826 msnm), incrementado la longitud de tubería en 4,200 metros y proponiendo módulos de regulación de presión. La modelación hidráulica con el software EPANET dio resultados positivos en ambas propuestas aun modelando el sistema con variaciones de gasto. Técnicamente las dos propuestas son factibles.

En el análisis económico resulto la propuesta 1 ser la más económica con un costo de inversión de \$ 45,113,604.00 en comparación con la propuesta 2 con un costo de inversión \$ 75,690,666.79, al realizar el análisis con el indicador Costo Anual Equivalente (CAE), la propuesta 2 resulto ser la más viable dado que los costos de operación y mantenimiento resultan ser más bajos durante la vida útil del sistema.

Al realizar una adecuación a la red de conducción principal para incrementar las presiones y regar en su totalidad el 100% de superficie con un sistema de riego localizado para mejorar la eficiencia, se tiene un ahorro anual de 6.86 millones de  $\text{m}^3$ . Con dicho volumen se podría regar alrededor de 800 ha de riego o ser destinado a otro sector.

Con el estudio y análisis de los procedimientos para la obtención de los resultados de los

cálculos de las variables necesarias para redes de conducción, mediante aplicación de modelos informáticos, se demostró que procesando gran información simplifica el trabajo y nos brinda la oportunidad del análisis de varios escenarios partiendo de la misma información generada, sin estos modelos, la obtención de la solución de grandes redes sería extremadamente laboriosa incluso inviable.

En el análisis de redes ya en funcionamiento como en el de nueva implementación, se recomienda la aplicación de modelos informáticos, debido a que en algunas de ellas tenemos necesidades crecientes, cambios o modificaciones, que necesitan ser analizadas para el funcionamiento óptimo de la red. Incluso recomienda la implementación de los modelos, principalmente en sistemas grandes para la simulación hidráulica de la operación real del sistema, dado que durante el funcionamiento pueden surgir complicaciones tales como: roturas de tuberías, fallas o robos de válvulas y mecanismos, donde el sistema se tenga que operar bajo condiciones distintas del que fue diseñado originalmente, y se deba cuidar que la operación sea lo más eficiente y que no ponga en riesgo el suministro de agua a los cultivos y la infraestructura del sistema.

## 9. LITERATURA CITADA

Ángeles M. V, 2000. Diseño Agronómico de sistemas de Riego Presurizado, Universidad Autónoma Chapingo, 1era Edición, Texcoco Estado de México

Aronoff, Stan. 1989. Geographic Information Systems. A Management Perspective. WDL Publications. Ottawa, Canada.

Arteaga, T. E, 1993. Hidráulica Elemental, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Irrigación, Texcoco, Estado de México.

Campos, J.; Serebrisky,; T. Suarez, A. A, 2016. Tasa de Descuento Social y Evaluación de Proyectos, Banco Internacional de Desarrollo, Washington, D.C.

Cantú M, A, y Garduño, H. V. 2004. Administración de derechos de agua. De regularización a eje de gestión de los recursos hídricos. En: El agua en México vista desde la academia. Jiménez B. Y Marín L. Editores. Academia Mexicana de Ciencias. México.

CONAGUA. 2011. Estadísticas del Agua en México. Edición 2011. SEMARNAT. México, D.F.

Franco, R. J, 1999. Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad de Extremadura Servicio, Editorial Cáceres, Extremadura, España.

Georgescu, A. M.; Cosoui, C.I.; Perju, C.; Georgescu, S. C.; Hasegan, L.; Anton A. Estimation of the efficiency for variable speed pumps in EPANET compared with experimental data. Elsevier Science, 2014. Bucharest.

De la Peña, T. I.; Llerena, V. F., 2001. Manual del uso y manejo del agua de riego, 3ra. Edición, Editorial Futura S.A., Texcoco, Estado de México.

De León, M. B.; Robles, R. B., 2007. Manual para diseño de obras de riego pequeñas, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2012. 27 de Abril. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, México, D.F.

ERRIC III. 2009. Extractor Rápido de Información Climatológica, Versión 2.0. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Morelos, México

Espinosa, E, B. 2014, Análisis técnico y económico del diseño de un sistema de riego a hidrante parcelario utilizando dos métodos, por turnos y con la técnica de clement, Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México.

FAO, 2005. Publicación Uso del Agua en la Agricultura. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm>

García, A. M. M., 2006. Modelación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas. Universidad Politécnica de Cartagena., Cartagena, España.

García, M. F. J., 2003. Curso básico de topografía (planimetría, agrimensura, altimetría). Editorial Pax México, Librería Carlos Cesarman S.A. México.

IMTA. 2007. Manual para Diseño de Zonas de Riego Pequeñas. 2da Edición, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México.

Martínez, E. R., 1991, Riego localizado diseño y evaluación, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Irrigación, Texcoco, Estado de México.

Rossman, L. (1999) EPANET Programmer's Toolkit para el Análisis de Sistemas de Distribución de Agua. WRPMD'99: págs. 1-10.

Rossman, L. A., 2002. Manual de Usuario para Epanet 2.0, Grupo IDMH, Departamento de Ingeniería Hidráulica, Universidad Politécnica de Valencia, España.

SARH. 1980. Proyectos de zona de riego. Subdirección de Grande Irrigación. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, DF.

Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP). 2012. Metodología para la Evaluación de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola. Secretaria de Hacienda y Crédito Público, México, D.F.

SHCP, 2014, Oficio No. 400.1.410.14.009 con fecha de 13 de Enero., Secretaria de Hacienda y Crédito Público, México, D.F.

Tun, D. J.; Ramírez, J. G.; Sánchez, C. L. y Cano, G. A., 2011. Diagnóstico y evaluación de sistemas de riego en el Distrito 048 Ticul, Yucatán. Revista Mexicana de ciencias agrícolas, Yucatán.

Yescas, D. S., 2013. Diseño de un Sistema de Riego a través del Programa Wcadi y comparación de resultados con el diseño manual del mismo, Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México

Valenzuela A. A., 1997. Estudio comparativo de eficiencias de riego en California (USA) y Valle Central de Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Riego y Drenaje, Chile.

Villafáfila, D. J; Wyss, F., 2009. Riego en horticultura. Guía para la instalación de pequeños sistemas de riego. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Jiutepec, Morelos.

## 10.ANEXOS

**Anexo 1.** Resultados del análisis hidráulico de la Zona de Riego con las condiciones actuales.

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A23	1810.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
A24	1806.5	4.11	4.24	4.30	4.39	4.46	4.49	4.50
A25	1809.5	0.88	1.09	1.18	1.33	1.43	1.49	1.50
A26	1808.0	2.19	2.47	2.58	2.78	2.91	2.99	3.00
A27	1807.5	2.41	2.78	2.98	3.20	3.38	3.48	3.50
A28	1807.5	2.35	2.74	2.91	3.18	3.38	3.48	3.50
A29	1808.5	1.28	1.70	1.88	2.17	2.37	2.48	2.50
A30	1807.5	2.05	2.55	2.76	3.10	3.35	3.48	3.50
A31	1807.5	1.99	2.50	2.72	3.09	3.34	3.48	3.50
A32	1806.5	2.39	3.47	3.68	4.07	4.34	4.48	4.50
A33	1807.0	2.31	2.89	3.13	3.54	3.82	3.98	4.00
A34	1803.0	6.01	6.69	6.98	7.46	7.79	7.97	8.00
A35	1805.0	3.70	4.49	4.82	5.37	5.76	5.97	6.00
A36	1804.5	3.83	4.74	5.13	5.77	6.22	6.46	6.50
A37	1804.5	3.66	4.63	5.05	5.73	6.20	6.46	6.50
A38	1804.5	3.11	4.27	4.76	5.58	6.14	6.45	6.50
A39	1804.5	2.90	4.13	4.65	5.52	6.12	6.45	6.50
A40	1802.5	4.48	5.85	6.44	7.40	8.08	8.45	8.50
A41	1798.6	7.54	9.21	9.92	11.09	11.90	12.34	12.40
A42	1789.5	16.42	18.16	18.90	20.12	20.97	21.43	21.50
A43	1788.0	17.49	19.38	20.18	21.51	22.43	22.93	23.00
A44	1789.3	15.81	17.83	18.69	20.10	21.09	21.62	21.70
A45	1789.1	15.58	17.76	18.68	20.19	21.25	21.82	21.90
A46	1789.0	15.58	17.79	18.73	20.27	21.34	21.92	22.00
A47	1796.0	10.54	12.07	12.72	13.79	14.54	14.94	15.00
A48	1793.5	12.96	14.51	15.18	16.27	17.03	17.44	17.50
A49	1793.0	13.34	14.94	15.62	16.73	17.51	17.94	18.00
A50	1793.5	12.78	14.39	15.08	16.22	17.01	17.44	17.50
A51	1791.0	14.83	16.60	17.36	18.60	19.46	19.93	20.00
A52	1790.0	15.46	17.36	18.17	19.50	20.42	20.93	21.00
A53	1787.0	18.44	20.34	21.16	22.49	23.42	23.93	24.00
A54	1787.0	16.86	19.31	20.35	22.06	23.26	23.90	24.00
A55	1787.0	16.72	19.21	20.28	22.02	23.24	23.90	24.00
A56	1783.5	19.79	22.43	23.55	25.40	26.70	27.40	27.50



Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A57	1778.5	24.25	27.07	28.28	30.25	31.64	32.39	32.50
A58	1778.7	23.98	26.83	28.04	30.03	31.43	32.19	32.30
A59	1785.6	19.01	21.21	22.14	23.67	24.74	25.32	25.40
A60	1775.7	28.60	30.90	31.88	33.49	34.61	35.21	35.30
A61	1775.7	27.89	30.43	31.52	33.29	34.53	35.20	35.30
A62	1776.6	26.58	29.27	30.41	32.28	33.59	34.30	34.40
A63	1793.0	13.27	14.89	15.58	16.71	17.51	17.94	18.00
A64	1789.5	16.68	18.33	19.04	20.19	21.00	21.44	21.50
A65	1787.0	19.09	20.77	21.49	22.66	23.49	23.93	24.00
A66	1786.5	19.56	21.25	21.97	23.16	23.99	24.43	24.50
A67	1786.0	19.94	21.68	22.41	23.62	24.47	24.93	25.00
A68	1786.0	19.79	21.57	22.33	23.58	24.46	24.93	25.00
A69	1785.9	19.85	21.65	22.41	23.67	24.55	25.03	25.10
A70	1787.0	18.74	20.54	21.31	22.57	23.45	23.93	24.00
A71	1789.4	15.87	17.84	18.67	20.04	21.00	21.52	21.60
A72	1787.5	16.88	19.14	20.11	21.70	22.81	23.41	23.50
A73	1786.8	17.37	19.71	20.71	22.34	23.49	24.11	24.20
A74	1782.5	20.60	23.31	24.46	26.35	27.68	28.39	28.50
A75	1783.5	19.52	22.25	23.42	25.33	26.67	27.39	27.50
A76	1785.6	17.44	20.17	21.33	23.24	24.57	25.29	25.40
A77	1777.7	24.17	27.29	28.62	30.81	32.34	33.18	33.30
A78	1776.0	25.39	28.67	30.07	32.38	33.99	34.87	35.00
A79	1775.0	26.03	29.44	30.89	33.28	34.95	35.87	36.00
A80	1778.0	24.68	27.53	28.74	30.74	32.13	32.89	33.00
A81	1773.5	27.40	30.85	32.32	34.74	36.44	37.36	37.50
A82	1774.7	25.46	29.16	30.74	33.34	35.16	36.15	36.30
A83	1774.7	25.40	29.12	30.71	33.32	35.15	36.15	36.30
A84	1773.5	30.75	33.07	34.06	35.67	36.80	37.41	37.50
A85	1773.3	30.76	33.14	34.16	35.82	36.98	37.61	37.70
A86	1774.0	29.90	32.34	33.38	35.08	36.27	36.91	37.00
A87	1773.8	29.99	32.47	33.52	35.25	36.46	37.11	37.20
A88	1771.0	32.61	35.15	36.23	38.00	39.24	39.90	40.00
A89	1771.0	32.48	35.06	36.16	37.96	39.22	39.90	40.00
A90	1770.8	32.54	35.17	36.29	38.12	39.41	40.10	40.20
A91	1793.2	13.07	14.69	15.38	16.51	17.31	17.74	17.80
A92	1790.5	15.74	17.37	18.07	19.21	20.00	20.44	20.50
A93	1791.0	15.21	16.85	17.55	18.70	19.50	19.94	20.00
A94	1791.5	14.59	16.27	16.99	18.16	18.99	19.43	19.50
A95	1791.5	14.52	16.22	16.95	18.14	18.98	19.43	19.50

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A96	1788.5	17.42	19.16	19.90	21.12	21.97	22.43	22.50
A97	1788.5	16.07	18.27	19.20	20.74	21.83	22.41	22.50
A98	1784.5	21.24	23.04	23.81	25.07	25.95	26.43	26.50
A99	1782.0	23.57	25.43	26.22	27.52	28.43	28.93	29.00
A100	1781.7	20.70	23.64	24.90	26.96	28.40	29.19	29.30
A101	1779.5	21.25	24.75	26.25	28.70	30.43	31.36	31.50
A102	1781.0	19.74	23.25	24.74	27.20	28.93	29.86	30.00
A103	1773.5	27.15	30.68	32.19	34.67	36.41	37.36	37.50
A104	1773.5	25.55	29.63	31.37	34.23	36.24	37.34	37.50
A105	1773.4	25.40	29.57	31.34	34.26	36.32	37.43	37.60
A106	1773.0	25.24	29.59	31.45	34.51	36.66	37.83	38.00
A107	1771.0	24.26	29.62	31.91	35.68	38.33	39.79	40.00
A108	1770.0	25.01	30.46	32.78	36.61	39.31	40.78	41.00
A109	1771.0	23.88	29.37	31.72	35.58	38.29	39.78	40.00
A110	1770.0	24.19	29.92	32.36	36.39	39.22	40.77	41.00
A111	1769.9	24.24	29.98	32.43	36.47	39.32	40.87	41.10
A112	1772.2	31.29	33.87	34.97	36.77	38.02	38.70	38.80
A113	1786.8	19.09	20.84	21.59	22.81	23.67	24.13	24.20
A114	1786.3	19.57	21.33	22.07	23.30	24.16	24.63	24.70
A115	1786.0	19.82	21.59	22.35	23.59	24.46	24.93	25.00
A116	1783.0	22.76	24.55	25.32	26.57	27.45	27.93	28.00
A117	1782.0	23.71	25.52	26.29	27.56	28.45	28.93	29.00
A118	1780.5	25.14	26.97	27.75	29.04	29.94	30.43	30.50
A119	1783.9	21.70	23.55	24.34	25.63	26.54	27.03	27.10
A120	1786.0	19.55	21.41	22.21	23.52	24.43	24.93	25.00
A121	1785.0	20.40	22.32	23.13	24.47	25.41	25.93	26.00
A122	1782.5	22.56	24.59	25.46	26.88	27.88	28.42	28.50
A123	1782.9	21.62	23.84	24.78	26.33	27.42	28.01	28.10
A124	1782.5	21.85	24.12	25.09	26.68	27.80	28.41	28.50
A125	1782.0	22.09	24.45	25.46	27.11	28.27	28.91	29.00
A126	1782.3	21.73	24.11	25.13	26.80	27.97	28.61	28.70
A127	1779.0	21.45	25.06	26.59	29.12	30.89	31.86	32.00
A128	1778.5	21.70	25.39	26.97	29.56	31.37	32.36	32.50
A129	1779.0	20.77	24.62	26.25	28.94	30.83	31.85	32.00
A130	1778.0	20.95	25.07	26.83	29.72	31.74	32.84	33.00
A131	1777.5	20.20	24.77	26.71	29.90	32.13	33.33	33.50
A132	1776.5	20.40	25.24	27.30	30.68	33.04	34.31	34.50
A133	1776.5	20.19	25.10	27.19	30.62	33.02	34.31	34.50
A134	1775.9	19.83	25.07	27.30	30.96	33.52	34.90	35.10

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A135	1775.8	19.81	25.09	27.34	31.03	33.60	35.00	35.20
A136	1773.0	25.37	29.68	31.51	34.54	36.67	37.83	38.00
A137	1772.9	25.41	29.74	31.58	34.62	36.76	37.93	38.10
A138	1778.0	20.88	25.03	26.80	29.70	31.73	32.84	33.00
A139	1777.9	20.84	25.04	26.83	29.76	31.82	32.94	33.10
A140	1778.5	19.24	23.80	25.74	28.91	31.13	32.33	32.50
A141	1778.5	19.34	23.87	25.79	28.94	31.14	32.33	32.50
A142	1778.5	19.36	23.88	25.80	28.95	31.14	32.33	32.50
A143	1778.5	19.39	23.90	25.82	28.96	31.15	32.33	32.50
A144	1777.4	20.54	25.03	26.94	30.07	32.25	33.43	33.60
A145	1780.5	17.65	22.07	23.95	27.03	29.18	30.33	30.50
A146	1778.0	19.41	24.08	26.07	29.33	31.60	32.82	33.00
A147	1775.0	20.38	25.74	28.02	31.76	34.38	35.79	36.00
A148	1774.8	20.04	25.59	27.95	31.82	34.52	35.99	36.20
A149	1773.9	19.24	25.37	27.97	32.25	35.24	36.86	37.10
A150	1774.3	18.19	24.53	27.23	31.67	34.77	36.45	36.70
A151	1771.5	26.36	30.84	32.75	35.90	38.11	39.32	39.50
A152	1771.5	26.26	30.77	32.70	35.87	38.10	39.32	39.50
A153	1778.5	20.32	24.49	26.27	29.19	31.23	32.34	32.50
A154	1778.5	20.30	24.48	26.26	29.18	31.23	32.34	32.50
A155	1777.5	21.25	25.44	27.23	30.17	32.22	33.34	33.50
A156	1777.5	21.22	25.42	27.21	30.16	32.22	33.34	33.50
A157	1778.5	20.21	24.41	26.21	29.15	31.22	32.34	32.50
A158	1778.5	20.20	24.41	26.20	29.15	31.22	32.34	32.50
A159	1778.0	20.68	24.90	26.70	29.65	31.71	32.84	33.00
A160	1776.0	22.66	26.88	28.68	31.64	33.71	34.84	35.00
A161	1774.5	24.14	28.37	30.17	33.13	35.21	36.34	36.50
A162	1771.5	27.13	31.37	33.17	36.13	38.21	39.34	39.50
A163	1771.5	27.13	31.37	33.17	36.13	38.21	39.34	39.50
A164	1773.4	25.23	29.46	31.27	34.23	36.31	37.43	37.60
A165	1773.5	25.13	29.36	31.17	34.13	36.21	37.33	37.50
A166	1777.0	21.62	25.86	27.66	30.63	32.71	33.83	34.00
A167	1779.5	19.12	23.35	25.16	28.13	30.21	31.33	31.50
A168	1782.0	16.19	20.60	22.47	25.54	27.68	28.83	29.00
A169	1781.5	16.69	21.10	22.97	26.04	28.18	29.33	29.50
A170	1783.3	14.83	19.26	21.14	24.23	26.38	27.53	27.70
A171	1773.5	18.33	24.90	27.69	32.29	35.50	37.25	37.50
A172	1773.0	18.41	25.12	27.98	32.68	35.96	37.74	38.00
A173	1772.0	19.16	25.96	28.85	33.61	36.93	38.74	39.00

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A174	1771.0	19.55	26.55	29.54	34.44	37.87	39.73	40.00
A175	1769.0	20.46	27.83	30.97	36.14	39.75	41.71	42.00
A176	1769.2	20.13	27.55	30.71	35.90	39.54	41.51	41.80
A177	1769.4	19.83	27.28	30.45	35.67	39.33	41.31	41.60
A178	1769.5	19.42	26.98	30.20	35.49	39.19	41.21	41.50
A179	1770.0	18.67	26.31	29.57	34.92	38.67	40.70	41.00
A180	1769.9	18.64	26.33	29.60	34.98	38.75	40.80	41.10
A181	1770.6	26.07	30.95	33.04	36.47	38.89	40.20	40.40
A182	1770.5	25.70	30.75	32.90	36.44	38.94	40.30	40.50
A183	1770.5	25.17	30.39	32.62	36.30	38.88	40.29	40.50
A184	1770.4	25.10	30.38	32.64	36.35	38.96	40.39	40.60
A185	1769.5	24.55	30.33	32.79	36.85	39.71	41.27	41.50
A186	1770.0	23.88	29.71	32.20	36.31	39.19	40.77	41.00
A187	1769.0	23.97	30.11	32.73	37.05	40.09	41.75	42.00
A188	1769.0	23.70	29.93	32.59	36.98	40.06	41.75	42.00
A189	1769.0	21.67	28.59	31.55	36.42	39.85	41.72	42.00
A190	1769.0	20.75	27.99	31.07	36.16	39.75	41.71	42.00
A191	1769.0	20.60	27.88	31.00	36.12	39.73	41.71	42.00
A192	1777.9	20.72	24.96	26.76	29.73	31.81	32.93	33.10
A193	1772.7	25.13	29.64	31.56	34.71	36.92	38.12	38.30
A194	1781.8	16.44	20.83	22.70	25.76	27.89	29.03	29.20
A195	1781.4	16.83	21.22	23.09	26.15	28.29	29.43	29.60
A196	1769.1	20.03	27.51	30.70	35.95	39.62	41.61	41.90
A197	1768.5	20.21	27.85	31.10	36.44	40.18	42.20	42.50
A198	1768.7	19.79	27.50	30.78	36.18	39.95	42.00	42.30
A199	1768.0	20.31	28.08	31.39	36.83	40.63	42.70	43.00
A200	1766.5	21.33	29.26	32.64	38.19	42.08	44.19	44.50
A201	1762.9	23.55	31.95	35.53	41.41	45.53	47.77	48.10
A202	1770.5	25.69	30.73	32.89	36.44	38.93	40.30	40.50
A203	1768.0	28.05	33.15	35.32	38.90	41.42	42.80	43.00
A204	1768.2	27.70	32.84	35.04	38.66	41.20	42.59	42.80
A205	1770.0	23.85	29.70	32.19	36.30	39.19	40.77	41.00
A206	1769.5	24.26	30.13	32.64	36.77	39.68	41.26	41.50
A207	1768.5	22.92	29.59	32.44	37.13	40.43	42.23	42.50
A208	1768.2	23.05	29.78	32.65	37.38	40.71	42.53	42.80
A209	1768.0	22.96	29.79	32.70	37.50	40.88	42.73	43.00
A210	1767.9	19.75	27.69	31.09	36.68	40.62	42.78	43.10
A211	1768.5	20.96	28.29	31.42	36.58	40.22	42.20	42.50
A212	1769.0	20.13	27.57	30.75	35.99	39.68	41.70	42.00

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A213	1768.5	20.33	27.87	31.10	36.41	40.15	42.20	42.50
A214	1781.5	16.86	21.21	23.06	26.09	28.20	29.34	29.50
A215	1781.5	17.00	21.30	23.13	26.13	28.22	29.34	29.50
A216	1780.5	18.21	22.44	24.24	27.19	29.24	30.34	30.50
A217	1779.5	19.51	23.64	25.40	28.27	30.27	31.34	31.50
A218	1778.0	20.62	24.88	26.69	29.66	31.73	32.84	33.00
A219	1776.0	21.32	26.03	28.03	31.31	33.59	34.82	35.00
A220	1775.0	21.24	26.32	28.47	32.01	34.48	35.81	36.00
A221	1773.0	21.13	26.92	29.38	33.42	36.25	37.78	38.00
A222	1771.9	22.05	27.90	30.39	34.48	37.33	38.88	39.10
A223	1771.9	21.93	27.82	30.33	34.44	37.32	38.87	39.10
A224	1769.0	19.95	27.50	30.72	36.00	39.70	41.71	42.00
A225	1768.8	20.04	27.63	30.86	36.17	39.89	41.91	42.20
A226	1769.5	19.30	26.90	30.14	35.46	39.18	41.20	41.50
A227	1769.0	19.74	27.36	30.61	35.94	39.68	41.70	42.00
A228	1769.3	19.43	27.05	30.30	35.64	39.38	41.40	41.70
A229	1769.1	19.55	27.20	30.46	35.82	39.57	41.60	41.90
A230	1769.0	19.63	27.29	30.56	35.92	39.67	41.70	42.00
A231	1769.0	19.61	27.28	30.54	35.91	39.66	41.70	42.00
A232	1769.3	19.23	26.93	30.20	35.59	39.36	41.40	41.70
A233	1769.4	19.08	26.79	30.08	35.47	39.25	41.30	41.60
A234	1769.5	18.96	26.68	29.96	35.37	39.15	41.20	41.50
A235	1769.5	18.94	26.67	29.96	35.36	39.15	41.20	41.50
A236	1770.0	18.43	26.16	29.45	34.86	38.65	40.70	41.00
A237	1769.0	19.11	26.96	30.30	35.79	39.62	41.70	42.00
A238	1768.5	19.10	27.12	30.53	36.14	40.06	42.19	42.50
A239	1767.0	19.87	28.14	31.66	37.44	41.49	43.68	44.00
A240	1766.5	20.18	28.51	32.06	37.89	41.97	44.18	44.50
A241	1766.0	20.30	28.76	32.37	38.28	42.42	44.67	45.00
A242	1766.4	19.17	27.87	31.58	37.68	41.95	44.26	44.60
A243	1768.5	24.92	30.91	33.47	37.68	40.64	42.26	42.50
A244	1767.7	25.43	31.52	34.12	38.40	41.41	43.06	43.30
A245	1768.0	25.10	31.20	33.80	38.09	41.11	42.76	43.00
A246	1768.5	24.56	30.67	33.28	37.58	40.60	42.26	42.50
A247	1780.5	18.79	22.82	24.54	27.34	29.30	30.35	30.50
A248	1779.8	19.70	23.66	25.34	28.10	30.02	31.05	31.20
A249	1777.9	24.31	27.33	28.61	30.71	32.19	32.98	33.10
A250	1773.2	30.04	32.70	33.84	35.70	37.00	37.70	37.80
A251	1772.0	31.36	33.98	35.10	36.93	38.21	38.90	39.00

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A252	1772.1	31.31	33.91	35.02	36.84	38.11	38.80	38.90
A253	1771.6	31.19	34.01	35.21	37.18	38.55	39.29	39.40
A254	1771.7	28.80	32.40	33.93	36.44	38.21	39.16	39.30
A255	1771.8	28.54	32.19	33.75	36.30	38.09	39.06	39.20
A256	1770.0	23.91	29.77	32.27	36.36	39.23	40.77	41.00
A257	1770.5	22.68	28.79	31.39	35.66	38.65	40.26	40.50
A258	1770.3	22.82	28.95	31.56	35.85	38.84	40.46	40.70
A259	1768.5	23.61	30.08	32.84	37.37	40.53	42.25	42.50
A260	1768.4	23.60	30.11	32.89	37.44	40.62	42.35	42.60
A261	1765.6	20.58	29.08	32.70	38.65	42.81	45.07	45.40
A262	1765.1	20.05	28.91	32.69	38.88	43.21	45.56	45.90
A263	1763.8	20.58	29.70	33.59	39.97	44.43	46.85	47.20
A264	1763.0	21.21	30.39	34.30	40.72	45.21	47.64	48.00
A265	1763.0	21.12	30.33	34.25	40.69	45.20	47.64	48.00
A266	1765.1	18.47	27.87	31.87	38.44	43.04	45.54	45.90
A267	1767.0	25.34	31.70	34.41	38.88	42.02	43.74	44.00
A268	1766.7	25.45	31.87	34.61	39.13	42.30	44.04	44.30
A269	1766.8	25.25	31.71	34.46	39.00	42.19	43.94	44.20
A270	1767.0	24.93	31.42	34.20	38.77	41.98	43.74	44.00
A271	1773.5	26.46	30.24	31.85	34.49	36.34	37.35	37.50
A272	1774.0	25.68	29.55	31.20	33.91	35.81	36.85	37.00
A273	1772.2	31.27	33.86	34.96	36.76	38.02	38.70	38.80
A274	1775.0	27.47	30.39	31.64	33.68	35.11	35.89	36.00
A275	1775.1	25.80	29.26	30.73	33.15	34.85	35.77	35.90
A276	1775.7	24.82	28.41	29.94	32.45	34.20	35.16	35.30
A277	1766.4	25.23	31.87	34.69	39.34	42.58	44.34	44.60
A278	1766.0	25.05	31.88	34.79	39.57	42.92	44.73	45.00
A279	1765.0	25.31	32.40	35.42	40.37	43.84	45.72	46.00
A280	1764.5	25.62	32.77	35.82	40.82	44.32	46.22	46.50
A281	1764.4	24.94	32.36	35.52	40.71	44.34	46.31	46.60
A282	1765.5	23.70	31.17	34.35	39.57	43.23	45.21	45.50
A283	1765.5	20.68	29.18	32.80	38.75	42.91	45.17	45.50
A284	1765.5	20.66	29.17	32.79	38.74	42.91	45.17	45.50
A285	1765.5	20.66	29.17	32.79	38.74	42.91	45.17	45.50
A286	1764.0	22.16	30.67	34.29	40.24	44.41	46.67	47.00
A287	1765.5	20.55	29.09	32.73	38.71	42.90	45.17	45.50
A288	1765.7	19.37	28.25	32.03	38.24	42.59	44.95	45.30
A289	1763.7	20.32	29.56	33.50	39.97	44.49	46.94	47.30
A290	1763.9	20.03	29.30	33.25	39.74	44.28	46.74	47.10

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A291	1764.0	19.68	29.04	33.02	39.57	44.15	46.64	47.00
A292	1764.0	19.63	29.00	33.00	39.56	44.15	46.64	47.00
A293	1765.5	17.47	27.07	31.16	37.88	42.58	45.13	45.50
A294	1765.5	17.41	27.03	31.13	37.86	42.57	45.13	45.50
A295	1765.5	17.36	26.99	31.10	37.84	42.56	45.13	45.50
A296	1765.5	17.30	26.96	31.07	37.83	42.56	45.12	45.50
A297	1766.5	25.35	31.87	34.66	39.24	42.47	44.24	44.50
A298	1766.4	25.42	31.95	34.74	39.34	42.57	44.34	44.60
A299	1771.5	26.25	30.78	32.71	35.88	38.11	39.32	39.50
A300	1771.5	24.89	29.87	32.00	35.50	37.96	39.30	39.50
A301	1765.1	25.88	32.74	35.66	40.46	43.81	45.63	45.90
A302	1767.5	22.85	29.92	32.94	37.88	41.35	43.23	43.50
A303	1767.8	22.34	29.48	32.53	37.52	41.02	42.92	43.20
A304	1768.9	19.80	27.43	30.68	36.03	39.77	41.80	42.10
A305	1763.2	25.29	33.00	36.28	41.68	45.45	47.50	47.80
A306	1763.0	25.07	32.92	36.27	41.76	45.61	47.69	48.00
A307	1762.5	25.50	33.38	36.73	42.24	46.10	48.19	48.50
A308	1762.5	25.26	33.22	36.61	42.18	46.08	48.19	48.50
A309	1762.5	25.19	33.17	36.57	42.16	46.07	48.19	48.50
A310	1763.0	24.57	32.59	36.01	41.63	45.56	47.69	48.00
A311	1762.0	25.55	33.58	37.00	42.62	46.55	48.69	49.00
A312	1762.0	25.51	33.56	36.98	42.61	46.55	48.69	49.00
A313	1761.0	25.17	33.67	37.30	43.25	47.41	49.67	50.00
A314	1762.0	24.17	32.68	36.30	42.25	46.41	48.67	49.00
A315	1762.5	22.29	31.26	35.08	41.36	45.76	48.15	48.50
A316	1763.8	19.70	29.12	33.13	39.72	44.33	46.83	47.20
A317	1762.5	19.98	29.74	33.90	40.74	45.52	48.12	48.50
A318	1762.0	20.17	30.04	34.24	41.15	45.99	48.62	49.00
A319	1761.5	20.64	30.52	34.73	41.65	46.49	49.12	49.50
A320	1761.5	20.61	30.50	34.71	41.64	46.48	49.11	49.50
A321	1761.5	20.60	30.49	34.71	41.63	46.48	49.11	49.50
A322	1771.1	26.50	31.07	33.03	36.24	38.49	39.72	39.90
A323	1769.5	26.40	31.55	33.75	37.37	39.91	41.30	41.50
A324	1767.5	26.64	32.39	34.84	38.88	41.72	43.27	43.50
A325	1767.9	25.92	31.78	34.28	38.39	41.29	42.87	43.10
A326	1767.6	22.61	29.73	32.76	37.74	41.23	43.12	43.40
A327	1762.9	24.89	32.84	36.22	41.79	45.68	47.79	48.10
A328	1762.5	24.92	33.00	36.44	42.09	46.04	48.19	48.50
A329	1760.0	26.94	35.18	38.69	44.46	48.49	50.68	51.00

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A330	1760.5	26.27	34.57	38.10	43.91	47.97	50.18	50.50
A331	1763.0	24.00	32.22	35.72	41.47	45.49	47.68	48.00
A332	1763.5	22.31	30.93	34.60	40.64	44.87	47.16	47.50
A333	1763.5	22.31	30.93	34.60	40.64	44.87	47.16	47.50
A334	1761.3	24.16	32.90	36.62	42.74	47.03	49.36	49.70
A335	1760.6	23.99	33.03	36.87	43.20	47.64	50.05	50.40
A336	1760.5	23.71	32.87	36.78	43.20	47.70	50.14	50.50
A337	1760.5	23.49	32.73	36.66	43.14	47.67	50.14	50.50
A338	1761.0	25.30	33.76	37.36	43.28	47.42	49.67	50.00
A339	1761.0	25.14	33.65	37.28	43.24	47.41	49.67	50.00
A340	1763.0	19.56	29.30	33.44	40.26	45.03	47.62	48.00
A341	1764.4	18.11	27.86	32.02	38.85	43.63	46.22	46.60
A342	1765.0	17.51	27.26	31.42	38.25	43.03	45.62	46.00
A343	1764.5	17.97	27.74	31.90	38.74	43.52	46.12	46.50
A344	1763.0	19.46	29.23	33.39	40.23	45.02	47.62	48.00
A345	1762.0	20.37	30.17	34.35	41.21	46.01	48.62	49.00
A346	1761.2	20.79	30.72	34.95	41.90	46.77	49.41	49.80
A347	1764.9	26.75	33.34	36.15	40.79	44.05	45.84	46.10
A348	1764.8	26.69	33.33	36.17	40.85	44.13	45.93	46.20
A349	1764.7	26.56	33.29	36.16	40.89	44.21	46.03	46.30
A350	1764.6	26.48	33.27	36.16	40.94	44.29	46.13	46.40
A351	1764.6	26.33	33.17	36.09	40.90	44.28	46.13	46.40
A352	1765.0	25.90	32.75	35.67	40.49	43.88	45.73	46.00
A353	1769.5	21.19	28.11	31.07	35.93	39.35	41.22	41.50
A354	1763.0	22.78	31.41	35.09	41.13	45.36	47.66	48.00
A355	1763.0	22.57	31.27	34.98	41.07	45.34	47.66	48.00
A356	1762.0	23.36	32.13	35.87	42.01	46.32	48.66	49.00
A357	1763.0	22.27	31.07	34.82	40.99	45.31	47.66	48.00
A358	1763.0	21.20	30.37	34.27	40.69	45.19	47.64	48.00
A359	1763.7	20.23	29.49	33.43	39.92	44.47	46.94	47.30
A360	1763.6	20.33	29.58	33.53	40.02	44.56	47.04	47.40
A361	1763.5	20.42	29.68	33.63	40.12	44.66	47.14	47.50
A362	1760.6	23.94	32.99	36.85	43.19	47.63	50.05	50.40
A363	1760.7	23.74	32.83	36.70	43.06	47.52	49.94	50.30
A364	1760.6	23.69	32.82	36.72	43.12	47.60	50.04	50.40
A365	1761.0	25.53	33.91	37.48	43.34	47.45	49.67	50.00
A366	1759.0	27.70	36.02	39.57	45.39	49.47	51.68	52.00
A367	1759.5	20.98	31.43	35.88	43.20	48.32	51.09	51.50
A368	1760.2	19.61	30.29	34.84	42.31	47.55	50.38	50.80



Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A369	1765.6	17.94	27.34	31.34	37.92	42.53	45.03	45.40
A370	1765.7	17.82	27.23	31.23	37.82	42.43	44.93	45.30
A371	1764.7	26.15	33.02	35.95	40.78	44.17	46.03	46.30
A372	1765.5	24.04	31.35	34.47	39.61	43.23	45.21	45.50
A373	1764.0	25.15	32.59	35.77	41.00	44.69	46.70	47.00
A374	1763.9	25.14	32.62	35.81	41.07	44.78	46.80	47.10
A375	1763.5	22.27	30.90	34.58	40.63	44.86	47.16	47.50
A376	1760.4	18.94	29.78	34.40	41.99	47.30	50.18	50.60
A377	1760.0	19.05	29.99	34.65	42.30	47.66	50.57	51.00
A378	1760.1	18.61	29.66	34.37	42.11	47.53	50.47	50.90
A379	1758.0	22.11	32.69	37.19	44.60	49.78	52.59	53.00
A380	1760.3	18.40	29.46	34.17	41.91	47.33	50.27	50.70
A381	1760.6	17.95	29.06	33.79	41.57	47.01	49.97	50.40
A382	1765.5	18.12	27.49	31.48	38.05	42.64	45.13	45.50
A383	1766.6	17.49	26.70	30.62	37.07	41.59	44.04	44.40
A384	1767.1	17.80	26.73	30.54	36.79	41.17	43.55	43.90
A385	1767.0	17.67	26.68	30.52	36.83	41.25	43.65	44.00
A386	1762.6	25.99	33.62	36.88	42.25	46.03	48.09	48.40
A387	1764.0	24.15	31.93	35.25	40.73	44.58	46.69	47.00
A388	1763.5	24.45	32.30	35.65	41.17	45.06	47.18	47.50
A389	1763.5	24.34	32.22	35.59	41.14	45.05	47.18	47.50
A390	1759.0	18.48	29.95	34.84	42.87	48.50	51.55	52.00
A391	1768.0	18.65	26.99	30.54	36.37	40.46	42.68	43.00
A392	1768.4	18.45	26.72	30.24	36.03	40.08	42.28	42.60
A393	1768.5	18.89	26.97	30.42	36.07	40.04	42.19	42.50
A394	1768.1	18.87	27.09	30.60	36.36	40.39	42.58	42.90
A395	1762.3	26.18	33.85	37.12	42.52	46.32	48.39	48.70
A396	1762.4	26.01	33.70	36.99	42.40	46.21	48.29	48.60
A397	1762.7	25.04	32.96	36.34	41.91	45.84	47.98	48.30
A398	1760.3	26.87	34.98	38.45	44.16	48.17	50.37	50.70
A399	1760.0	27.12	35.25	38.72	44.44	48.47	50.67	51.00
A400	1759.0	27.93	36.13	39.63	45.39	49.45	51.67	52.00
A401	1760.0	26.37	34.76	38.34	44.24	48.39	50.66	51.00
A402	1759.0	27.27	35.69	39.29	45.21	49.38	51.66	52.00
A403	1760.0	26.23	34.66	38.26	44.20	48.37	50.66	51.00
A404	1759.3	26.91	35.35	38.95	44.89	49.07	51.36	51.70
A405	1768.4	19.14	27.17	30.60	36.22	40.15	42.29	42.60
A406	1768.5	19.51	27.38	30.73	36.24	40.10	42.19	42.50
A407	1768.9	19.30	27.11	30.43	35.90	39.72	41.80	42.10

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A408	1769.0	19.29	27.07	30.38	35.82	39.63	41.70	42.00
A409	1769.6	18.74	26.50	29.80	35.24	39.04	41.10	41.40
A410	1769.7	18.50	26.31	29.64	35.10	38.92	41.00	41.30
A411	1762.5	25.98	33.65	36.92	42.32	46.12	48.19	48.50
A412	1762.0	26.26	34.00	37.31	42.76	46.59	48.69	49.00
A413	1760.5	27.55	35.36	38.70	44.20	48.07	50.19	50.50
A414	1760.5	27.52	35.34	38.68	44.19	48.07	50.19	50.50
A415	1759.5	28.49	36.33	39.67	45.18	49.06	51.19	51.50
A416	1760.2	27.67	35.55	38.91	44.45	48.35	50.48	50.80
A417	1760.2	27.64	35.53	38.89	44.44	48.35	50.48	50.80
A418	1769.4	18.99	26.73	30.03	35.45	39.24	41.30	41.60
A419	1763.5	25.71	33.13	36.30	41.52	45.19	47.20	47.50
A420	1764.0	25.42	32.77	35.91	41.08	44.71	46.70	47.00
A421	1764.4	24.87	32.27	35.43	40.64	44.30	46.30	46.60
A422	1764.0	25.50	32.82	35.95	41.10	44.72	46.71	47.00
A423	1763.5	26.39	33.58	36.65	41.71	45.27	47.21	47.50
A424	1765.0	25.30	32.35	35.36	40.32	43.81	45.72	46.00
A425	1764.3	25.40	32.65	35.75	40.85	44.44	46.41	46.70
A426	1764.5	24.44	31.95	35.16	40.44	44.16	46.20	46.50
A427	1764.5	24.25	31.83	35.06	40.39	44.14	46.20	46.50
A428	1765.0	25.64	32.57	35.53	40.41	43.84	45.72	46.00
A429	1765.5	25.02	32.00	34.98	39.88	43.33	45.22	45.50
A430	1766.0	25.46	32.12	34.96	39.64	42.93	44.73	45.00
A431	1766.1	25.22	31.92	34.79	39.50	42.82	44.63	44.90
A432	1766.0	25.20	31.94	34.82	39.57	42.90	44.73	45.00
A433	1765.8	25.26	32.05	34.95	39.73	43.09	44.93	45.20
A434	1764.5	24.11	31.73	34.99	40.35	44.13	46.19	46.50
A435	1764.3	23.98	31.72	35.02	40.46	44.29	46.39	46.70
A436	1766.1	25.49	32.11	34.93	39.58	42.85	44.63	44.90
A437	1767.0	24.85	31.37	34.16	38.75	41.97	43.74	44.00
A438	1804.0	3.20	4.50	5.05	5.96	6.60	6.95	7.00
Fuente O.T.	1811.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Anexo 2.** Resultados del análisis hidráulico de la Zona de Riego con la propuesta 1

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A23	1810.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
A24	1806.5	4.11	4.24	4.3	4.39	4.46	4.49
A25	1809.5	0.88	1.09	1.18	1.33	1.43	1.49
A26	1808	2.19	2.47	2.58	2.78	2.91	2.99
A27	1807.5	2.41	2.78	2.94	3.2	3.38	3.48
A28	1807.5	2.35	2.74	2.91	3.18	3.38	3.48
A29	1808.5	1.28	1.7	1.88	2.17	2.37	2.48
A30	1807.5	2.05	2.55	2.76	3.1	3.35	3.48
A31	1807.5	1.99	2.5	2.72	3.09	3.34	3.48
A32	1806.5	2.93	3.47	3.69	4.07	4.34	4.48
A33	1807	2.31	2.89	3.13	3.54	3.82	3.98
A34	1803	6.01	6.69	6.98	7.46	7.79	7.97
A35	1805	3.7	4.49	4.82	5.37	5.76	5.97
A36	1804.5	3.83	4.74	5.13	5.77	6.22	6.46
A37	1804.5	3.66	4.63	5.05	5.73	6.2	6.46
A38	1804.5	3.11	4.27	4.76	5.58	6.14	6.45
A39	1804.5	2.9	4.13	4.65	5.52	6.12	6.45
A40	1802.5	4.48	5.85	6.44	7.4	8.08	8.45
A41	1798.6	7.54	9.21	9.92	11.09	11.9	12.34
A42	1789.5	16.42	18.16	18.9	20.12	20.97	21.43
A43	1788	17.49	19.38	20.18	21.51	22.43	22.93
A44	1789.3	15.81	17.83	18.69	20.1	21.09	21.62
A45	1789.1	15.58	17.76	18.68	20.19	21.25	21.82
A46	1789	25.65	26.65	27.9	29.82	25.68	25.3
A47	1796	10.54	12.07	12.72	13.79	14.54	14.94
A48	1793.5	12.96	14.51	15.18	16.27	17.03	17.44
A49	1793	13.34	14.94	15.62	16.73	17.51	17.94
A50	1793.5	12.78	14.39	15.08	16.22	17.01	17.44
A51	1791	14.83	16.6	17.36	18.6	19.46	19.93
A52	1790	15.46	17.36	18.17	19.5	20.42	20.93
A53	1787	25.52	28.29	29.44	31.21	25.55	25.28
A54	1787	16.86	19.31	20.35	22.06	23.26	23.9
A55	1787	16.72	19.21	20.28	22.02	23.24	23.9
A56	1783.5	19.79	22.43	23.55	25.4	26.7	27.4
A57	1778.5	24.25	27.07	28.28	30.25	31.64	32.39
A58	1778.7	31.06	34.77	36.33	38.75	33.56	32.54
A59	1785.6	19.01	21.21	22.14	23.67	24.74	25.32

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A60	1775.7	28.6	30.9	31.88	33.49	34.61	35.21
A61	1775.7	27.89	30.43	31.52	33.29	34.53	35.2
A62	1776.6	26.58	29.27	30.41	32.28	33.59	34.3
A63	1793	13.27	14.89	15.58	16.71	17.51	17.94
A64	1789.5	16.68	18.33	19.04	20.19	21	21.44
A65	1787	26.17	28.72	29.78	31.38	25.61	25.28
A66	1786.5	19.56	21.25	21.97	23.16	23.99	24.43
A67	1786	19.94	21.68	22.41	23.62	24.47	24.93
A68	1786	19.79	21.57	22.33	23.58	24.46	24.93
A69	1785.9	19.85	21.65	22.41	23.67	24.55	25.03
A70	1787	25.82	28.48	29.6	31.29	25.58	25.28
A71	1789.4	25.95	26.7	27.85	29.6	25.35	25.91
A72	1787.5	16.88	19.14	20.11	21.7	22.81	23.41
A73	1786.8	17.37	19.71	20.71	22.34	23.49	24.11
A74	1782.5	20.6	23.31	24.46	26.35	27.68	28.39
A75	1783.5	26.6	30.2	31.71	34.05	28.79	27.74
A76	1785.6	25.52	29.03	30.51	32.79	26.91	25.68
A77	1777.7	31.25	35.24	36.91	39.53	34.47	33.53
A78	1776	25.39	28.67	30.07	32.38	33.99	34.87
A79	1775	26.03	29.44	30.89	33.28	34.95	35.87
A80	1778	24.68	27.53	28.74	30.74	32.13	32.89
A81	1773.5	27.4	30.85	32.32	34.74	36.44	37.36
A82	1774.7	25.46	29.16	30.74	33.34	35.16	36.15
A83	1774.7	25.4	29.12	30.71	33.32	35.15	36.15
A84	1773.5	30.75	33.07	34.06	35.67	36.8	37.41
A85	1773.3	30.76	33.14	34.16	35.82	36.98	37.61
A86	1774	29.9	32.34	33.38	35.08	36.27	36.91
A87	1773.8	29.99	32.47	33.52	35.25	36.46	37.11
A88	1771	32.61	35.15	36.23	38	39.24	39.9
A89	1771	32.48	35.06	36.16	37.96	39.22	39.9
A90	1770.8	32.54	35.17	36.29	38.12	39.41	40.1
A91	1793.2	13.07	14.69	15.38	16.51	17.31	17.74
A92	1790.5	15.74	17.37	18.07	19.21	20	20.44
A93	1791	15.21	16.85	17.55	18.7	19.5	19.94
A94	1791.5	14.59	16.27	16.99	18.16	18.99	19.43
A95	1791.5	14.52	16.22	16.95	18.14	18.98	19.43
A96	1788.5	17.42	19.16	19.9	21.12	21.97	22.43
A97	1788.5	25.14	27.13	28.38	30.3	25.17	25.8
A98	1784.5	21.24	23.04	23.81	25.07	25.95	26.43

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A99	1782	30.65	33.37	34.51	36.24	30.56	29.28
A100	1781.7	20.7	23.64	24.9	26.96	28.4	29.19
A101	1779.5	21.25	24.75	26.25	28.7	30.43	31.36
A102	1781	26.82	31.19	33.03	35.92	31.05	30.21
A103	1773.5	27.15	30.68	32.19	34.67	36.41	37.36
A104	1773.5	25.55	29.63	31.37	34.23	36.24	37.34
A105	1773.4	25.4	29.57	31.34	34.26	36.32	37.43
A106	1773	25.24	29.59	31.45	34.51	36.66	37.83
A107	1771	24.26	29.62	31.91	35.68	38.33	39.79
A108	1770	25.01	30.46	32.78	36.61	39.31	40.78
A109	1771	23.88	29.37	31.72	35.58	38.29	39.78
A110	1770	24.19	29.92	32.36	36.39	39.22	40.77
A111	1769.9	31.32	37.93	40.72	45.19	41.44	41.22
A112	1772.2	31.29	33.87	34.97	36.77	38.02	38.7
A113	1786.8	19.09	20.84	21.59	22.81	23.67	24.13
A114	1786.3	19.57	21.33	22.07	23.3	24.16	24.63
A115	1786	19.82	21.59	22.35	23.59	24.46	24.93
A116	1783	22.76	24.55	25.32	26.57	27.45	27.93
A117	1782	23.71	25.52	26.29	27.56	28.45	28.93
A118	1780.5	25.14	26.97	27.75	29.04	29.94	30.43
A119	1783.9	21.7	23.55	24.34	25.63	26.54	27.03
A120	1786	19.55	21.41	22.21	23.52	24.43	24.93
A121	1785	27.48	30.26	31.42	33.19	27.54	26.27
A122	1782.5	22.56	24.59	25.46	26.88	27.88	28.42
A123	1782.9	21.62	23.84	24.78	26.33	27.42	28.01
A124	1782.5	21.85	24.12	25.09	26.68	27.8	28.41
A125	1782	22.09	24.45	25.46	27.11	28.27	28.91
A126	1782.3	28.81	32.05	33.41	35.52	30.09	28.96
A127	1779	21.45	25.06	26.59	29.12	30.89	31.86
A128	1778.5	21.7	25.39	26.97	29.56	31.37	32.36
A129	1779	20.77	24.62	26.25	28.94	30.83	31.85
A130	1778	20.95	25.07	26.83	29.72	31.74	32.84
A131	1777.5	20.2	24.77	26.71	29.9	32.13	33.33
A132	1776.5	20.4	25.24	27.3	30.68	33.04	34.31
A133	1776.5	20.19	25.1	27.19	30.62	33.02	34.31
A134	1775.9	19.83	25.07	27.3	30.96	33.52	34.9
A135	1775.8	26.89	33.03	35.63	39.75	35.73	35.35
A136	1773	25.37	29.68	31.51	34.54	36.67	37.83
A137	1772.9	25.41	29.74	31.58	34.62	36.76	37.93

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A138	1778	20.88	25.03	26.8	29.7	31.73	32.84
A139	1777.9	27.92	32.98	35.11	38.48	33.95	33.29
A140	1778.5	19.24	23.8	25.74	28.91	31.13	32.33
A141	1778.5	19.34	23.87	25.79	28.94	31.14	32.33
A142	1778.5	19.36	23.88	25.8	28.95	31.14	32.33
A143	1778.5	19.39	23.9	25.82	28.96	31.15	32.33
A144	1777.4	20.54	25.03	26.94	30.07	32.25	33.43
A145	1780.5	17.65	22.07	23.95	27.03	29.18	30.33
A146	1778	26.49	32.03	34.36	38.05	33.72	33.17
A147	1775	20.38	25.74	28.02	31.76	34.38	35.79
A148	1774.8	20.04	25.59	27.95	31.82	34.52	35.99
A149	1773.9	19.24	25.37	27.97	32.25	35.24	36.86
A150	1774.3	25.27	32.48	35.52	40.39	36.9	36.8
A151	1771.5	26.36	30.84	32.75	35.9	38.11	39.32
A152	1771.5	26.26	30.77	32.7	35.87	38.1	39.32
A153	1778.5	20.32	24.49	26.27	29.19	31.23	32.34
A154	1778.5	20.3	24.48	26.26	29.18	31.23	32.34
A155	1777.5	21.25	25.44	27.23	30.17	32.22	33.34
A156	1777.5	28.3	33.37	35.5	38.88	34.34	33.69
A157	1778.5	20.21	24.41	26.21	29.15	31.22	32.34
A158	1778.5	20.2	24.41	26.2	29.15	31.22	32.34
A159	1778	20.68	24.9	26.7	29.65	31.71	32.84
A160	1776	22.66	26.88	28.68	31.64	33.71	34.84
A161	1774.5	24.14	28.37	30.17	33.13	35.21	36.34
A162	1771.5	27.13	31.37	33.17	36.13	38.21	39.34
A163	1771.5	27.13	31.37	33.17	36.13	38.21	39.34
A164	1773.4	25.23	29.46	31.27	34.23	36.31	37.43
A165	1773.5	25.13	29.36	31.17	34.13	36.21	37.33
A166	1777	21.62	25.86	27.66	30.63	32.71	33.83
A167	1779.5	26.2	31.3	33.45	36.85	32.33	31.68
A168	1782	16.19	20.6	22.47	25.54	27.68	28.83
A169	1781.5	16.69	21.1	22.97	26.04	28.18	29.33
A170	1783.3	25.91	28.13	30.32	33.78	28.72	27.92
A171	1773.5	18.33	24.9	27.69	32.29	35.5	37.25
A172	1773	25.49	33.07	36.27	41.4	38.09	38.09
A173	1772	26.24	33.9	37.14	42.33	39.06	39.09
A174	1771	19.55	26.55	29.54	34.44	37.87	39.73
A175	1769	20.46	27.83	30.97	36.14	39.75	41.71
A176	1769.2	20.13	27.55	30.71	35.9	39.54	41.51

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A177	1769.4	19.83	27.28	30.45	35.67	39.33	41.31
A178	1769.5	19.42	26.98	30.2	35.49	39.19	41.21
A179	1770	18.67	26.31	29.57	34.92	38.67	40.7
A180	1769.9	25.72	34.27	37.89	43.7	40.88	41.15
A181	1770.6	26.07	30.95	33.04	36.47	38.89	40.2
A182	1770.5	25.7	30.75	32.9	36.44	38.94	40.3
A183	1770.5	25.17	30.39	32.62	36.3	38.88	40.29
A184	1770.4	25.1	30.38	32.64	36.35	38.96	40.39
A185	1769.5	24.55	30.33	32.79	36.85	39.71	41.27
A186	1770	23.88	29.71	32.2	36.31	39.19	40.77
A187	1769	23.97	30.11	32.73	37.05	40.09	41.75
A188	1769	23.7	29.93	32.59	36.98	40.06	41.75
A189	1769	21.67	28.59	31.55	36.42	39.85	41.72
A190	1769	20.75	27.99	31.07	36.16	39.75	41.71
A191	1769	27.68	35.83	39.28	44.84	41.86	42.06
A192	1777.9	27.8	32.9	35.05	38.45	33.93	33.28
A193	1772.7	25.13	29.64	31.56	34.71	36.92	38.12
A194	1781.8	16.44	20.83	22.7	25.76	27.89	29.03
A195	1781.4	25.00	30.09	32.27	35.71	30.63	29.82
A196	1769.1	20.03	27.51	30.7	35.95	39.62	41.61
A197	1768.5	20.21	27.85	31.1	36.44	40.18	42.2
A198	1768.7	19.79	27.5	30.78	36.18	39.95	42
A199	1768	20.31	28.08	31.39	36.83	40.63	42.7
A200	1766.5	28.41	37.21	40.93	46.91	44.21	44.54
A201	1762.9	30.63	39.89	43.82	50.13	47.66	48.12
A202	1770.5	25.69	30.73	32.89	36.44	38.93	40.3
A203	1768	28.05	33.15	35.32	38.9	41.42	42.8
A204	1768.2	27.7	32.84	35.04	38.66	41.2	42.59
A205	1770	23.85	29.7	32.19	36.3	39.19	40.77
A206	1769.5	31.34	38.08	40.93	45.49	41.8	41.61
A207	1768.5	22.92	29.59	32.44	37.13	40.43	42.23
A208	1768.2	23.05	29.78	32.65	37.38	40.71	42.53
A209	1768	30.04	37.73	40.99	46.22	43	43.07
A210	1767.9	26.83	35.64	39.38	45.4	42.75	43.13
A211	1768.5	20.96	28.29	31.42	36.58	40.22	42.2
A212	1769	20.13	27.57	30.75	35.99	39.68	41.7
A213	1768.5	27.41	35.82	39.38	45.13	42.27	42.54
A214	1781.5	16.86	21.21	23.06	26.09	28.2	29.34
A215	1781.5	17	21.3	23.13	26.13	28.22	29.34

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A216	1780.5	18.21	22.44	24.24	27.19	29.24	30.34
A217	1779.5	19.51	23.64	25.4	28.27	30.27	31.34
A218	1778	20.62	24.88	26.69	29.66	31.73	32.84
A219	1776	21.32	26.03	28.03	31.31	33.59	34.82
A220	1775	21.24	26.32	28.47	32.01	34.48	35.81
A221	1773	21.13	26.92	29.38	33.42	36.25	37.78
A222	1771.9	22.05	27.9	30.39	34.48	37.33	38.88
A223	1771.9	29.01	35.76	38.62	43.16	39.44	39.22
A224	1769	27.03	35.45	39.01	44.72	41.83	42.06
A225	1768.8	20.04	27.63	30.86	36.17	39.89	41.91
A226	1769.5	19.3	26.9	30.14	35.46	39.18	41.2
A227	1769	19.74	27.36	30.61	35.94	39.68	41.7
A228	1769.3	19.43	27.05	30.3	35.64	39.38	41.4
A229	1769.1	19.55	27.2	30.46	35.82	39.57	41.6
A230	1769	19.63	27.29	30.56	35.92	39.67	41.7
A231	1769	19.61	27.28	30.54	35.91	39.66	41.7
A232	1769.3	19.23	26.93	30.2	35.59	39.36	41.4
A233	1769.4	19.08	26.79	30.08	35.47	39.25	41.3
A234	1769.5	18.96	26.68	29.96	35.37	39.15	41.2
A235	1769.5	18.94	26.67	29.96	35.36	39.15	41.2
A236	1770	18.43	26.16	29.45	34.86	38.65	40.7
A237	1769	19.11	26.96	30.3	35.79	39.62	41.7
A238	1768.5	19.1	27.12	30.53	36.14	40.06	42.19
A239	1767	19.87	28.14	31.66	37.44	41.49	43.68
A240	1766.5	20.18	28.51	32.06	37.89	41.97	44.18
A241	1766	20.3	28.76	32.37	38.28	42.42	44.67
A242	1766.4	26.25	35.82	39.87	46.4	44.07	44.61
A243	1768.5	24.92	30.91	33.47	37.68	40.64	42.26
A244	1767.7	25.43	31.52	34.12	38.4	41.41	43.06
A245	1768	25.1	31.2	33.8	38.09	41.11	42.76
A246	1768.5	31.64	38.61	41.57	46.3	42.73	42.6
A247	1780.5	18.79	22.82	24.54	27.34	29.3	30.35
A248	1779.8	19.7	23.66	25.34	28.1	30.02	31.05
A249	1777.9	24.31	27.33	28.61	30.71	32.19	32.98
A250	1773.2	30.04	32.7	33.84	35.7	37	37.7
A251	1772	31.36	33.98	35.1	36.93	38.21	38.9
A252	1772.1	31.31	33.91	35.02	36.84	38.11	38.8
A253	1771.6	31.19	34.01	35.21	37.18	38.55	39.29
A254	1771.7	28.8	32.4	33.93	36.44	38.21	39.16



Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A255	1771.8	28.54	32.19	33.75	36.3	38.09	39.06
A256	1770	30.99	37.72	40.56	45.08	41.35	41.12
A257	1770.5	22.68	28.79	31.39	35.66	38.65	40.26
A258	1770.3	22.82	28.95	31.56	35.85	38.84	40.46
A259	1768.5	23.61	30.08	32.84	37.37	40.53	42.25
A260	1768.4	30.68	38.06	41.17	46.16	42.75	42.7
A261	1765.6	20.58	29.08	32.7	38.65	42.81	45.07
A262	1765.1	20.05	28.91	32.69	38.88	43.21	45.56
A263	1763.8	27.66	37.65	41.87	48.69	46.55	47.2
A264	1763	21.21	30.39	34.3	40.72	45.21	47.64
A265	1763	21.12	30.33	34.25	40.69	45.2	47.64
A266	1765.1	25.56	35.81	40.16	47.16	45.17	45.88
A267	1767	25.34	31.7	34.41	38.88	42.02	43.74
A268	1766.7	25.45	31.87	34.61	39.13	42.3	44.04
A269	1766.8	25.25	31.71	34.46	39	42.19	43.94
A270	1767	24.93	31.42	34.2	38.77	41.98	43.74
A271	1773.5	26.46	30.24	31.85	34.49	36.34	37.35
A272	1774	25.68	29.55	31.2	33.91	35.81	36.85
A273	1772.2	31.27	33.86	34.96	36.76	38.02	38.7
A274	1775	27.47	30.39	31.64	33.68	35.11	35.89
A275	1775.1	25.8	29.26	30.73	33.15	34.85	35.77
A276	1775.7	31.9	36.35	38.22	41.17	36.33	35.51
A277	1766.4	25.23	31.87	34.69	39.34	42.58	44.34
A278	1766	25.05	31.88	34.79	39.57	42.92	44.73
A279	1765	25.31	32.4	35.42	40.37	43.84	45.72
A280	1764.5	25.62	32.77	35.82	40.82	44.32	46.22
A281	1764.4	24.94	32.36	35.52	40.71	44.34	46.31
A282	1765.5	30.78	39.11	42.64	48.29	45.35	45.56
A283	1765.5	20.68	29.18	32.8	38.75	42.91	45.17
A284	1765.5	20.66	29.17	32.79	38.74	42.91	45.17
A285	1765.5	20.66	29.17	32.79	38.74	42.91	45.17
A286	1764	22.16	30.67	34.29	40.24	44.41	46.67
A287	1765.5	20.55	29.09	32.73	38.71	42.9	45.17
A288	1765.7	26.45	36.19	40.32	46.96	44.72	45.3
A289	1763.7	20.32	29.56	33.5	39.97	44.49	46.94
A290	1763.9	20.03	29.3	33.25	39.74	44.28	46.74
A291	1764	19.68	29.04	33.02	39.57	44.15	46.64
A292	1764	19.63	29	33	39.56	44.15	46.64
A293	1765.51	25.54	35.94	40.34	47.43	44.92	45.51

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A294	1765.5	17.41	27.03	31.13	37.86	42.57	45.13
A295	1765.5	17.36	26.99	31.1	37.84	42.56	45.13
A296	1765.5	25.37	35.82	40.25	47.38	44.9	45.51
A297	1766.5	25.35	31.87	34.66	39.24	42.47	44.24
A298	1766.4	25.42	31.95	34.74	39.34	42.57	44.34
A299	1771.5	26.25	30.78	32.71	35.88	38.11	39.32
A300	1771.5	31.97	37.82	40.29	44.22	40.09	39.65
A301	1765.1	25.88	32.74	35.66	40.46	43.81	45.63
A302	1767.5	22.85	29.92	32.94	37.88	41.35	43.23
A303	1767.8	22.34	29.48	32.53	37.52	41.02	42.92
A304	1768.9	26.88	35.37	38.97	44.75	41.89	42.15
A305	1763.2	25.29	33	36.28	41.68	45.45	47.5
A306	1763	25.07	32.92	36.27	41.76	45.61	47.69
A307	1762.5	25.5	33.38	36.73	42.24	46.1	48.19
A308	1762.5	25.26	33.22	36.61	42.18	46.08	48.19
A309	1762.5	25.19	33.17	36.57	42.16	46.07	48.19
A310	1763	24.57	32.59	36.01	41.63	45.56	47.69
A311	1762	25.55	33.58	37	42.62	46.55	48.69
A312	1762	25.51	33.56	36.98	42.61	46.55	48.69
A313	1761	25.17	33.67	37.3	43.25	47.41	49.67
A314	1762	24.17	32.68	36.3	42.25	46.41	48.67
A315	1762.5	29.37	39.2	43.37	50.08	47.89	48.5
A316	1763.8	19.7	29.12	33.13	39.72	44.33	46.83
A317	1762.5	19.98	29.74	33.9	40.74	45.52	48.12
A318	1762	20.17	30.04	34.24	41.15	45.99	48.62
A319	1761.5	20.64	30.52	34.73	41.65	46.49	49.12
A320	1761.5	20.61	30.5	34.71	41.64	46.48	49.11
A321	1761.5	27.68	38.44	42.99	50.35	48.61	49.46
A322	1771.1	26.5	31.07	33.03	36.24	38.49	39.72
A323	1769.5	26.4	31.55	33.75	37.37	39.91	41.3
A324	1767.5	26.64	32.39	34.84	38.88	41.72	43.27
A325	1767.9	25.92	31.78	34.28	38.39	41.29	42.87
A326	1767.6	29.69	37.67	41.05	46.46	43.36	43.47
A327	1762.9	24.89	32.84	36.22	41.79	45.68	47.79
A328	1762.5	24.92	33	36.44	42.09	46.04	48.19
A329	1760	26.94	35.18	38.69	44.46	48.49	50.68
A330	1760.5	26.27	34.57	38.1	43.91	47.97	50.18
A331	1763	31.08	40.16	44.01	50.19	47.62	48.03
A332	1763.5	22.31	30.93	34.6	40.64	44.87	47.16

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A333	1763.5	29.39	38.87	42.89	49.36	46.99	47.51
A334	1761.3	31.24	40.85	44.91	51.46	49.16	49.71
A335	1760.6	23.99	33.03	36.87	43.2	47.64	50.05
A336	1760.5	23.71	32.87	36.78	43.2	47.7	50.14
A337	1760.5	30.57	40.67	44.95	51.86	49.8	50.49
A338	1761	25.3	33.76	37.36	43.28	47.42	49.67
A339	1761	25.14	33.65	37.28	43.24	47.41	49.67
A340	1763	19.56	29.3	33.44	40.26	45.03	47.62
A341	1764.4	25.19	35.81	40.3	47.57	45.75	46.57
A342	1765	17.51	27.26	31.42	38.25	43.03	45.62
A343	1764.5	17.97	27.74	31.9	38.74	43.52	46.12
A344	1763	26.54	37.18	41.68	48.95	47.15	47.97
A345	1762	27.45	38.12	42.63	49.93	48.14	48.97
A346	1761.2	27.87	38.67	43.24	50.62	48.9	49.76
A347	1764.9	26.75	33.34	36.15	40.79	44.05	45.84
A348	1764.8	26.69	33.33	36.17	40.85	44.13	45.93
A349	1764.7	26.56	33.29	36.16	40.89	44.21	46.03
A350	1764.6	26.48	33.27	36.16	40.94	44.29	46.13
A351	1764.6	26.33	33.17	36.09	40.9	44.28	46.13
A352	1765	25.9	32.75	35.67	40.49	43.88	45.73
A353	1769.5	28.28	36.06	39.36	44.65	41.48	41.57
A354	1763	22.78	31.41	35.09	41.13	45.36	47.66
A355	1763	22.57	31.27	34.98	41.07	45.34	47.66
A356	1762	23.36	32.13	35.87	42.01	46.32	48.66
A357	1763	22.27	31.07	34.82	40.99	45.31	47.66
A358	1763	28.28	38.31	42.56	49.41	47.32	47.99
A359	1763.7	27.32	37.43	41.72	48.64	46.59	47.29
A360	1763.6	20.33	29.58	33.53	40.02	44.56	47.04
A361	1763.5	27.5	37.62	41.91	48.84	46.79	47.49
A362	1760.6	23.94	32.99	36.85	43.19	47.63	50.05
A363	1760.7	23.74	32.83	36.7	43.06	47.52	49.94
A364	1760.6	30.77	40.77	45	51.84	49.73	50.39
A365	1761	25.53	33.91	37.48	43.34	47.45	49.67
A366	1759	27.7	36.02	39.57	45.39	49.47	51.68
A367	1759.5	20.98	31.43	35.88	43.2	48.32	51.09
A368	1760.2	26.69	38.23	43.13	51.03	49.67	50.73
A369	1765.6	17.94	27.34	31.34	37.92	42.53	45.03
A370	1765.7	25.89	36.09	40.41	47.37	44.77	45.32
A371	1764.7	26.15	33.02	35.95	40.78	44.17	46.03

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A372	1765.5	24.04	31.35	34.47	39.61	43.23	45.21
A373	1764	25.15	32.59	35.77	41	44.69	46.7
A374	1763.9	25.14	32.62	35.81	41.07	44.78	46.8
A375	1763.5	29.35	38.85	42.87	49.35	46.99	47.51
A376	1760.4	26.02	37.73	42.69	50.7	49.42	50.53
A377	1760	19.05	29.99	34.65	42.3	47.66	50.57
A378	1760.1	25.69	37.6	42.66	50.83	49.65	50.82
A379	1758	22.11	32.69	37.19	44.6	49.78	52.59
A380	1760.3	18.4	29.46	34.17	41.91	47.33	50.27
A381	1760.6	26.02	37.92	42.97	51.12	49.35	50.35
A382	1765.5	18.12	27.49	31.48	38.05	42.64	45.13
A383	1766.6	17.49	26.7	30.62	37.07	41.59	44.04
A384	1767.1	17.8	26.73	30.54	36.79	41.17	43.55
A385	1767	25.74	35.55	39.7	46.38	43.59	44.03
A386	1762.6	25.99	33.62	36.88	42.25	46.03	48.09
A387	1764	24.15	31.93	35.25	40.73	44.58	46.69
A388	1763.5	24.45	32.3	35.65	41.17	45.06	47.18
A389	1763.5	31.42	40.17	43.88	49.86	47.17	47.53
A390	1759	25.56	37.9	43.13	51.59	50.62	51.9
A391	1768	25.73	34.93	38.83	45.09	42.58	43.02
A392	1768.4	18.45	26.72	30.24	36.03	40.08	42.28
A393	1768.5	18.89	26.97	30.42	36.07	40.04	42.19
A394	1768.1	25.95	35.04	38.89	45.08	42.52	42.93
A395	1762.3	26.18	33.85	37.12	42.52	46.32	48.39
A396	1762.4	26.01	33.7	36.99	42.4	46.21	48.29
A397	1762.7	25.04	32.96	36.34	41.91	45.84	47.98
A398	1760.3	26.87	34.98	38.45	44.16	48.17	50.37
A399	1760	27.12	35.25	38.72	44.44	48.47	50.67
A400	1759	27.93	36.13	39.63	45.39	49.45	51.67
A401	1760	26.37	34.76	38.34	44.24	48.39	50.66
A402	1759	27.27	35.69	39.29	45.21	49.38	51.66
A403	1760	26.23	34.66	38.26	44.2	48.37	50.66
A404	1759.3	26.91	35.35	38.95	44.89	49.07	51.36
A405	1768.4	19.14	27.17	30.6	36.22	40.15	42.29
A406	1768.5	19.51	27.38	30.73	36.24	40.1	42.19
A407	1768.9	19.3	27.11	30.43	35.9	39.72	41.8
A408	1769	19.29	27.07	30.38	35.82	39.63	41.7
A409	1769.6	18.74	26.5	29.8	35.24	39.04	41.1
A410	1769.7	25.58	34.25	37.92	43.82	41.05	41.35

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A411	1762.5	25.98	33.65	36.92	42.32	46.12	48.19
A412	1762	26.26	34	37.31	42.76	46.59	48.69
A413	1760.5	27.55	35.36	38.7	44.2	48.07	50.19
A414	1760.5	27.52	35.34	38.68	44.19	48.07	50.19
A415	1759.5	28.49	36.33	39.67	45.18	49.06	51.19
A416	1760.2	27.67	35.55	38.91	44.45	48.35	50.48
A417	1760.2	27.64	35.53	38.89	44.44	48.35	50.48
A418	1769.4	18.99	26.73	30.03	35.45	39.24	41.3
A419	1763.5	25.71	33.13	36.3	41.52	45.19	47.2
A420	1764	25.42	32.77	35.91	41.08	44.71	46.7
A421	1764.39	31.96	40.22	43.72	49.36	46.43	46.65
A422	1764	25.5	32.82	35.95	41.1	44.72	46.71
A423	1763.5	26.39	33.58	36.65	41.71	45.27	47.21
A424	1765	25.3	32.35	35.36	40.32	43.81	45.72
A425	1764.3	25.4	32.65	35.75	40.85	44.44	46.41
A426	1764.5	24.44	31.95	35.16	40.44	44.16	46.2
A427	1764.5	31.33	39.77	43.35	49.11	46.27	46.54
A428	1765	25.64	32.57	35.53	40.41	43.84	45.72
A429	1765.5	25.02	32	34.98	39.88	43.33	45.22
A430	1766	25.46	32.12	34.96	39.64	42.93	44.73
A431	1766.1	25.22	31.92	34.79	39.5	42.82	44.63
A432	1766	25.2	31.94	34.82	39.57	42.9	44.73
A433	1765.8	25.26	32.05	34.95	39.73	43.09	44.93
A434	1764.5	24.11	31.73	34.99	40.35	44.13	46.19
A435	1764.3	31.06	39.66	43.31	49.18	46.42	46.74
A436	1766.1	25.49	32.11	34.93	39.58	42.85	44.63
A437	1767	24.85	31.37	34.16	38.75	41.97	43.74
A438	1804	3.2	4.5	5.05	5.96	6.6	6.95
A2	1789	15.58	17.79	18.73	20.27	21.34	21.92
A3	1787	18.44	20.34	21.16	22.49	23.42	23.93
A4	1787	19.09	20.77	21.49	22.66	23.49	23.93
A5	1787	18.74	20.54	21.31	22.57	23.45	23.93
A6	1789.4	15.87	17.84	18.67	20.04	21	21.52
A7	1783.5	19.52	22.25	23.42	25.33	26.67	27.39
A8	1785.61	17.44	20.17	21.33	23.24	24.57	25.29
A9	1788.5	16.07	18.27	19.2	20.74	21.83	22.41
A10	1781	19.74	23.25	24.74	27.2	28.93	29.86
A11	1785	20.4	22.32	23.13	24.47	25.41	25.93
A12	1782.3	21.73	24.11	25.13	26.8	27.97	28.61

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A13	1775.8	19.81	25.09	27.34	31.03	33.6	35
A14	1777.9	20.84	25.04	26.83	29.76	31.82	32.94
A15	1778	19.41	24.08	26.07	29.33	31.6	32.82
A16	1774.3	18.19	24.53	27.23	31.67	34.77	36.45
A17	1777.5	21.22	25.42	27.21	30.16	32.22	33.34
A18	1779.5	19.12	23.35	25.16	28.13	30.21	31.33
A19	1783.3	14.83	19.26	21.14	24.23	26.38	27.53
A20	1773	18.41	25.12	27.98	32.68	35.96	37.74
A21	1772	19.16	25.96	28.85	33.61	36.93	38.74
A22	1769.9	18.64	26.33	29.6	34.98	38.75	40.8
A439	1769	20.6	27.88	31	36.12	39.73	41.71
A440	1777.9	20.72	24.96	26.76	29.73	31.81	32.93
A441	1781.4	16.83	21.22	23.09	26.15	28.29	29.43
A442	1776.5	11.33	19.26	22.64	28.19	32.08	34.19
A443	1768	22.96	29.79	32.7	37.5	40.88	42.73
A444	1767.9	19.75	27.69	31.09	36.68	40.62	42.78
A445	1768.5	20.33	27.87	31.1	36.41	40.15	42.2
A446	1771.9	21.93	27.82	30.33	34.44	37.32	38.87
A447	1769	19.95	27.5	30.72	36	39.7	41.71
A448	1766.4	19.17	27.87	31.58	37.68	41.95	44.26
A449	1763.8	20.58	29.7	33.59	39.97	44.43	46.85
A450	1765.1	18.47	27.87	31.87	38.44	43.04	45.54
A451	1765.7	19.37	28.25	32.03	38.24	42.59	44.95
A452	1762.5	22.29	31.26	35.08	41.36	45.76	48.15
A453	1761.5	20.6	30.49	34.71	41.63	46.48	49.11
A454	1767.6	22.61	29.73	32.76	37.74	41.23	43.12
A455	1763.5	22.31	30.93	34.6	40.64	44.87	47.16
A456	1764.4	18.11	27.86	32.02	38.85	43.63	46.22
A457	1763	19.46	29.23	33.39	40.23	45.02	47.62
A458	1762	20.37	30.17	34.35	41.21	46.01	48.62
A459	1761.2	20.79	30.72	34.95	41.9	46.77	49.41
A460	1769.5	21.19	28.11	31.07	35.93	39.35	41.22
A461	1763	21.2	30.37	34.27	40.69	45.19	47.64
A462	1763.7	20.23	29.49	33.43	39.92	44.47	46.94
A463	1763.5	20.42	29.68	33.63	40.12	44.66	47.14
A464	1760.2	19.61	30.29	34.84	42.31	47.55	50.38
A465	1765.7	17.82	27.23	31.23	37.82	42.43	44.93
A466	1763.5	22.27	30.9	34.58	40.63	44.86	47.16
A467	1760.4	18.94	29.78	34.4	41.99	47.3	50.18

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)					
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%
A468	1760.1	18.61	29.66	34.37	42.11	47.53	50.47
A469	1760.6	17.95	29.06	33.79	41.57	47.01	49.97
A470	1767	17.67	26.68	30.52	36.83	41.25	43.65
A471	1759	18.48	29.95	34.84	42.87	48.5	51.55
A472	1768	18.65	26.99	30.54	36.37	40.46	42.68
A473	1768.1	18.87	27.09	30.6	36.36	40.39	42.58
A474	1769.7	18.5	26.31	29.64	35.1	38.92	41
A475	1768.9	19.8	27.43	30.68	36.03	39.77	41.8
A476	1765.5	17.47	27.07	31.16	37.88	42.58	45.13
A477	1765.5	17.3	26.96	31.07	37.83	42.56	45.12
A478	1771.5	24.89	29.87	32	35.5	37.96	39.3
A479	1764.4	24.87	32.27	35.43	40.64	44.3	46.3
A480	1775.7	24.82	28.41	29.94	32.45	34.2	35.16
A481	1768.5	24.56	30.67	33.28	37.58	40.6	42.26
A482	1763.5	24.34	32.22	35.59	41.14	45.05	47.18
A483	1769.5	24.26	30.13	32.64	36.77	39.68	41.26
A484	1764.5	24.25	31.83	35.06	40.39	44.14	46.2
A485	1769.9	24.24	29.98	32.43	36.47	39.32	40.87
A486	1777.7	24.17	27.29	28.62	30.81	32.34	33.18
A487	1761.3	24.16	32.9	36.62	42.74	47.03	49.36
A488	1763	24	32.22	35.72	41.47	45.49	47.68
A489	1778.7	23.98	26.83	28.04	30.03	31.43	32.19
A490	1764.3	23.98	31.72	35.02	40.46	44.29	46.39
A491	1770	23.91	29.77	32.27	36.36	39.23	40.77
A492	1765.5	23.7	31.17	34.35	39.57	43.23	45.21
A493	1760.6	23.69	32.82	36.72	43.12	47.6	50.04
A494	1768.4	23.6	30.11	32.89	37.44	40.62	42.35
A495	1782	23.57	25.43	26.22	27.52	28.43	28.93
A496	1762.9	23.55	31.95	35.53	41.41	45.53	47.77
A497	1760.5	23.49	32.73	36.66	43.14	47.67	50.14
O.T.	1810.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

**Anexo 3.** Resultados del análisis hidráulico de la Zona de Riego con la propuesta 2

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A2	1822.50	3.34	3.57	3.67	3.83	3.94	3.99	4.00
A3	1821.80	3.87	4.17	4.29	4.49	4.62	4.69	4.70
A4	1822.10	3.38	3.74	3.89	4.13	4.30	4.39	4.40
A5	1822.00	3.22	3.67	3.86	4.16	4.37	4.48	4.50
A6	1822.00	3.06	3.57	3.78	4.12	4.36	4.48	4.50
A7	1822.80	2.09	2.65	2.89	3.28	3.54	3.68	3.70
A8	1821.30	3.39	4.02	4.29	4.72	5.02	5.18	5.20
A9	1823.30	1.35	1.99	2.27	2.71	3.02	3.18	3.20
A10	1821.30	3.21	3.90	4.19	4.67	5.00	5.18	5.20
A11	1819.50	4.77	5.54	5.87	6.40	6.77	6.97	7.00
A12	1812.50	11.45	12.34	12.71	13.32	13.74	13.97	14.00
A13	1814.80	8.77	9.78	10.21	10.91	11.40	11.66	11.70
A14	1817.00	6.28	7.39	7.86	8.63	9.17	9.46	9.50
A15	1816.80	6.38	7.52	8.01	8.81	9.36	9.66	9.70
A16	1816.30	6.60	7.84	8.37	9.23	9.83	10.15	10.20
A17	1815.80	7.02	8.29	8.83	9.71	10.32	10.65	10.70
A18	1813.00	9.64	10.97	11.54	12.46	13.10	13.45	13.50
A19	1812.80	9.73	11.10	11.68	12.63	13.29	13.65	13.70
A20	1811.30	10.80	12.32	12.96	14.02	14.75	15.14	15.20
A21	1811.00	11.02	12.57	13.22	14.30	15.04	15.44	15.50
A22	1812.00	9.95	11.52	12.19	13.28	14.03	14.44	14.50
A23	1810.50	11.44	13.01	13.68	14.77	15.53	15.94	16.00
A24	1806.50	15.05	16.75	17.48	18.67	19.49	19.94	20.00
A25	1809.50	11.82	13.61	14.36	15.60	16.47	16.93	17.00
A26	1811.00	10.13	11.98	12.76	14.05	14.95	15.43	15.50
A27	1810.50	10.35	12.29	13.12	14.47	15.42	15.93	16.00
A28	1810.50	10.29	12.26	13.09	14.46	15.41	15.93	16.00
A29	1811.50	9.23	11.21	12.06	13.44	14.41	14.93	15.00
A30	1810.50	9.99	12.06	12.94	14.38	15.38	15.92	16.00
A31	1810.50	9.93	12.02	12.91	14.36	15.38	15.92	16.00
A32	1809.50	10.87	12.98	13.88	15.35	16.37	16.92	17.00
A33	1807.00	13.25	15.40	16.32	17.81	18.86	19.42	19.50
A34	1803.00	16.95	19.21	20.16	21.73	22.83	23.42	23.50
A35	1805.00	14.64	17.00	18.00	19.65	20.79	21.41	21.50
A36	1804.50	14.77	17.25	18.31	20.05	21.25	21.91	22.00
A37	1804.50	14.60	17.15	18.23	20.00	21.24	21.90	22.00
A38	1804.50	14.05	16.78	17.95	19.85	21.18	21.90	22.00



Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A39	1804.50	13.84	16.64	17.83	19.79	21.16	21.89	22.00
A40	1802.50	15.42	18.37	19.62	21.68	23.11	23.89	24.00
A41	1798.60	18.48	21.72	23.10	25.36	26.93	27.78	27.90
A42	1789.50	27.35	30.67	32.08	34.39	36.01	36.87	37.00
A43	1788.00	28.42	31.89	33.36	35.78	37.46	38.37	38.50
A44	1789.30	26.73	30.33	31.86	34.37	36.12	37.06	37.20
A45	1789.10	26.53	30.27	31.86	34.47	36.28	37.26	37.40
A46	1789.00	26.52	30.30	31.91	34.54	36.37	37.36	37.50
A47	1796.00	21.48	24.58	25.90	28.06	29.57	30.38	30.50
A48	1793.50	23.90	27.03	28.36	30.54	32.06	32.88	33.00
A49	1793.00	24.29	27.46	28.80	31.01	32.55	33.38	33.50
A50	1793.50	23.72	26.91	28.27	30.49	32.04	32.88	33.00
A51	1791.00	25.79	29.13	30.55	32.87	34.50	35.37	35.50
A52	1790.00	26.42	29.89	31.36	33.77	35.46	36.37	36.50
A53	1787.00	29.40	32.87	34.35	36.77	38.46	39.37	39.50
A54	1787.00	24.99	25.43	25.62	25.94	26.16	26.28	26.30
A55	1787.00	24.84	25.34	25.55	25.90	26.14	26.28	26.30
A56	1783.50	27.88	28.54	28.82	29.28	29.60	29.77	29.80
A57	1778.50	32.31	33.16	33.52	34.12	34.54	34.77	34.80
A58	1778.70	32.04	32.91	33.28	33.90	34.33	34.57	34.60
A59	1785.60	29.95	33.72	35.33	37.95	39.78	40.76	40.90
A60	1775.70	39.55	43.42	45.07	47.76	49.64	50.65	50.80
A61	1775.70	38.84	42.95	44.70	47.57	49.57	50.64	50.80
A62	1776.60	37.54	41.79	43.60	46.56	48.62	49.74	49.90
A63	1793.00	24.22	27.41	28.77	30.99	32.54	33.38	33.50
A64	1789.50	27.63	30.85	32.22	34.47	36.03	36.88	37.00
A65	1787.00	30.04	33.29	34.67	36.94	38.52	39.38	39.50
A66	1786.50	30.51	33.77	35.16	37.43	39.02	39.88	40.00
A67	1786.00	30.89	34.20	35.60	37.90	39.51	40.37	40.50
A68	1786.00	30.74	34.09	35.52	37.86	39.49	40.37	40.50
A69	1785.90	30.80	34.17	35.60	37.95	39.59	40.47	40.60
A70	1787.00	29.69	33.06	34.49	36.84	38.49	39.37	39.50
A71	1789.40	26.83	30.36	31.86	34.32	36.04	36.97	37.10
A72	1787.50	27.85	31.68	33.31	35.98	37.85	38.85	39.00
A73	1786.80	28.35	32.25	33.91	36.63	38.53	39.55	39.70
A74	1782.50	31.60	35.86	37.67	40.64	42.72	43.84	44.00
A75	1783.50	30.51	34.80	36.63	39.62	41.71	42.84	43.00
A76	1785.60	25.54	26.28	26.59	27.11	27.47	27.67	27.70
A77	1777.70	32.26	33.40	33.88	34.68	35.25	35.55	35.60

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A78	1776.00	33.48	34.78	35.34	36.25	36.89	37.25	37.30
A79	1775.00	34.13	35.55	36.15	37.15	37.86	38.24	38.30
A80	1778.00	32.74	33.61	33.98	34.60	35.03	35.27	35.30
A81	1773.50	35.34	36.86	37.50	38.57	39.32	39.74	39.80
A82	1774.70	33.35	35.13	35.89	37.15	38.04	38.53	38.60
A83	1774.70	33.29	35.09	35.86	37.14	38.03	38.53	38.60
A84	1773.50	41.70	45.59	47.24	49.95	51.84	52.85	53.00
A85	1773.30	41.72	45.67	47.35	50.10	52.02	53.05	53.20
A86	1774.00	40.86	44.87	46.57	49.36	51.30	52.35	52.50
A87	1773.80	40.96	45.00	46.72	49.53	51.49	52.55	52.70
A88	1771.00	43.58	47.68	49.43	52.28	54.27	55.34	55.50
A89	1771.00	43.45	47.60	49.36	52.25	54.26	55.34	55.50
A90	1770.80	43.51	47.70	49.49	52.41	54.44	55.54	55.70
A91	1793.20	24.01	27.21	28.56	30.79	32.34	33.18	33.30
A92	1790.50	26.69	29.89	31.25	33.48	35.04	35.88	36.00
A93	1791.00	26.16	29.37	30.74	32.97	34.54	35.38	35.50
A94	1791.50	25.54	28.79	30.17	32.44	34.02	34.88	35.00
A95	1791.50	25.47	28.74	30.14	32.42	34.02	34.88	35.00
A96	1788.50	28.37	31.68	33.09	35.39	37.00	37.87	38.00
A97	1788.50	27.02	30.79	32.39	35.02	36.86	37.86	38.00
A98	1784.50	32.19	35.56	36.99	39.34	40.99	41.87	42.00
A99	1782.00	34.52	37.95	39.41	41.80	43.47	44.37	44.50
A100	1781.70	31.70	36.20	38.11	41.25	43.44	44.63	44.80
A101	1779.50	32.28	37.33	39.48	43.00	45.47	46.81	47.00
A102	1781.00	30.77	35.82	37.97	41.50	43.97	45.31	45.50
A103	1773.50	35.09	36.69	37.37	38.50	39.30	39.73	39.80
A104	1773.50	33.36	35.55	36.48	38.02	39.11	39.71	39.80
A105	1773.40	33.21	35.48	36.46	38.06	39.19	39.81	39.90
A106	1773.00	33.05	35.51	36.57	38.30	39.53	40.20	40.30
A107	1771.00	32.07	35.54	37.02	39.48	41.21	42.16	42.30
A108	1770.00	32.82	36.38	37.90	40.41	42.18	43.15	43.30
A109	1771.00	31.69	35.29	36.83	39.37	41.17	42.15	42.30
A110	1770.01	32.00	35.84	37.48	40.18	42.09	43.14	43.30
A111	1769.90	32.05	35.90	37.55	40.27	42.19	43.24	43.40
A112	1772.20	42.27	46.41	48.17	51.05	53.06	54.14	54.30
A113	1786.80	30.04	33.36	34.77	37.09	38.70	39.57	39.70
A114	1786.30	30.52	33.85	35.26	37.58	39.20	40.07	40.20
A115	1786.00	30.77	34.11	35.54	37.87	39.49	40.37	40.50
A116	1783.00	33.71	37.07	38.50	40.85	42.49	43.37	43.50

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A117	1782.00	34.66	38.04	39.48	41.84	43.48	44.37	44.50
A118	1780.50	36.08	39.49	40.94	43.32	44.97	45.87	46.00
A119	1783.90	32.65	36.07	37.52	39.91	41.57	42.47	42.60
A120	1786.00	30.50	33.93	35.40	37.79	39.47	40.37	40.50
A121	1785.00	31.35	34.83	36.32	38.75	40.45	41.37	41.50
A122	1782.50	33.51	37.11	38.64	41.16	42.91	43.86	44.00
A123	1782.90	32.57	36.36	37.97	40.61	42.46	43.45	43.60
A124	1782.50	32.80	36.64	38.28	40.96	42.84	43.85	44.00
A125	1782.00	33.04	36.97	38.64	41.39	43.31	44.35	44.50
A126	1782.30	32.68	36.63	38.31	41.07	43.00	44.05	44.20
A127	1779.00	32.48	37.63	39.82	43.42	45.94	47.30	47.50
A128	1778.50	32.74	37.97	40.20	43.86	46.41	47.80	48.00
A129	1779.00	31.82	37.20	39.49	43.25	45.87	47.29	47.50
A130	1778.00	32.00	37.67	40.07	44.03	46.79	48.28	48.50
A131	1777.50	31.28	37.38	39.97	44.22	47.17	48.77	49.00
A132	1776.50	29.92	30.51	30.62	30.79	30.92	30.99	31.00
A133	1776.50	29.72	30.37	30.51	30.74	30.90	30.99	31.00
A134	1775.90	29.39	30.36	30.63	31.08	31.40	31.57	31.60
A135	1775.80	29.37	30.38	30.67	31.15	31.49	31.67	31.70
A136	1773.00	33.12	35.56	36.60	38.32	39.53	40.20	40.30
A137	1772.90	33.16	35.62	36.67	38.40	39.63	40.30	40.40
A138	1778.00	29.93	29.96	29.97	29.98	29.99	30.00	30.00
A139	1777.90	29.90	29.97	30.00	30.04	30.08	30.10	30.10
A140	1778.50	30.32	36.40	38.99	43.23	46.18	47.77	48.00
A141	1778.50	30.41	36.46	39.04	43.25	46.19	47.77	48.00
A142	1778.50	30.42	36.47	39.04	43.26	46.19	47.77	48.00
A143	1778.50	30.45	36.49	39.06	43.26	46.19	47.77	48.00
A144	1777.40	31.60	37.62	40.18	44.38	47.30	48.87	49.10
A145	1780.50	28.68	34.65	37.18	41.33	44.22	45.78	46.00
A146	1778.00	30.44	36.66	39.30	43.63	46.64	48.27	48.50
A147	1775.00	29.95	31.04	31.36	31.89	32.26	32.47	32.50
A148	1774.80	29.64	30.90	31.30	31.95	32.41	32.66	32.70
A149	1773.90	28.90	30.72	31.36	32.40	33.14	33.54	33.60
A150	1774.30	27.85	29.89	30.62	31.82	32.67	33.13	33.20
A151	1771.50	34.06	36.69	37.81	39.66	40.97	41.69	41.80
A152	1771.50	33.97	36.62	37.76	39.64	40.96	41.69	41.80
A153	1778.50	29.38	29.42	29.44	29.47	29.49	29.50	29.50
A154	1778.50	29.36	29.41	29.43	29.46	29.48	29.50	29.50
A155	1777.50	30.31	30.37	30.40	30.45	30.48	30.50	30.50

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A156	1777.50	30.27	30.35	30.38	30.44	30.48	30.50	30.50
A157	1778.50	29.26	29.34	29.38	29.43	29.47	29.50	29.50
A158	1778.50	29.25	29.34	29.37	29.43	29.47	29.50	29.50
A159	1778.00	29.74	29.83	29.86	29.93	29.97	30.00	30.00
A160	1776.00	31.71	31.81	31.85	31.92	31.97	32.00	32.00
A161	1774.50	33.19	33.30	33.34	33.42	33.47	33.50	33.50
A162	1771.50	36.19	36.29	36.34	36.41	36.47	36.50	36.50
A163	1771.50	36.19	36.29	36.34	36.41	36.47	36.50	36.50
A164	1773.40	34.28	34.39	34.44	34.51	34.57	34.60	34.60
A165	1773.50	34.18	34.29	34.34	34.41	34.47	34.50	34.50
A166	1777.00	30.67	30.79	30.83	30.91	30.97	31.00	31.00
A167	1779.50	28.17	28.28	28.33	28.41	28.46	28.50	28.50
A168	1782.00	27.22	33.17	35.70	39.84	42.72	44.28	44.50
A169	1781.50	27.71	33.67	36.20	40.34	43.22	44.78	45.00
A170	1783.30	25.86	31.83	34.37	38.52	41.42	42.98	43.20
A171	1773.50	28.04	30.29	31.10	32.45	33.40	33.92	34.00
A172	1773.00	28.14	30.53	31.40	32.85	33.86	34.42	34.50
A173	1772.00	28.90	31.37	32.28	33.78	34.84	35.41	35.50
A174	1771.00	29.31	31.98	32.97	34.62	35.77	36.41	36.50
A175	1769.00	30.26	33.29	34.43	36.33	37.66	38.39	38.50
A176	1769.20	29.94	33.01	34.17	36.10	37.45	38.19	38.30
A177	1769.40	29.64	32.74	33.92	35.87	37.24	37.99	38.10
A178	1769.50	29.23	32.44	33.66	35.68	37.11	37.88	38.00
A179	1770.00	28.48	31.77	33.03	35.11	36.58	37.38	37.50
A180	1769.90	28.45	31.79	33.07	35.18	36.67	37.48	37.60
A181	1770.60	33.67	36.73	38.04	40.21	41.73	42.57	42.70
A182	1770.50	33.26	36.49	37.88	40.17	41.78	42.67	42.80
A183	1770.50	32.66	36.10	37.57	40.00	41.72	42.66	42.80
A184	1770.40	32.58	36.08	37.58	40.05	41.80	42.76	42.90
A185	1769.50	31.88	35.92	37.65	40.51	42.53	43.63	43.80
A186	1770.00	31.19	35.30	37.06	39.96	42.01	43.13	43.30
A187	1769.00	31.28	35.70	37.59	40.71	42.91	44.12	44.30
A188	1769.00	31.01	35.52	37.45	40.63	42.88	44.12	44.30
A189	1769.00	28.98	34.18	36.40	40.07	42.66	44.09	44.30
A190	1769.00	28.06	33.57	35.93	39.82	42.56	44.07	44.30
A191	1769.00	27.91	33.47	35.85	39.78	42.55	44.07	44.30
A192	1777.90	29.77	29.88	29.93	30.01	30.07	30.10	30.10
A193	1772.70	34.18	34.56	34.72	34.99	35.18	35.28	35.30
A194	1781.80	27.46	33.40	35.92	40.05	42.93	44.48	44.70

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A195	1781.40	27.85	33.79	36.31	40.45	43.33	44.88	45.10
A196	1769.10	29.85	32.98	34.17	36.14	37.53	38.29	38.40
A197	1768.50	30.03	33.31	34.57	36.64	38.09	38.88	39.00
A198	1768.70	29.61	32.96	34.25	36.37	37.86	38.68	38.80
A199	1768.00	30.13	33.54	34.86	37.02	38.55	39.38	39.50
A200	1766.50	31.15	34.73	36.11	38.39	39.99	40.87	41.00
A201	1762.90	33.37	37.41	39.00	41.61	43.45	44.45	44.60
A202	1770.50	33.24	36.48	37.87	40.16	41.78	42.67	42.80
A203	1768.00	35.61	38.89	40.30	42.62	44.26	45.17	45.30
A204	1768.20	35.25	38.59	40.02	42.38	44.05	44.96	45.10
A205	1770.00	31.16	35.28	37.04	39.95	42.00	43.13	43.30
A206	1769.50	31.56	35.71	37.49	40.42	42.49	43.63	43.80
A207	1768.50	30.23	35.18	37.29	40.78	43.24	44.60	44.80
A208	1768.20	30.36	35.36	37.50	41.03	43.52	44.90	45.10
A209	1768.00	30.27	35.37	37.55	41.15	43.70	45.09	45.30
A210	1767.90	27.05	33.28	35.94	40.34	43.44	45.14	45.40
A211	1768.50	28.26	33.87	36.27	40.24	43.03	44.57	44.80
A212	1769.00	27.43	33.16	35.60	39.64	42.50	44.07	44.30
A213	1768.50	27.64	33.46	35.95	40.06	42.96	44.56	44.80
A214	1781.50	27.88	33.78	36.28	40.39	43.24	44.78	45.00
A215	1781.50	28.00	33.86	36.35	40.42	43.26	44.78	45.00
A216	1780.50	29.20	34.99	37.45	41.48	44.28	45.78	46.00
A217	1779.50	30.48	36.17	38.59	42.55	45.31	46.79	47.00
A218	1778.00	29.09	29.23	29.29	29.39	29.46	29.49	29.50
A219	1776.00	29.72	30.33	30.59	31.01	31.31	31.48	31.50
A220	1775.00	29.58	30.58	31.00	31.70	32.19	32.46	32.50
A221	1773.00	29.35	31.10	31.85	33.08	33.95	34.43	34.50
A222	1771.90	30.27	32.08	32.85	34.13	35.03	35.53	35.60
A223	1771.90	30.15	32.00	32.79	34.10	35.02	35.52	35.60
A224	1769.00	29.77	32.97	34.19	36.20	37.61	38.39	38.50
A225	1768.80	29.86	33.10	34.33	36.37	37.80	38.58	38.70
A226	1769.50	29.12	32.37	33.61	35.66	37.10	37.88	38.00
A227	1769.00	29.56	32.83	34.08	36.14	37.59	38.38	38.50
A228	1769.30	29.25	32.52	33.77	35.84	37.29	38.08	38.20
A229	1769.10	29.37	32.67	33.94	36.02	37.48	38.28	38.40
A230	1769.00	29.46	32.76	34.03	36.11	37.58	38.38	38.50
A231	1769.00	29.43	32.74	34.02	36.11	37.58	38.38	38.50
A232	1769.30	29.06	32.39	33.68	35.79	37.27	38.08	38.20
A233	1769.40	28.91	32.26	33.55	35.67	37.16	37.98	38.10

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A234	1769.50	28.78	32.14	33.44	35.57	37.06	37.88	38.00
A235	1769.50	28.77	32.14	33.43	35.56	37.06	37.88	38.00
A236	1770.00	28.26	31.63	32.92	35.06	36.56	37.38	37.50
A237	1769.00	29.00	32.47	33.81	36.00	37.54	38.38	38.50
A238	1768.50	29.02	32.65	34.06	36.37	37.99	38.87	39.00
A239	1767.00	29.84	33.70	35.20	37.68	39.42	40.36	40.50
A240	1766.50	30.17	34.09	35.61	38.13	39.90	40.86	41.00
A241	1766.00	30.31	34.35	35.93	38.53	40.36	41.35	41.50
A242	1766.40	29.17	33.46	35.15	37.93	39.88	40.94	41.10
A243	1768.50	32.16	36.45	38.28	41.31	43.45	44.62	44.80
A244	1767.70	32.62	37.03	38.91	42.02	44.21	45.42	45.60
A245	1768.00	32.29	36.71	38.59	41.71	43.91	45.12	45.30
A246	1768.50	31.74	36.18	38.07	41.20	43.41	44.62	44.80
A247	1780.50	29.76	35.36	37.73	41.63	44.33	45.79	46.00
A248	1779.80	30.68	36.20	38.54	42.38	45.06	46.49	46.70
A249	1777.90	35.33	39.89	41.83	45.01	47.23	48.43	48.60
A250	1773.20	41.02	45.24	47.04	49.98	52.03	53.14	53.30
A251	1772.00	42.34	46.52	48.30	51.21	53.25	54.34	54.50
A252	1772.10	42.29	46.45	48.22	51.13	53.15	54.24	54.40
A253	1771.60	42.17	46.55	48.41	51.46	53.59	54.73	54.90
A254	1771.70	39.78	44.94	47.13	50.73	53.24	54.60	54.80
A255	1771.80	39.52	44.73	46.95	50.59	53.13	54.50	54.70
A256	1770.00	32.14	33.96	34.74	36.02	36.93	37.43	37.50
A257	1770.50	30.85	32.94	33.83	35.31	36.34	36.91	37.00
A258	1770.30	30.99	33.10	34.00	35.49	36.54	37.11	37.20
A259	1768.50	31.71	34.19	35.25	36.99	38.22	38.90	39.00
A260	1768.40	31.71	34.22	35.29	37.06	38.31	39.00	39.10
A261	1765.60	30.60	34.68	36.27	38.90	40.75	41.75	41.90
A262	1765.10	30.07	34.50	36.25	39.13	41.14	42.24	42.40
A263	1763.80	30.59	35.29	37.15	40.21	42.36	43.53	43.70
A264	1763.00	31.22	35.98	37.86	40.97	43.14	44.33	44.50
A265	1763.00	31.13	35.92	37.82	40.94	43.13	44.32	44.50
A266	1765.10	28.48	33.46	35.44	38.69	40.97	42.22	42.40
A267	1767.00	32.40	37.12	39.13	42.46	44.81	46.11	46.30
A268	1766.70	32.47	37.27	39.32	42.70	45.09	46.40	46.60
A269	1766.80	32.25	37.09	39.16	42.57	44.98	46.30	46.50
A270	1767.00	31.90	36.79	38.88	42.33	44.76	46.10	46.30
A271	1773.50	30.58	31.20	31.46	31.90	32.21	32.37	32.40
A272	1774.00	29.80	30.52	30.82	31.32	31.68	31.87	31.90

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A273	1772.20	42.25	46.40	48.16	51.05	53.06	54.14	54.30
A274	1775.00	38.45	42.93	44.84	47.97	50.15	51.33	51.50
A275	1775.10	36.78	41.80	43.93	47.44	49.88	51.21	51.40
A276	1775.70	35.80	40.95	43.14	46.73	49.24	50.60	50.80
A277	1766.40	33.30	35.95	37.08	38.95	40.27	40.99	41.10
A278	1766.00	33.08	35.94	37.16	39.18	40.60	41.38	41.50
A279	1765.00	33.29	36.42	37.76	39.96	41.52	42.37	42.50
A280	1764.50	33.59	36.79	38.15	40.41	42.00	42.87	43.00
A281	1764.40	32.86	36.34	37.83	40.28	42.01	42.96	43.10
A282	1765.50	31.61	35.15	36.65	39.14	40.90	41.86	42.00
A283	1765.50	27.51	32.43	34.54	38.01	40.46	41.80	42.00
A284	1765.50	27.51	32.43	34.54	38.01	40.46	41.80	42.00
A285	1765.50	27.51	32.43	34.54	38.01	40.46	41.80	42.00
A286	1764.00	29.01	33.93	36.04	39.51	41.96	43.30	43.50
A287	1765.50	27.40	32.36	34.48	37.98	40.45	41.80	42.00
A288	1765.70	26.22	31.51	33.78	37.51	40.14	41.58	41.80
A289	1763.70	30.32	35.15	37.06	40.21	42.42	43.62	43.80
A290	1763.90	30.04	34.89	36.82	39.99	42.21	43.42	43.60
A291	1764.00	29.68	34.62	36.59	39.82	42.09	43.32	43.50
A292	1764.00	29.63	34.59	36.56	39.80	42.08	43.32	43.50
A293	1765.50	27.47	32.66	34.72	38.12	40.51	41.81	42.00
A294	1765.50	27.42	32.62	34.69	38.11	40.50	41.81	42.00
A295	1765.50	27.36	32.58	34.66	38.09	40.50	41.81	42.00
A296	1765.50	27.30	32.54	34.63	38.08	40.49	41.81	42.00
A297	1766.50	32.41	37.29	39.38	42.83	45.26	46.60	46.80
A298	1766.40	32.48	37.37	39.47	42.92	45.36	46.70	46.90
A299	1771.50	30.82	32.03	32.55	33.41	34.02	34.35	34.40
A300	1771.50	29.45	31.13	31.85	33.03	33.87	34.33	34.40
A301	1765.10	33.95	36.82	38.05	40.07	41.50	42.28	42.40
A302	1767.50	30.93	34.01	35.33	37.50	39.03	39.87	40.00
A303	1767.80	30.42	33.57	34.92	37.14	38.71	39.57	39.70
A304	1768.90	27.87	31.52	33.07	35.64	37.45	38.45	38.60
A305	1763.20	33.14	36.93	38.55	41.23	43.11	44.15	44.30
A306	1763.00	32.88	36.83	38.52	41.30	43.26	44.34	44.50
A307	1762.50	33.31	37.29	38.98	41.78	43.76	44.84	45.00
A308	1762.50	33.08	37.13	38.86	41.72	43.73	44.84	45.00
A309	1762.50	33.00	37.08	38.82	41.70	43.72	44.83	45.00
A310	1763.00	32.38	36.50	38.26	41.17	43.21	44.33	44.50
A311	1762.00	33.36	37.49	39.25	42.16	44.21	45.33	45.50

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A312	1762.00	33.33	37.47	39.23	42.15	44.21	45.33	45.50
A313	1761.00	32.07	36.97	39.07	42.52	44.96	46.30	46.50
A314	1762.00	31.07	35.98	38.07	41.53	43.96	45.30	45.50
A315	1762.50	29.19	34.56	36.86	40.64	43.32	44.78	45.00
A316	1763.80	29.70	34.70	36.69	39.97	42.27	43.52	43.70
A317	1762.50	29.98	35.33	37.47	40.99	43.46	44.80	45.00
A318	1762.00	30.17	35.62	37.81	41.40	43.92	45.30	45.50
A319	1761.50	30.64	36.11	38.29	41.89	44.42	45.80	46.00
A320	1761.50	30.61	36.08	38.28	41.88	44.42	45.80	46.00
A321	1761.50	30.60	36.08	38.27	41.88	44.42	45.80	46.00
A322	1771.10	31.10	32.35	32.89	33.78	34.40	34.75	34.80
A323	1769.50	31.39	33.09	33.82	35.02	35.86	36.33	36.40
A324	1767.50	32.02	34.19	35.11	36.64	37.72	38.31	38.40
A325	1767.90	31.31	33.58	34.55	36.15	37.28	37.91	38.00
A326	1767.60	30.69	33.81	35.15	37.36	38.92	39.77	39.90
A327	1762.90	32.57	36.66	38.41	41.29	43.32	44.43	44.60
A328	1762.50	32.44	36.71	38.54	41.54	43.66	44.83	45.00
A329	1760.00	34.24	38.75	40.67	43.85	46.09	47.32	47.50
A330	1760.50	33.49	38.08	40.04	43.28	45.56	46.81	47.00
A331	1763.00	31.82	36.13	37.97	41.01	43.15	44.32	44.50
A332	1763.50	30.12	34.84	36.86	40.18	42.52	43.81	44.00
A333	1763.50	30.12	34.84	36.85	40.18	42.52	43.81	44.00
A334	1761.30	31.98	36.81	38.88	42.28	44.69	46.00	46.20
A335	1760.60	31.81	36.93	39.13	42.74	45.29	46.69	46.90
A336	1760.50	31.53	36.78	39.03	42.74	45.35	46.79	47.00
A337	1760.50	31.30	36.64	38.92	42.68	45.33	46.78	47.00
A338	1761.00	32.31	37.13	39.19	42.59	44.99	46.30	46.50
A339	1761.00	32.14	37.02	39.11	42.55	44.97	46.30	46.50
A340	1763.00	29.55	34.87	37.00	40.51	42.96	44.30	44.50
A341	1764.40	28.10	33.44	35.57	39.09	41.56	42.90	43.10
A342	1765.00	27.50	32.84	34.97	38.49	40.96	42.30	42.50
A343	1764.50	27.96	33.32	35.46	38.98	41.45	42.80	43.00
A344	1763.00	29.45	34.81	36.95	40.48	42.95	44.30	44.50
A345	1762.00	30.37	35.76	37.91	41.46	43.94	45.30	45.50
A346	1761.20	30.79	36.31	38.52	42.15	44.70	46.10	46.30
A347	1764.90	32.79	35.57	36.77	38.73	40.12	40.89	41.00
A348	1764.80	32.77	35.60	36.80	38.80	40.21	40.98	41.10
A349	1764.70	32.71	35.59	36.82	38.86	40.29	41.08	41.20
A350	1764.60	32.67	35.60	36.85	38.92	40.38	41.18	41.30



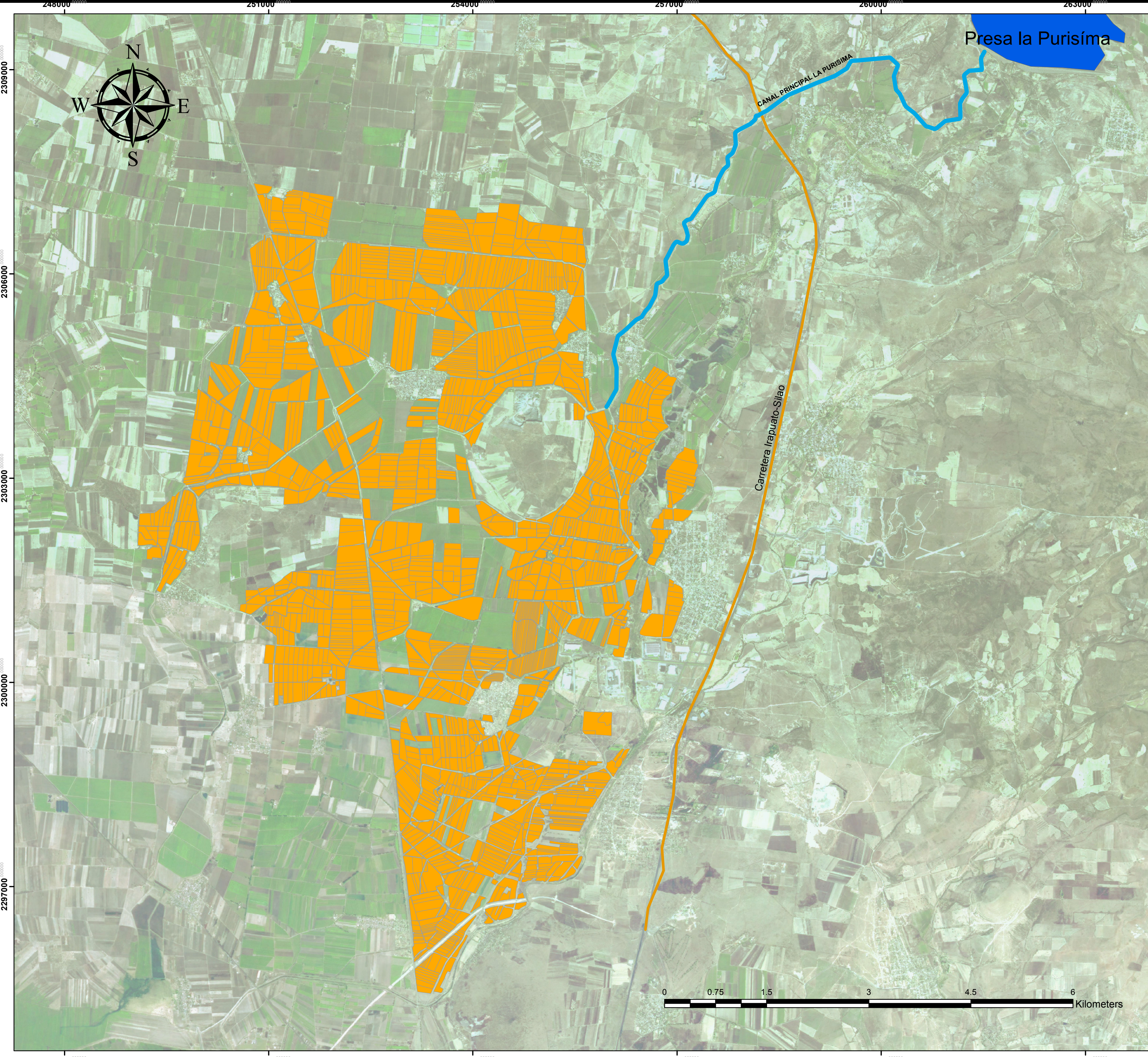
Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A351	1764.60	32.57	35.53	36.80	38.89	40.37	41.18	41.30
A352	1765.00	32.13	35.11	36.38	38.48	39.96	40.78	40.90
A353	1769.50	27.43	30.47	31.78	33.93	35.44	36.28	36.40
A354	1763.00	30.60	35.32	37.34	40.67	43.02	44.31	44.50
A355	1763.00	30.39	35.18	37.23	40.61	43.00	44.31	44.50
A356	1762.00	31.17	36.04	38.12	41.55	43.97	45.30	45.50
A357	1763.00	30.08	34.98	37.08	40.53	42.96	44.30	44.50
A358	1763.00	29.01	34.27	36.52	40.23	42.85	44.29	44.50
A359	1763.70	28.05	33.40	35.69	39.46	42.12	43.58	43.80
A360	1763.60	28.14	33.49	35.78	39.56	42.22	43.68	43.90
A361	1763.50	28.23	33.59	35.88	39.66	42.32	43.78	44.00
A362	1760.60	31.75	36.90	39.10	42.73	45.29	46.69	46.90
A363	1760.71	31.55	36.73	38.95	42.60	45.18	46.59	46.80
A364	1760.60	31.50	36.73	38.97	42.66	45.26	46.69	46.90
A365	1761.00	32.64	37.35	39.36	42.68	45.02	46.31	46.50
A366	1759.00	34.89	39.52	41.49	44.75	47.05	48.31	48.50
A367	1759.50	30.97	37.01	39.44	43.44	46.25	47.78	48.00
A368	1760.20	29.60	35.87	38.40	42.56	45.48	47.07	47.30
A369	1765.60	27.87	32.87	34.87	38.15	40.46	41.71	41.90
A370	1765.70	27.75	32.76	34.76	38.04	40.35	41.61	41.80
A371	1764.70	32.41	35.40	36.67	38.78	40.26	41.08	41.20
A372	1765.50	30.71	34.00	35.40	37.73	39.36	40.27	40.40
A373	1764.00	31.94	35.32	36.77	39.15	40.84	41.76	41.90
A374	1763.90	31.93	35.35	36.81	39.22	40.92	41.86	42.00
A375	1763.50	30.08	34.81	36.83	40.17	42.52	43.81	44.00
A376	1760.40	28.94	35.36	37.96	42.23	45.23	46.86	47.10
A377	1760.00	29.04	35.57	38.21	42.55	45.60	47.26	47.50
A378	1760.10	28.60	35.24	37.93	42.35	45.46	47.15	47.40
A379	1758.00	32.10	38.27	40.75	44.84	47.71	49.27	49.50
A380	1760.30	28.39	35.04	37.73	42.15	45.26	46.95	47.20
A381	1760.60	27.94	34.64	37.35	41.81	44.94	46.65	46.90
A382	1765.50	28.04	33.02	35.01	38.27	40.56	41.82	42.00
A383	1766.60	27.40	32.22	34.14	37.29	39.51	40.72	40.90
A384	1767.10	27.68	32.24	34.04	37.01	39.09	40.23	40.40
A385	1767.00	27.55	32.19	34.02	37.04	39.17	40.33	40.50
A386	1762.60	33.00	36.49	37.99	40.46	42.20	43.16	43.30
A387	1764.00	31.15	34.80	36.36	38.94	40.75	41.75	41.90
A388	1763.50	31.45	35.17	36.76	39.38	41.23	42.25	42.40
A389	1763.50	31.34	35.10	36.70	39.35	41.22	42.25	42.40

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A390	1759.00	28.47	35.53	38.40	43.12	46.43	48.23	48.50
A391	1768.00	28.50	32.47	34.02	36.58	38.37	39.36	39.50
A392	1768.40	28.30	32.20	33.72	36.23	38.00	38.96	39.10
A393	1768.50	28.73	32.45	33.90	36.28	37.95	38.86	39.00
A394	1768.10	28.70	32.57	34.08	36.56	38.31	39.26	39.40
A395	1762.30	29.93	30.87	31.27	31.93	32.40	32.66	32.70
A396	1762.40	29.75	30.72	31.13	31.81	32.30	32.56	32.60
A397	1762.70	32.04	35.83	37.45	40.12	42.01	43.05	43.20
A398	1760.30	33.87	37.85	39.56	42.36	44.35	45.44	45.60
A399	1760.00	34.13	38.12	39.83	42.65	44.64	45.74	45.90
A400	1759.00	34.94	39.00	40.73	43.60	45.62	46.73	46.90
A401	1760.00	33.38	37.63	39.44	42.44	44.56	45.73	45.90
A402	1759.00	34.28	38.56	40.39	43.42	45.55	46.72	46.90
A403	1760.00	33.23	37.53	39.37	42.41	44.55	45.72	45.90
A404	1759.30	33.91	38.22	40.06	43.10	45.24	46.42	46.60
A405	1768.40	28.98	32.65	34.07	36.42	38.07	38.97	39.10
A406	1768.50	29.34	32.85	34.21	36.44	38.02	38.87	39.00
A407	1768.90	29.13	32.58	33.91	36.10	37.64	38.48	38.60
A408	1769.00	29.12	32.54	33.85	36.02	37.55	38.38	38.50
A409	1769.60	28.57	31.97	33.28	35.43	36.95	37.78	37.90
A410	1769.70	28.33	31.78	33.11	35.30	36.84	37.68	37.80
A411	1762.50	29.73	30.67	31.07	31.73	32.20	32.46	32.50
A412	1762.00	30.00	31.02	31.45	32.17	32.68	32.96	33.00
A413	1760.50	31.29	32.38	32.85	33.61	34.16	34.46	34.50
A414	1760.50	31.26	32.36	32.83	33.61	34.15	34.45	34.50
A415	1759.50	32.24	33.35	33.82	34.60	35.15	35.45	35.50
A416	1760.20	31.42	32.57	33.06	33.87	34.44	34.75	34.80
A417	1760.20	31.39	32.55	33.04	33.86	34.44	34.75	34.80
A418	1769.40	28.82	32.20	33.50	35.65	37.16	37.98	38.10
A419	1763.50	29.89	30.43	30.67	31.05	31.33	31.48	31.50
A420	1764.00	29.72	30.16	30.34	30.65	30.86	30.98	31.00
A421	1764.40	29.18	29.66	29.87	30.21	30.45	30.58	30.60
A422	1764.00	29.85	30.24	30.41	30.68	30.88	30.98	31.00
A423	1763.50	30.90	31.11	31.19	31.34	31.44	31.49	31.50
A424	1765.00	31.84	37.43	39.82	43.76	46.54	48.07	48.30
A425	1764.30	31.93	37.73	40.20	44.29	47.18	48.76	49.00
A426	1764.50	30.97	37.02	39.61	43.88	46.90	48.55	48.80
A427	1764.50	30.79	36.90	39.52	43.83	46.88	48.55	48.80
A428	1765.00	32.29	37.72	40.05	43.88	46.59	48.08	48.30

Datos de Nodos		Presiones (m.c.a.)						
Nombre	Elevación msnm	Gasto 100%	Gasto 80%	Gasto 70%	Gasto 50%	Gasto 30%	Gasto 10%	Gasto 0%
A429	1765.50	31.67	37.15	39.49	43.35	46.08	47.58	47.80
A430	1766.00	32.35	37.42	39.60	43.18	45.70	47.09	47.30
A431	1766.10	32.11	37.23	39.42	43.04	45.59	46.99	47.20
A432	1766.00	32.08	37.25	39.46	43.10	45.68	47.09	47.30
A433	1765.80	32.15	37.36	39.59	43.27	45.86	47.29	47.50
A434	1764.50	31.00	37.04	39.62	43.89	46.90	48.55	48.80
A435	1764.30	30.87	37.02	39.66	44.00	47.06	48.75	49.00
A436	1766.10	32.41	37.43	39.58	43.12	45.62	46.99	47.20
A437	1767.00	31.81	36.73	38.83	42.30	44.75	46.10	46.30
A438	1804.00	14.14	17.01	18.23	20.24	21.63	22.39	22.50
A440	1777.90	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
A441	1779.50	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
A442	1777.50	29.67	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
A443	1778.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
A444	1789.30	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
A445	1765.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
A1	1826.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

## **Anexo 4** Mapas





#### SIMBOLOGIA

	Canal principal la Purisima
	Parcelas Zona de riego
	Presla la Purisima

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500.000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -99.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

**Colegio de Postgraduados**  
Programa de Hidrociencias

---

**APLICACIÓN DE MODELOS INFORMÁTICOS EN LA  
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE  
UN SISTEMA DE RIEGO**

---

**ZONA DE RIEGO TECNIFICADA**

---

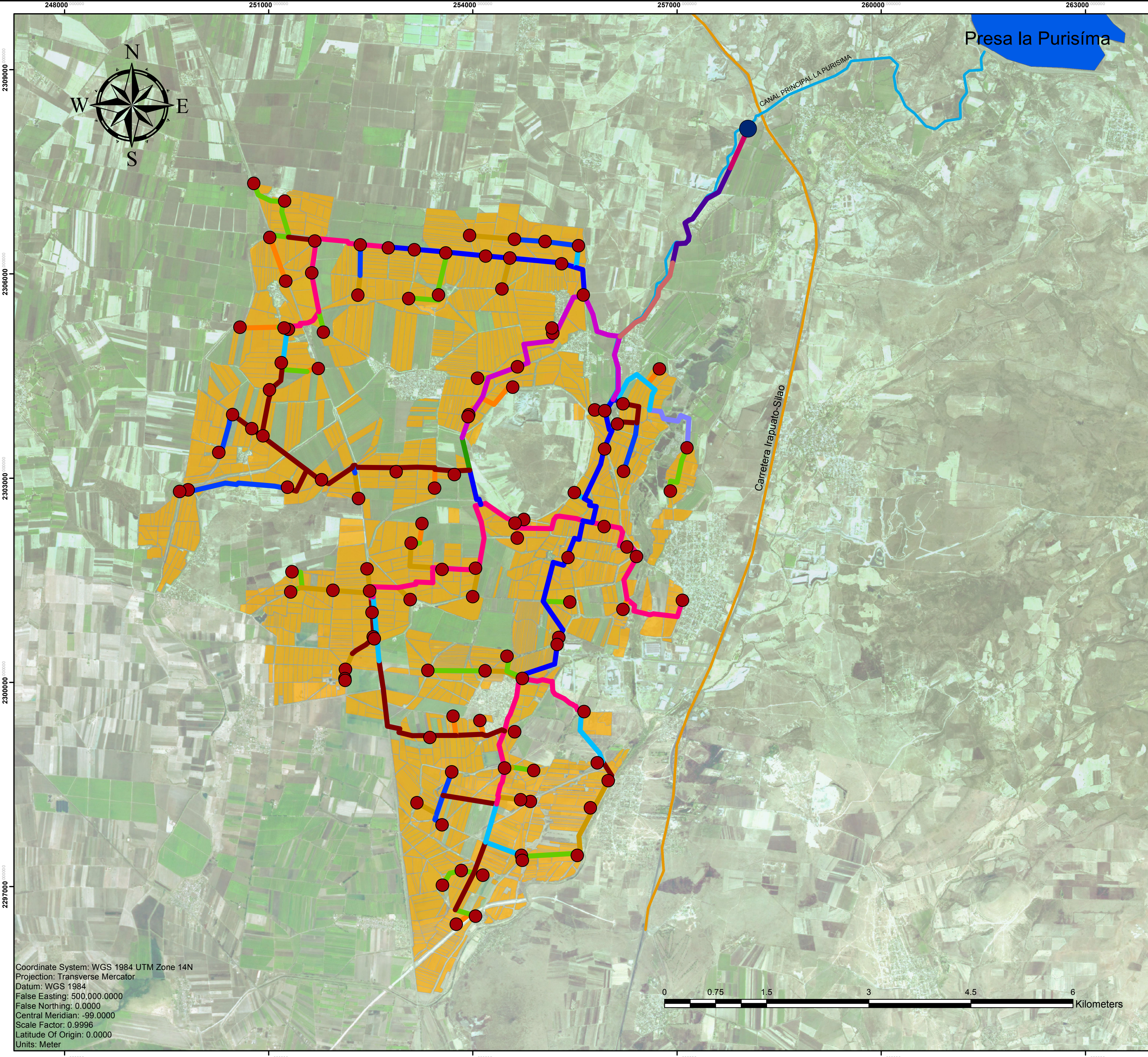
FERNANDO FLORES ESCOBAR

---

Escala 1 : 35,000

Noviembre 2016





Presla la Purísima

CANAL PRINCIPAL LA PURISIMA

Carretera Irapuato-Silao



**SIMBOLOGIA**

- Obra de Toma
- Toma Granja
- PVC 200 mm
- PVC 250 mm
- PVC 315 mm
- PVC 355 mm
- PVC 400 mm
- PVC 450 mm
- PVC 500 mm
- PVC 630 mm
- PVC 800 mm
- PRFV 900 mm
- PRFV 1300 mm
- PRFV 1500 mm
- PRFV 1700 mm
- PRFV 1800 mm
- Canal principal la Purisima
- Parcelas Zona de Riego
- Presla la Purisima

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -99.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter



**Colegio de Postgraduados**  
 Programa de Hidrociencias

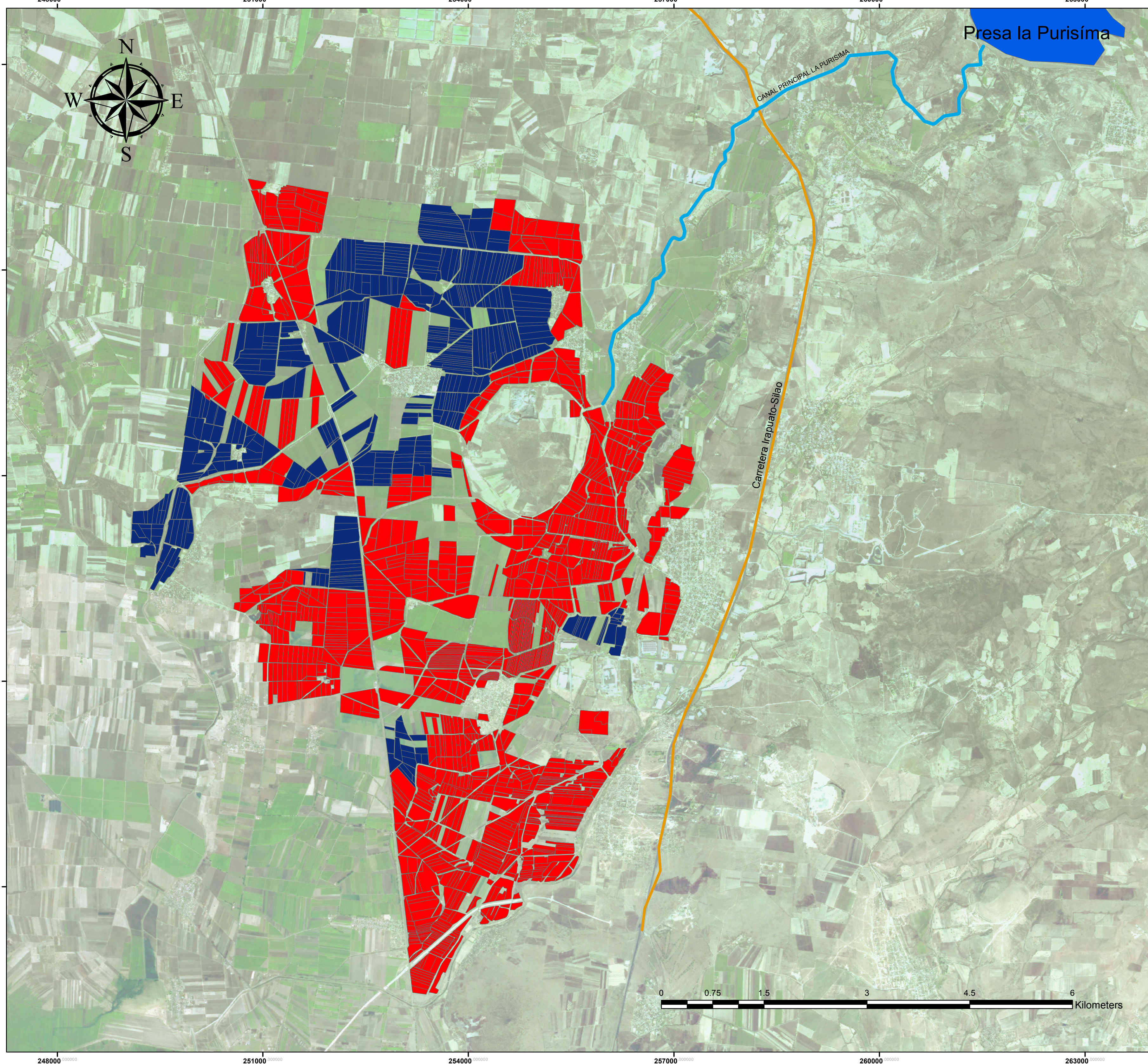
**APLICACIÓN DE MODELOS INFORMÁTICOS EN LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE UN SISTEMA DE RIEGO**

OBRAS DE TOMA, TUBERÍA Y TOMAS GRANJA EXISTENTES

FERNANDO FLORES ESCOBAR

Escala 1 : 35,000      Noviembre 2016





#### SIMBOLOGIA

- Canal principal la Purísima
- Presla la Purísima
- Presión < 25 m
- Presión ≥ 25 m

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -99.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

Colegio de Postgraduados  
Programa de Hidrociencias

**APLICACIÓN DE MODELOS INFORMÁTICOS EN LA  
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE  
UN SISTEMA DE RIEGO**

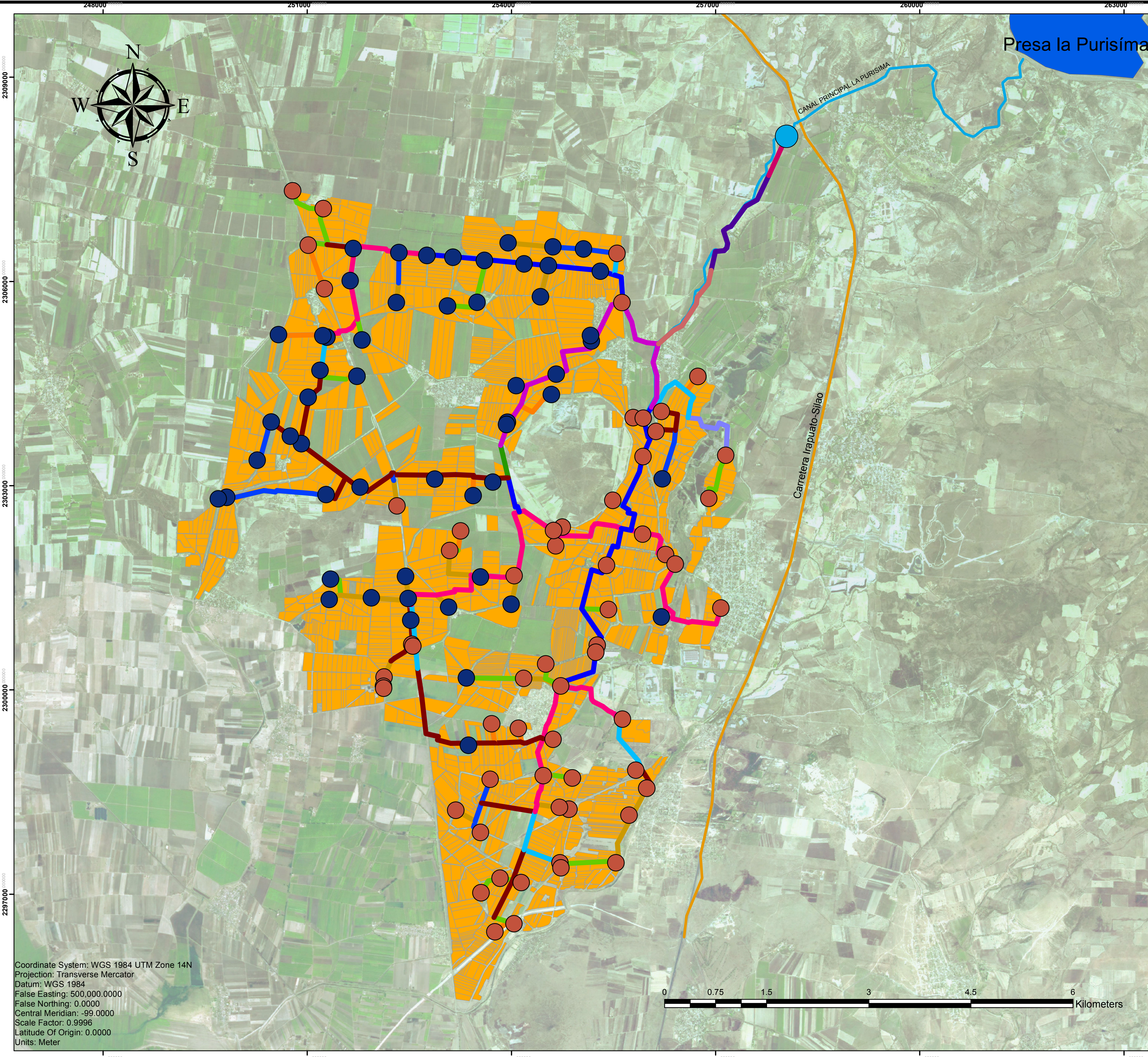
**PRESIONES DISPONIBLES EN PARCELAS**

FERNANDO FLORES ESCOBAR

Escala 1 : 35,000      Noviembre 2016







#### SIMBOLOGIA

- Obra de Toma 2
- Presla la Purisima
- Parcelas Zona 2
- Toma granja con bombeo
- Toma granja sin bombeo
- Canal principal la Purisima
- PVC 200 mm
- PVC 250 mm
- PVC 315 mm
- PVC 355 mm
- PVC 400 mm
- PVC 450 mm
- PVC 500 mm
- PVC 630 mm
- PVC 800 mm
- PRFV 900 mm
- PRFV 1300 mm
- PRFV 1500 mm
- PRFV 1700 mm
- PRFV 1800 mm

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -99.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter



Colegio de Postgraduados  
Programa de Hidrociencias

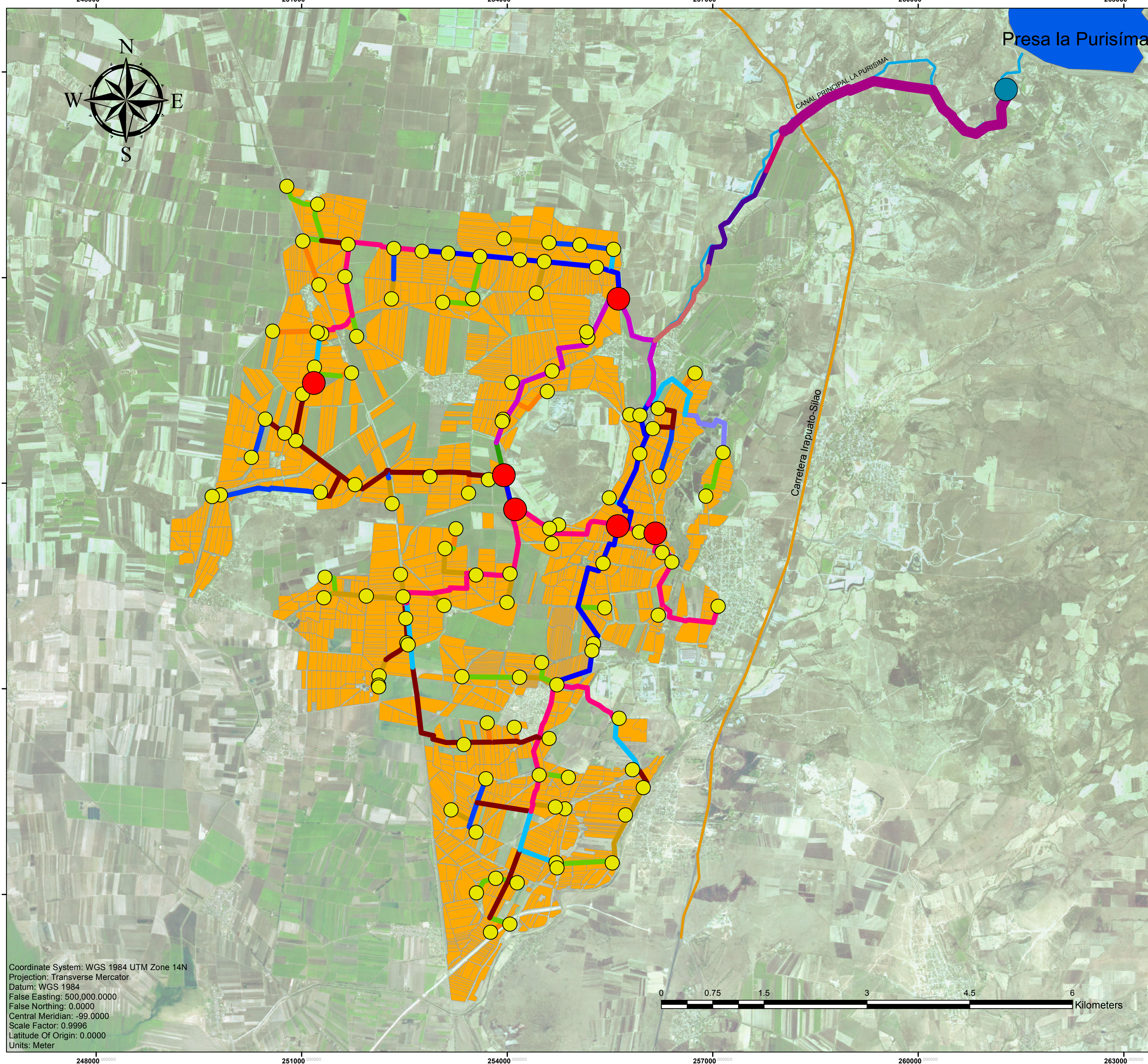
APLICACIÓN DE MODELOS INFORMÁTICOS EN LA  
 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE  
 UN SISTEMA DE RIEGO

ALTERNATIVA 1 (BOMBEO LOCALIZADO) ZONA 2

FERNANDO FLORES ESCOBAR

Escala 1 : 35,000
Noviembre 2016

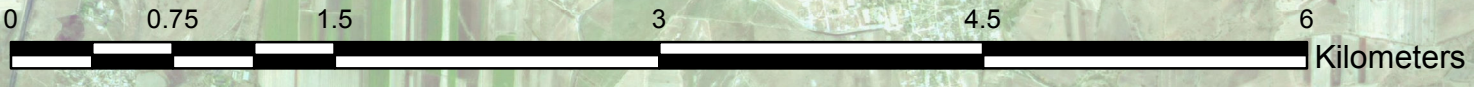




### SIMBOLOGIA

	Presla la Purisima
	Parcelas Zona 2
	Toma Granja Zona de Riego 2
	Canal principal la Purisima
	PVC 200 mm
	PVC 250 mm
	PVC 315 mm
	PVC 355 mm
	PVC 400 mm
	PVC 450 mm
	PVC 500 mm
	PVC 630 mm
	PVC 800 mm
	PRFV 900 mm
	PRFV 1300 mm
	PRFV 1500 mm
	PRFV 1700 mm
	PRFV 1800 mm
	Tubería alternativa 2 PRFV 1700 mm alternativa 2
	Válvulas Reguladoras

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -99.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter



Colegio de Postgraduados  
 Programa de Hidrociencias

**APLICACIÓN DE MODELOS INFORMÁTICOS EN LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE UN SISTEMA DE RIEGO**

**ALTERNATIVA 2 (ZONA RIEGO 2)**

FERNANDO FLORES ESCOBAR

Escala 1 : 35,000      Noviembre 2016