

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO UTILIZANDO EL SOFTWARE IRRICAD EN
INTERACCIÓN CON HERRAMIENTAS DE GOOGLE EARTH.**

POR:

ALEXANDER LÓPEZ MORALES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, DICIEMBRE DEL 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO UTILIZANDO EL SOFTWARE IRRICAD EN
INTERACCIÓN CON HERRAMIENTAS DE GOOGLE EARTH

TESIS:

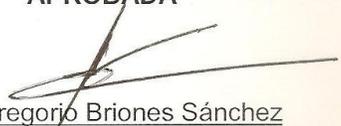
POR:

ALEXANDER LÓPEZ MORALES

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial
Para Obtener Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

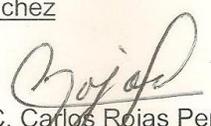
APROBADA


MC. Gregorio Briones Sánchez

Asesor Principal


Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera

Asesor


MC. Carlos Rojas Peña

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO" Asesor


MC. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila México, a Diciembre del 2013.

DEDICATORIAS

A Dios

Por darme la oportunidad de vivir y por darme el Don de la sabiduría.

A mis padres

Isaías López Hernández y María Elena Morales Guillen

Por darme todo su amor y cariño, por apoyarme en todo momento, por confiar en mí y darme sus consejos para salir adelante en los momentos difíciles, por eso y más mil gracias.

A mis hermanos

Eudiel, Miguel Ángel, Ever Antonio

Por el apoyo incondicional que me brindaron como hermanos, por confiar en mí, por sus apoyos que me brindaron durante mi estancia en mi desarrollo profesional, lo cual les tendré siempre en mi corazón.

A mis amigos

Por nuestra amistad de toda la vida y por compartir momentos buenos y malos conmigo, las noches de estudio, los viajes, las prácticas, las fiestas, por todas las cosas que pasamos muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme la vida y por permitirme lograr uno de mis más grandes sueños, terminar la carrera y ser Ing. Agrónomo en Irrigación.

A mi Alma Terra Mater

Por haberme brindado mi preparación durante mi estancia en sus instalaciones y por prepararme para ser un hombre de bien durante la vida.

Al M.C. Gregorio Briones Sánchez y A mis Coasesores por participar en mi formación profesional y transmitir sus conocimientos, pero sobre todo sin ellos no habría sido posible la realización de esta tesis, mil gracias por su tiempo y paciencia.

A todos los maestros del "Departamento de riego y drenaje" que me brindaron su amistad y apoyo, por los conocimientos que me brindaron, lo cual sin ellos no sería posible alcanzar mis sueños, por su amistad les agradezco de corazón.

INDICE

DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Enfoque del estudio	2
1.2. Objetivos.....	3
1.3 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Los Sistemas de Riego por Goteo enterrado.....	4
2.1.1 Componentes básicos de los Sistemas de Riego por Goteo enterrado.....	4
2.1.2 Ventajas y Desventajas	5
2.2 Uniformidad	5
2.6.1 Uniformidad de Distribución (Du %)	8
2.6.2 Coeficiente de Uniformidad (Cu %)	9
2.2.3 Uniformidad de Emisión (Eu %)	10
2.3. Software IRRICAD	11
2.3.1. Donde se desarrollo.....	12
2.3.2 Características principales.....	12
2.1.3 Especificaciones técnicas	13
2.3.4 Ideal para.....	14
2.3.5 Ventajas.....	14
2.4 Aplicación Google Earth.....	14
2.4.1 Productos cartográficos online	15
2.5 Global Positioning System (GPS).....	18
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1 Localización del experimento	19
3.2 Métodos Probados (primer objetivo).....	20
3.3 Datos tomados para la aplicación de los métodos.....	20
3.4 Variables observadas para la comparación de los métodos	21
3.5 Análisis estadístico para la validación de las hipótesis	21

3.6. Método para estimar escurrimientos.....	21
3.7 Variables de observación para estimar los escurrimientos.....	22
3.8 Procedimiento de diseño en IRRICAD.....	22
3.9. Procedimiento para cálculo de área y escurrimientos de la Cuenca	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. Comparación de las variables hidráulicas para los métodos de diseño.....	36
4.1.1. Comparación de los coeficientes de uniformidad encontrados en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.	37
4.1.2. Comparación de los gastos encontrados en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.	38
4.1.3. Comparación de las áreas encontradas en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.....	39
4.1.4. Comparación de la cantidad total de la manguera a utilizar en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.	40
4.1.5. Comparación de la uniformidad de distribución encontrada en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.	41
4.1.6. Comparación de la presión necesaria en la entrada de la válvula por sección encontrada en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.....	42
4.2 Estudio hidrológico de la cuenca.....	43
4.3 Estrategia para el Manejo del Agua en la Huerta del Bajío	49
4.4 Avances de la Obra.....	50
V CONCLUSIONES	52
VI. BIBLIOGRAFIA	53
APENDICE	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Diseño de un sistema de riego por goteo para la huerta de nogal pecanero plantada en el campo experimental el Bajío de la UAAAN campus Buenavista Saltillo Coahuila.....	36
Figura 4.2 Comparación de coeficiente de uniformidad por sección GPS vs GE.....	37
Figura 4.3 Comparación de Gasto por sección GPS vs GE.....	38
Figura 4.4 Comparación de áreas por sección GPS vs GE	39
Figura 4.5 Comparación de total de manguera a utilizar por sección GPS vs GE	40
Figura 4.6 Comparación de Uniformidad de distribución por sección GPS vs GE.....	41
Figura 4.7 Comparación de la presión en la entrada de la válvula por sección GPS vs GE	42
Figura 4.8 Área de Captación de la cuenca sobre los planos topográficos, mapeada por INEGI, para definir los escurrimientos para el diseño de las obras de infraestructura hidráulica.	43
Figura 4.9 Áreas de la presa tomadas para calcular la capacidad de almacenamiento. ...	45
Figura 4.10 Distribución mensual de las precipitaciones en Saltillo Coahuila.	48
Figura 4.11 Estimación del escurrimiento esperado para lluvias máximas.	49
Figura 4.12 Excavación de la Zanja y tendido de la línea distribuidora.....	50
Figura 4.13 Válvula de seccionamiento para el riego de cada bloque.	50
Figura 4.14 Conexión de iniciales y elevadores para conexión de mangueras de goteo. .	51
Figura 4.15 Riego por melgas combinado con el riego por goteo enterrado, para manejar en la huerta de nogales dos fuentes de agua.....	51

INDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1 Características hidrológicas de topográficas de la cuenca.....	44
Cuadro 4.2 Calculo de requerimiento de riego diario.	46

DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO UTILIZANDO EL SOFTWARE IRRICAD EN INTERACCIÓN CON HERRAMIENTAS DE GOOGLE EARTH.

Por: ALEXANDER LÓPEZ MORALES

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la huerta de nogal pecanero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el objetivo fue vincular la ingeniería hidráulica de un sistema de riego con el estudio hidrológico de la cuenca. En la zona de riego se evaluó la uniformidad de emisión (% Eu) esperada, diseñando el sistema para la huerta sobre una poligonal dibujada ya sea en base a coordenadas UTM tomada con GPS directo en campo, o en base a imagen satelital escalada. Para esto la huerta nogalera del campo experimental “El Bajío” de la UAAAN fue dividida en 5 secciones de riego para mejorar la uniformidad de emisión del sistema. El diseño se realizó utilizando el Software IRRICAD instalado en el centro de cómputo académico de la universidad. El diseño basado en un polígono reconocido en campo mediante un recorrido con GPS no mostro diferencias significantes en las variables hidráulicas, en comparación al diseño basado en un polígono dibujado sobre una imagen satelital escalada.

Así mismo utilizando la aplicación Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) propiedad de INEGI, se realizó un estudio hidrológico para predecir la recuperación de los niveles de agua de escurrimiento captada en la presa, localizada aguas arriba de la huerta durante la época de lluvias cuando los escurrimientos son considerables. En primavera se recomienda alimentar el sistema de goteo bombeando el agua del pozo del bajío, y en verano soltar el agua de la presa para regar parte de la huerta por superficie. En otoño alternar el uso de las fuentes de agua según la ocurrencia de lluvias apreciables y disponibilidad de recurso en la presa. También es importante mejorar la administración de las fuentes de agua para atender las necesidades de docencia e investigación del Campus Buenavista.

Palabras clave: Software IRRICAD, Riego por goteo, Cuencas, Nogal Pecanero, Uniformidad de Emision.

DESING OF A DRIP IRRIGATION SYSTEM APPLYING THE IRRICAD SOFTWARE IN INTERACTION WHIT GOOGLE EARTH TOOLS

By. ALEXANDER LÓPEZ MORALES

ABSTRACT

This studio was done for a pecan tree orchard with 15.62 hectares planted at 12x12 m and 4.37 hectares at 15x15m. As the water availability is limited then the objective was to link the drip irrigation system design for adjusting it a hydrological studio in the watershed. For the irrigation zone was evaluated the emission uniformity (%UE) expected in the orchard. The drip system was designed on a polygon drew in base at UTM coordinate took with a direct GPS tracking in the field around boundaries or in base an satellite image scaled.

In the analysis, the orchard was subdivided in five irrigation blocks bettering the emission uniformity up to 90%.The subsurface drip irrigation was designed for watering each tree row with two laterals (16 mm/ 4 lph/ 1 m) at 40 cm in depth.

The design was carried out utilizing the software IRRICAD installed in the academic computer center of the university. The design based on a polygon measured in field by means of topographical instruments did not show significant differentiates in the hydraulic variables, in comparison to the design based on a polygon drawn upon a scaled satellite image.

By other hand, the Basins Water Flows simulator for big watershed (SIATL), created by INEGI for predicted runoff indicated that during raining season (from May to September) the runoff expected might be significant and refill the dam localized upstream of the pecan tree orchard.

In spring is recommended to feed the drip system pumping the groundwater of the well of the Bajío, and in summer to free the runoff water caught in the dam to irrigate a section of the orchard by flood managing the water by border check.

Key Words: IRRICAD Software, Drip irrigation, Watershed, Pecan tree Orchard, Emission uniformity

I. INTRODUCCIÓN

El 70% de la superficie de México es árida y semiárida. Muchas de las zonas de riego del país dependen de agua de reservorios naturales (acuíferos superficiales y subterráneos) y artificiales (presas). Año con año, las noticias y los avances científicos indican que está ocurriendo un cambio climático. Se menciona además que se tendrán sequías más prolongadas. Muchos reservorios en México se encuentran sobreexplotados poniendo en riesgo la producción de alimentos y competitividad del campo.

El cultivo del nogal pecanero no escapa de esta situación. La disponibilidad de agua en las regiones nogaleras de riego es también limitada. Por lo anterior se requiere aumentar la producción de nuez por cada metro cúbico de agua aplicada. Para lograrlo debemos utilizar toda la tecnología disponible y generar nuevos conocimientos.

La huerta de Nogal Pecanero; donde se aplicarán las herramientas de diseño, cuenta con 1393 árboles adultos plantados a 12x12 m en la sección sur más grande con un total de 15.17 has, a 10x10 m en una de las secciones más pequeñas con un área de 1.28 has y 3.15 has plantadas a 15x15 m ubicadas al norte del campo experimental “El bajío”, actualmente se riega por aspersión con el rebombeo entubado desde una pila y por superficie cuando el embalse de la presa de tierra capta suficiente volumen de escurrimiento pluvial, la compuerta de la presa descarga en un canal pendiente abajo de la huerta para distribuir el agua por melgas en las hileras de los árboles.

La pila metálica tomada como la fuente de agua (“Water Supply”) se llena cuando es necesario con el agua bombeada desde un pozo profundo propiedad de la Universidad y se programa su uso en el riego de parcelas experimentales, de cultivos sembrados para investigación y para realizar prácticas de campo en apoyo a la impartición de las clases, además del volumen de agua necesarios para los nogales.

El abatimiento de los niveles dinámicos de agua subterránea en los pozos aunado a la sequía estacional típica de los meses de Marzo, Abril y Mayo cuando los árboles desarrollan los brotes, la elongación de las ramas, el cuajado de nuececillas e inicio del llenado del ruzno vuelven insuficiente el abastecimiento de agua para irrigación por superficie o aspersion, y se incrementa la competencia entre los usuarios que buscan una dotación suficiente para cumplir las demandas de sus proyectos.

Un sistema de riego por goteo subterráneo y la buena disposición de operarios y usuarios para el mantenimiento y manejo de sus componentes, en conjunto pueden lograr un aprovechamiento efectivo del agua disponible limitada en la huerta del Campo Experimental. El riego por goteo ha incrementado la cantidad y calidad de las cosechas producidas bajo las condiciones más difíciles de campo y ha vuelto productivas las tierras donde: el agua es escasa y cara, los suelos poco profundos, texturas gruesas de baja retención de humedad, mala calidad de agua y clima desértico, como lo demuestran los resultados comerciales obtenidos con esta tecnología en Israel y California, y cerca del Campus en Parras y en Paila.

En el Campo Experimental “El Bajío”, los suelos son de textura arcillosa, profundos, el agua aunque escasea es de buena calidad, el clima es estepario seco propio del semi-desierto, con una probable ocurrencia de lluvias en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre que pueden ayudar a satisfacer las necesidades de agua de los árboles y otros cultivos establecidos en la temporada del ciclo Primavera-Verano.

1.1. Enfoque del estudio

El propósito del presente proyecto, es diseñar un sistema de riego por goteo (“Tape Irrigation Block”) para la nogalera de la UAAAN aplicando el software IRRICAD en interacción con las herramientas de GOOGLE EARTH, organizar y analizar el listado de las piezas reportado por el programa para generar diagramas para su instalación, incorporar dentro del arreglo los materiales donados por la empresa Netafim y adecuar las piezas disponibles a fin de adquirir

los materiales faltantes tanto en la base de datos (“Irricad Database Editor”) como físicamente en el inventario para completar el sistema y mejorar la infraestructura hidráulica en el Campo Experimental “El Bajío” indicando también el modo de operación (“Zone Desgn Configuration”).

1.2. Objetivos

1.- Revisar la uniformidad de emisión (% Eu) esperada en cada bloque o zona de riego, diseñando el sistema sobre una poligonal dibujada ya sea: a) en base a coordenadas UTM tomadas con GPS directo en campo, o b) en base a imagen satelital escalada.

2.- Predecir la recuperación de los niveles de agua de escurrimiento captada en la presa localizada aguas arriba de la huerta durante la época de lluvias cuando los escurrimientos son considerables.

3.- Diseñar la estrategia para alimentar el sistema de riego por goteo con dos fuentes de agua (superficial y subterránea) para reducir la explotación del acuífero y ayudar a reducir los efectos por la sequía en los periodos de máxima demanda.

4.- Vincular la ingeniería hidráulica de un sistema de riego con el estudio hidrológico de la cuenca.

1.3 Hipótesis

Ho: Diseño sobre imagen GE = Diseño realizado con coordenadas GPS

Ha: Diseño sobre imagen GE \neq Diseño realizado con coordenadas GPS

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los Sistemas de Riego por Goteo enterrado

Los sistemas de RGS son diseñados para aplicar pequeñas cantidades del agua en forma frecuente. El sistema debe funcionar eficientemente para evitar oscilaciones grandes en el contenido de humedad del suelo. El objetivo es mantener el contenido de humedad del suelo en un nivel que es óptimo para el crecimiento de la planta y desarrollo de la raíz.

El sistema de riego por goteo subterráneo (RGS) es una buena opción agronómica, tanto para el riego de **cultivos leñosos** (almendro, vid, nogal, pistacho, melocotón, etc.), como **cultivos extensivos** (maíz, veza, cebada, alfalfa, etc.), que permite aplicar el agua y los fertilizantes de forma más directa al sistema radicular de las plantas, proporcionando un gran ahorro de agua y fertilizantes, junto con otras muchas ventajas económicas, ecológicas y agronómicas.

2.1.1 Componentes básicos de los Sistemas de Riego por Goteo enterrado

- Bomba (pozo)
- Represo
- Cárcamo de bombeo
- Cabezal (sistema de filtrado, inyectoros, manómetros y controles)
- Tubería de conducción (PVC)
- Válvulas de seccionamiento
- Válvulas liberadoras de presión
- Líneas regantes (cintas, mangueras)
- Válvulas de purgado

2.1.2 Ventajas y Desventajas

- **Ahorro de agua.** evita la pérdida de agua por evaporación superficial y la escorrentía.
- **Ahorro y mejora de la fertilización.** al administrar el agua y los nutrientes de forma más directa al sistema radicular, mejora la fertilización, especialmente la de aquellos minerales que son poco móviles en el suelo como el K y el P.
- **Mayor eficiencia energética.** en general, es una ventaja de los sistemas de riego por goteo (comparando con sistemas de riego presurizados por aspersión).
- **Disminución de malas hierbas y plagas.** Al no mojarse la superficie del terreno ni la planta durante el riego, disminuye la presencia de malas hierbas, plagas y hongos en el cultivo.
- **Mayor estabilidad de la estructura del suelo.** Se consigue una menor compactación del suelo y una mayor aireación del terreno, al formarse capilares y, por tanto, una mejor estructura del perfil del suelo, que facilita el mejor desarrollo de los cultivos.
- **Evitamos daños por animales, vandalismo. facilidad en las tareas de labranza.** Gracias a los sistemas de RGS, evitamos posibles daños que producen insectos, roedores y pájaros en el sistema. También protegemos el sistema de daños por vandalismo y facilitamos las tareas de labranza (ya no hay necesidad tender y recoger la tubería anualmente y nos permite el laboreo sin obstáculos).

2.2 Uniformidad

Pizarro, 1996 plantea que la uniformidad es un magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que además interviene en su diseño, tanto en el agronómico, como en el hidráulico. Niveles altos de uniformidad, incidirán notablemente en la eficiencia de riego, ya que de esta depende el agua que se suministra a unas plantas y a otras, los que repercutirá en los rendimientos de manera significativa.

En riego localizado es provechoso realizar una prueba de evaluación de esta manera conocer si el agua de riego, los fertilizantes y productos químicos que se incorporan a ella se están aplicando de manera uniforme. Cuando la uniformidad de aplicación es baja se traduce en excesos de agua y otras con déficit hídrico,

además de un mal reparto de abono y productos químicos. Todo ello supondrá una alteración del desarrollo del cultivo y por tanto de la producción.

En una evaluación de un sistema de riego localizado, se elige la unidad de riego más representativa de la instalación, la cual debe de ser la del tamaño medio y con pendiente promedio, de ser posible que se encuentre en la zona central y que los laterales tengan longitud media, en otro caso también podría considerarse aquella unidad que tenga las condiciones menos favorables, la más alejada al cabezal, con laterales más largas, etc.

Una vez que se ha elegido la unidad de riego representativa, se elige la subunidad usando el mismo criterio que para la unidad, primero se determina el coeficiente de uniformidad de la subunidad y después el de la unidad. Para la uniformidad en campo se realizan la uniformidad de caudales y la de presiones (Fernández *et al*, 2010).

Medina San Juan, 1979 señala que en el sistema de riego por goteo debido a que el agua se suministra en pequeñas cantidades al cultivo, que varía de acuerdo con sus necesidades, las pérdidas se reducen, es por tanto clasificado como un sistema de alta eficiencia. Si la uniformidad no es alta, habrá diferencias apreciables entre el agua que se suministra a unas plantas y otras, y por tanto el cultivo no será homogéneo y el rendimiento disminuirá.

La uniformidad de aplicación del agua en un sistema de riego por goteo depende primordialmente de dos factores: 1) Las características de los emisores; 2) El criterio usado en el diseño, (García Casillas y Briones Sánchez, 1986).

La uniformidad en la descarga de los emisores está asociada a la variabilidad propia entre goteros, su obstrucción, la topografía del terreno y las pérdidas de carga en la red (Nakayama y Bucks, 1986).

García Casillas y Briones Sánchez, 1986 describen que la uniformidad de aplicación depende completamente de la uniformidad en la descarga de los emisores a través de todo el sistema. La descarga no uniforme es causada por

diferencias de presión debido a la pérdida de fricción y elevación, variaciones entre emisores, debido a tolerancias de manufactura, temperatura del agua y el taponamiento de emisores debido a la inadecuada filtración o a la mala calidad del agua.

Un objetivo fundamental de un sistema de riego por goteo bien diseñado y operado es suministrar suficiente caudal (filtrado) presurizado para adecuadamente irrigar las plantas menos humedecidas, por lo tanto la relación entre ambas descargas del emisor, la mínima y la promedio, es un factor clave de la uniformidad de emisión. La calidad del cultivo y la productividad pueden resultar afectadas tanto por el déficit como por el exceso en la aplicación.

Los parámetros para determinar la uniformidad son:

Según Karmeli y Keller:

- ✓ 90% Excelente
- ✓ 80% Buena
- ✓ 70% Aceptable
- ✓ < 70% Pobre

Según IRYDA:

- ✓ 94% Excelente
- ✓ 86% Buena
- ✓ 80% Aceptable
- ✓ 70% Pobre
- ✓ < 70% Inaceptable

2.6.1 Uniformidad de Distribución (Du %)

La uniformidad de distribución (Du) es una medida de que tan equitativamente es aplicada el agua a través del campo durante el riego, para este proceso de campo se determina la uniformidad de distribución de caudales.

De acuerdo con Karmeli y Keller, 1974 los datos para la evaluación de campo de Eu, deben ser tomados a partir de descargas de los emisores en un mínimo de cuatro posiciones a lo largo de cuatro diferentes líneas laterales. Las posiciones para la colección de los 16 datos deben incluir los extremos y estar uniformemente espaciados a través de toda una subunidad representativa de laterales. Esto se hace seleccionando al inicio, 1/3, 2/3 y al final del manifold y se utiliza la misma metodología para la selección de los emisores en cada lateral.

La Eu de la prueba de campo es la relación, expresada en porcentaje, de la descarga mínima promedio del emisor en la cuarta parte de los datos más bajos, con respecto a la descarga promedio general para todos los datos observados dentro del bloque; se expresa por la siguiente ecuación:

$$Eu = 100 \frac{qn}{qa}$$

La Du es expresada en porcentaje; qn es la descarga mínima promedio que se localiza en la cuarta parte de los datos en el rango más bajo, se expresa en lph ó gph; qa es la descarga promedio del emisor de todos los datos de campo, lph ó gph. Esta metodología fue ampliada y desarrollada por Merriam y Keller (1978) y mencionado por García Casillas y Briones Sánchez, 1986 para evaluar la uniformidad de emisión (EU), la cual está estandarizada por el ASABE (1996) y está siendo popularizada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos a través de su Servicio de Extensión, por lo mismo esta metodología es considerada relevante, congruente y pertinente en los programas de enseñanza en irrigación.

Cabe señalar que la metodología que maneja Merriam y Keller es tomada como sinónimo de uniformidad de distribución (Du), ya que no implica más que pruebas de campo que relaciona a la aplicación del agua, para lo cual tenemos que la ecuación es expresada:

$$Du = 100 \frac{qn}{qa}$$

2.6.2 Coeficiente de Uniformidad (Cu %)

Es el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (Cu) que indica como de uniforme se distribuye en el suelo el agua aplicada. Si la uniformidad es baja existirá mayor riego de déficit de agua en algunas zonas y de filtración profunda en otras. Fue desarrollado por Christiansen en 1942, es una representación estadística de la uniformidad, utilizando principalmente en los sistemas de aspersión; es el parámetro de uniformidad de uso más generalizado. Se expresa en por ciento con la siguiente ecuación:

$$Cu = 100 \left(1 - \frac{\sum |x_i - x|}{nx} \right)$$

Dónde:

x_i = altura del agua recogida por cada pluviómetro.

x = altura media del agua recogida en el total de los pluviómetros.

n = número total de pluviómetros que intervienen en la evaluación.

2.2.3 Uniformidad de Emisión (Eu %)

Tarjuelo *et al*, 2010 exponen que la Uniformidad de Emisión (Eu%), es útil como indicador de la previsión de la variación de los caudales a lo largo de una línea regante o de un bloque de riego. Esta expresada por la siguiente ecuación:

$$Eu = 100 \left[1 - \left(\frac{1.27 * Cv}{\sqrt{\#e}} \right) \right] \left[\frac{qn}{qa} \right]$$

Dónde: Cv es el coeficiente de variación de fabricación del emisor; #e es el número de emisores por planta (mayor a 1 en goteo y en microaspersores en algunos casos es igual a 1); qn es la descarga mínima promedio que se localiza en la cuarta parte de los datos en el rango más bajo, se expresa en lph ó gph; qa es la descarga promedio del emisor de todos los datos, lph ó gph.

2.3. Software IRRICAD

IrriCAD Pro es un software para el diseño y optimización de sistemas de riego a presión asistido por ordenador avanzado (CAD). Mucho más que un simple programa de dibujo, combina las ventajas de dibujo CAD con una potente tubería hidráulica dimensionando, selección automática de accesorios de tubería y el análisis de redes optimizado.

En base a los datos y sus cálculos, el sistema genera una representación gráfica detallada de la disposición del sistema de riego y una ley integral de materiales. (Netafim).

Irricad es el producto estrella AEI (que significa AEI) del SOFTWARE, que ofrece beneficios sustanciales a los diseñadores de todo tipo de sistemas de riego presurizado. Se trata de una instalación independiente de diseño totalmente integrado que elimina la mayor parte de los tediosos aspectos de diseño, y aún así permite que el diseñador tome decisiones importantes. El paquete ofrece la oportunidad de mantener un alto nivel de servicio al cliente, incluso cuando el tiempo es corto. Asimismo, discrimina los servicios de nuestros clientes a la de sus competidores.

El paquete también se utiliza de forma rutinaria por una amplia gama de empresas de riego comerciales (proveedores, distribuidores, consultores, etc.) en unos 30 países de todo el mundo. También es utilizado por las instituciones educativas en los cursos de diseño de riego o proyectos maestros (logic group).

IRRICAD no es sólo una herramienta de dibujo, sino que combina las ventajas de dibujo CAD con una potente base de datos de hidráulica en la que se incluye el tamaño y las técnicas de análisis de redes, y también proporciona la selección automática de accesorios de tuberías, generando así una lista completa de materiales. (Stephanie Orellana Bello, 2012)

IRRICAD Pro, la 'Premier Irrigation Design Software', es un software informático único para el diseño de todo tipo de sistemas de riego presurizados.

Programado por ingenieros de riego para los diseñadores de riego, IRRICAD Pro es continuamente ampliado y mejorado, situándose en la vanguardia del diseño de riego. (Lincoln Agritech 2012).

2.3.1. Donde se desarrollo

IRRICAD fue desarrollado en Nueva Zelanda por AEI Software. Se trata de un autónomo, basado gráficamente, equipo paquete de diseño asistido por ordenador desarrollada específicamente para el diseño de riego a presión o sistemas de abastecimiento de agua.

Los sistemas que se pueden diseñar cubren toda la gama de pequeños sistemas de riego residenciales, césped comercial, riego hortícola, (sistemas de la línea principal de los regantes de viaje, por ejemplo), la agricultura, a través de riego de campos de golf. También se utiliza para el diseño de pequeños sistemas de abastecimiento de agua del municipio rural y grandes planes de agua stock (logic group).

2.3.2 Características principales

- Fácil de preparar, dibujos de diseño de alta calidad a sus especificaciones
- Automático dimensionado de tuberías y el análisis de los sistemas de la línea principal y la zona de bucle y la ramificación
- Selección de accesorios y automática generación de lista de materiales
- Módulo de información integral para la prestación de concepción y cálculo de informes
- Instalación trazado flexible para preparar los planos de diseño

- Importación sin fisuras de los archivos de imágenes y archivos de AutoCAD, incluyendo la red de elevación
- Representación gráfica de la operación del sistema
- Fácil entrada y la subdivisión de grandes bloques de las zonas de regadío
- Conversión automática de elementos de dibujo a los componentes hidráulicos
- Método avanzado para el cálculo y el uso de los datos de elevación en los cálculos hidráulicos
- Representación visual de errores en los datos importados
- Etiquetado y rápida generación de leyendas automática

(Compañía Netafim).

2.1.3 Especificaciones técnicas

IRRICAD tiene una serie de características en la sección de entrada que mejoran el proceso de dibujo como acercar y alejar, la capacidad de mover, rotar y cambiar los elementos, diferentes grosores, colores y tipos, rejillas, y muchos otros. Un ejemplo muy útil es un lazo de selección, que es como poner una cuerda alrededor de la sección de su interés y le permite cambiar globalmente los elementos dentro del lazo muy rápidamente. Hay muchas más características de utilidad, demasiadas para enumerar aquí, pero todos destinados a facilitar el trabajo de los diseñadores.

2.3.4 Ideal para

- Sistemas de riego por goteo
- Sistemas / Micro-riego por aspersion
- Las líneas principales de la red
- Campos de golf / golf Deportes
- Sistemas a presión por gravedad

2.3.5 Ventajas

- Un enfoque de sistemas integrados que le ahorra tiempo y dinero
- Un análisis rápido de los sistemas hidráulicos complejos que facilita los cambios de diseño más rápidas
- Una amplia gama de opciones de diseño
- Presentaciones de calidad pueden ser preparadas con un mínimo esfuerzo
- El aumento de imagen de la empresa una mayor productividad y
- Un mecanismo de respuesta rápida a las necesidades cambiantes de sus clientes.

2.4 Aplicación Google Earth

En un pasado no muy lejano, los usuarios de mapas y atlas veían sus necesidades de información geográfica satisfechas con una tradicional representación plana, bidimensional, de la realidad. Este concepto bidimensional de la cartografía fue sustento y apoyo para los viajes de exploración científica y colonización. Si existía la necesidad de una representación tridimensional del terreno, bastaban los mapas a mano alzada (e. g. "Carte Generale de Royaume

de la Nouvelle Espagne" realizada por Humboldt), o el trazado de líneas que conectaban puntos con una misma altitud sobre el nivel del mar o una combinación de estas curvas de nivel con tintas hipsométricas e incluso añadiendo efecto de sombreado.

Sin embargo, el crecimiento continuo y sostenido de la población del planeta y la globalización, con su deslocalización empresarial y movilización de recursos humanos y mercancías, han intensificado la necesidad del conocimiento geográfico a nivel mundial, cambiando drásticamente la escena de la representación cartográfica, especialmente en cuanto al papel desempeñado por las Tecnologías de Información Geográfica. Gobernar tal expansión, y hacer frente de manera responsable y sostenible a las cuestiones asociadas a las mismas, requiere una gran cantidad de información. Un dato estadístico bien conocido, y se repite tan frecuentemente que algo debe tener de cierto, es que alrededor del 80% de toda la información requerida y usada por los gobiernos tiene una componente geoespacial. Sin embargo, más allá de seguir produciendo datos del mismo tipo, científicos y profesionales de las TIG se enfrentan al desafío de producir información de manera diferente.

Hoy en día asistimos a la emergencia de una nueva serie de herramientas cartográficas online de bajo costo. Google Earth y Google Maps, son solo algunos ejemplos. Tienen una masa de usuarios que sobrepasa en mucho a la que pueden tener las principales firmas de programas de SIG. Estas nuevas herramientas son un punto de entrada sencillo y carente de barreras para el procesamiento y consulta de información geográfica por parte del gran público, que por el dinamismo y versatilidad incorporados en sus programas, hacen parecer estáticos y obsoletos a los principales proveedores de plataformas SIG comerciales.

2.4.1 Productos cartográficos online

Tomemos Google Earth como un ejemplo de las nuevas fronteras que se abren gracias a la cartografía online de bajo costo. En una entrevista reciente (GIM Internacional, 2006) Chikai Ohazama, el jefe de productos de Google Earth, declaró que "la misión de Google es organizar la información mundial y hacerla

universalmente accesible y útil”, añadiendo que “ahora mismo Google está experimentando la manera en la que el usuario puede añadir valor a la información. En parte, Google Earth es competidor de sí mismo, y desea convertirse en una comunidad de usuarios, una especie de organismo viviente. Esta idea puede sobrevivir siempre que los usuarios sumen sus propios contenidos a la información existente”.

Google tiene capacidades en cuanto a cartografía temática, itinerarios virtuales, búsqueda de localizaciones concretas (negocios, restaurantes). Permite la creación de diferentes productos de georrepresentación, esto es, productos que muestran una parte concreta de la realidad espacial (promociones inmobiliarias, centros comerciales, localización de servicios turísticos) relevante para fines específicos.

Los datos básicos de Google Earth están constituidos principalmente por imágenes de satélite (Landsat, SPOT, Quickbird) y fotografías aéreas, de actualización periódica. En este sentido, un increíble número de organizaciones gubernamentales está haciendo disponibles sus datos mediante estas tecnologías cartográficas; desarrollo que está ocurriendo especialmente, aunque no de forma exclusiva, en Estados Unidos mediante las denominadas infraestructuras de datos espaciales (Metternicht, G.(2006)).

Con la aparición de Google Earth multitud de campos profesionales y disciplinas científicas se han revolucionado.

Es de gran ayuda para los topógrafos, arquitectos y maquetistas; pues les permite aplicaciones concretas como la integración de los mapas con los geolocalizadores, y también en funciones muy sencillas como estudiar una ruta, encontrar un hotel, un domicilio, además de servir como herramienta en la enseñanza.

Todo ocurre en La Tierra y poder mostrarla rápidamente nos hace ganar en apreciación y en cercanía a la realidad. Curiosamente, la informática nos ha puesto los pies en el suelo más que cualquier otra herramienta. Google Earth nos

ha proporcionado una manera de acercarnos al mundo desde la perspectiva que nos convenga.

Todo esto gracias a las ortofotos, las imágenes de los satélites y un servidor en streaming que proporciona dinamismo en la navegación (Luis Ponce de León, 2008).

En el pasado, un diseñador de riego fue dependiente de los datos del topógrafo para proporcionar un modelo preciso del terreno digital. En muchos casos, cuando los datos no estaban disponibles, el diseñador podría proceder como si se trabaja sobre una superficie plana o hacer suposiciones vagas sobre el terreno. En cuanto a las herramientas de software disponibles en la actualidad, es seguro concluir esos días han terminado y los diseñadores de riego pueden producir diseños precisos a bajo costo. Usando el Google Earth (GE), el diseñador de riegos puede ahorrar mucho tiempo para crear un modelo muy preciso digital del terreno (DTM) cuando se hace diseños preliminares de riego.

El uso de un modelo digital del terreno (DTM) Google tiene las siguientes ventajas. No hay costos involucrados para crear el mapa topográfico. El diseño inicial de riego se puede hacer sin esperar a que los datos del levantamiento topográfico se recaben con los instrumentos adecuados. Además las alternativas de diseño pueden ser analizadas fácilmente. A pesar de que el diseño final debe estar siempre basado en los datos reales del levantamiento, utilizando modelos de diseño como el Irri-Maker, IrriCAD, HydroCAD, waterCAD en interacción con las herramientas de Google Earth es una elección lógica para el mapeo digital del terreno y los diseños preliminares de los sistemas de riego (Ben Van Den Heever, 2011).

El desarrollo de los medios de comunicación y el fenómeno de la globalización convirtieron en realidad la aldea global que planteó Marshall McLuhan. Los grandes cambios en los ámbitos económico, social, educativo y político, ocurridos en los últimos veinte años, exigen que el acceso a la información y su intercambio

sea mayor. Todo lo anterior plantea nuevos retos a las Ciencias Sociales, especialmente a la Geografía.

Los problemas propios de un mundo globalizado demandan con urgencia que las personas aprendan a manejar información geográfica cada vez más compleja. Ya no son suficientes los mapas que se limitan a un territorio específico y que contienen un solo tipo de información (política, económica, topográfica, etc.); en la actualidad, es necesario saber construir y utilizar mapas dinámicos que permitan apreciar diferentes territorios y analizar, con su ayuda, la mayor cantidad de información posible. Esto conlleva a que la enseñanza de la Geografía en las aulas de clase necesariamente cambie, y se enfoque en desarrollar este tipo de competencias en los estudiantes.

Los avances de las TIC han posibilitado responder satisfactoriamente a estas necesidades planteadas por la Geografía y su enseñanza. Las fotografías aéreas y satelitales, los Sistemas de Información Geográfica e Internet lo han hecho posible. Ejemplo de lo anterior es Google Earth, uno de los programas de Google.

Google Earth combina fotos satelitales (tomadas en los tres últimos años), mapas y una base de datos muy completa. Estos elementos permiten al usuario navegar libremente por cualquier lugar de la Tierra, observar detalladamente todos sus territorios y desplegar sobre estos, de manera simultánea, basándose en datos y fotografías reales, diversos tipos de información geográfica (topográfica, hidrográfica, demográfica, histórica y cultural, entre otros).

2.5 Global Positioning System (GPS)

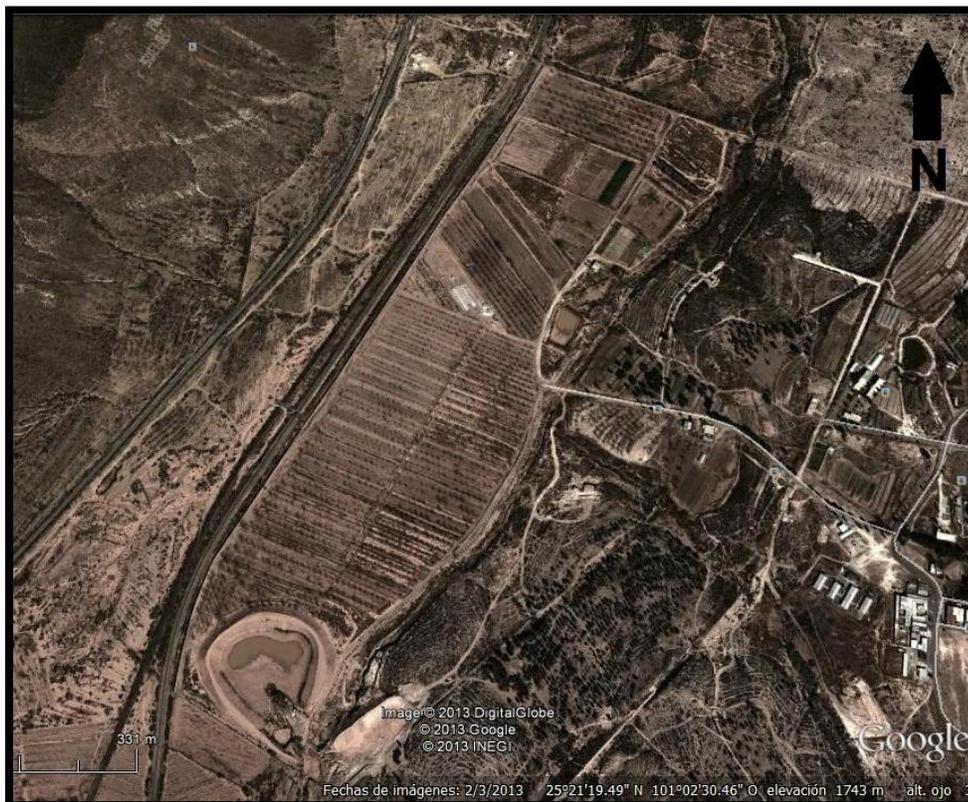
El Sistema de Posicionamiento Global es un sistema de navegación compuesto de una flotilla de satélites puestos en órbita por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y sus estaciones en tierra firme. Usando GPS, uno puede determinar automáticamente su posición (latitud y longitud) en la tierra. Funciona continuamente en todas partes del mundo y es disponible a todos libre de cargos. Con orígenes en aplicaciones militares secretas, GPS se ha convertido en parte de nuestra vida cotidiana. (Jorge R. Rey, 2012).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del experimento

Los datos para este estudio (Topográficos, Agronómicos, Hidrológicos e Hidráulicos) se tomaron en la huerta de nogal ubicado en el Campo Experimental “El Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Ubicada en Buenavista, a 7 kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila; con coordenadas $25^{\circ} 21' 11.06''$ de latitud norte y $101^{\circ} 01' 50.05''$ de longitud oeste una elevación de 1782 m. También se revisaron proyectos anteriores de riego realizados para la misma huerta.

El estudio comenzó el 23 de enero del 2013, y la estrategia de diseño se desarrolló procesando la información de campo en el Centro de Cómputo Académico aula E, localizado en el Edificio de la Biblioteca Central. En donde se trabajó con el Software Irricad en interacción con Google Earth para caracterizar el riego de Goteo en Nogal y se utilizó adicionalmente con un Software de escurrimiento para predecir las avenidas y recargas esperadas durante un ciclo.



3.2 Métodos Probados (primer objetivo)

Para revisar la uniformidad de emisión (% Eu) esperada en cada bloque o zona de riego, diseñando el sistema sobre una poligonal dibujada ya sea: a) en base a coordenadas UTM tomadas con GPS directo en campo, o b) en base a imagen satelital escalada, se tomaron coordenadas UTM de la huerta de nogal de la UAAAN, haciendo un recorrido con un GPS (marca y modelo), para después utilizar estos datos en la realización de los diseños con el software IRRICAD, también se obtuvieron imágenes de la huerta directamente del Google Earth que fueron exportadas al software y en base a ellas hacer los diseños.

3.3 Datos tomados para la aplicación de los métodos

Punto	Coordenadas		Altitud
	X	Y	Z
P1 sec E	294869.37	2806360.17	1732.16
P2 sec E	294918.72	2806458.98	1731.72
P3 sec E	294700.05	2806563.54	1731.12
P4 sec E	294649.07	2806466.23	1733.07
P1 sec D	294616.31	2806002.78	1745.27
P2 sec D	294651.355	2805995.91	1744.54
P3 sec D	294667.56	2806044.1	1741.9
P4 sec D	294541.63	2806246.87	1744.78
P5 sec D	294488.4	2806205.72	1738.35
P1 sec C	294616.72	2805811.07	1743.29
P2 sec C	294649.14	2805902.3	1746.6
P3 sec C	294649.56	2805981.66	1746.285
P4 sec C	294414.4	2806088.56	1743.47
P5 sec C	294333.06	2805933.16	1747.22
P1 sec B	294508.97	2805641.1	1759.4
P2 sec B	294612.07	2805802.2	1746.35
P3 sec B	294328.5	2805928.75	1743.7
P4 sec B	294229.66	2805766.06	1747.5
P1 sec A	294367.5	2805507.95	1762.9
P2 sec A	294503.32	2805635.68	1759.76
P3 sec A	294226.88	2805757.73	1753.84
P4 sec A	294139.43	2805601.8	1754.2

3.4 Variables observadas para la comparación de los métodos

- Uniformidad de distribución (Du %)
- Coeficiente de uniformidad (Cu%)
- Gasto por sección
- Presión en la entrada de la válvula
- Metros de manguera a utilizar
- Áreas

3.5 Análisis estadístico para la validación de las hipótesis

Para comprobar estadísticamente los dos métodos de diseño, se aplicó una prueba t-student que evalúa la diferencia de medias al comparar dos matrices de datos, en este caso la matriz 1 agrupa los datos de las variables observadas en el diseño hecho en base a coordenadas UTM tomadas con GPS y la matriz 2 agrupa los datos de las variables observadas en el diseño hecho en base a imagen satelital escalada.

3.6. Método para estimar escurrimientos

Para estimar los escurrimientos captados en la presa ubicada en la parte más alta de la huerta durante la época de lluvias se utilizó la aplicación Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) que INEGI ha generado, la cual modela el drenaje superficial de una cuenca hidrográfica.

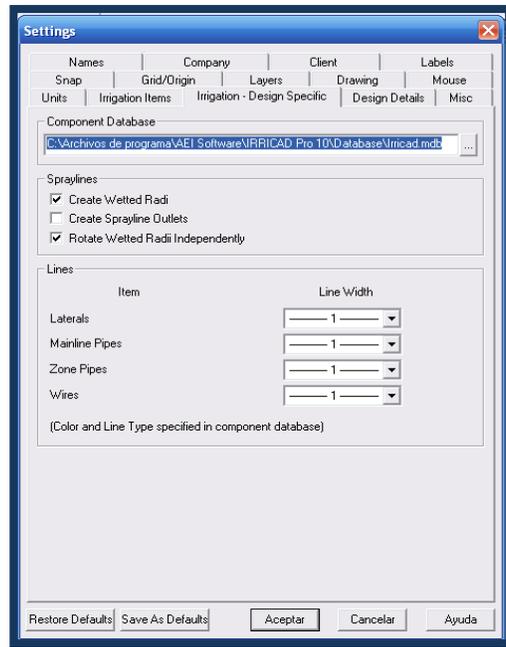
3.7 Variables de observación para estimar los escurrimientos

- Área de la Cuenca
- Duración e intensidad de la lluvia
- Parte aguas de la cuenca
- Corrientes tributarias
- Captación de escurrimientos
- Almacenamiento del agua

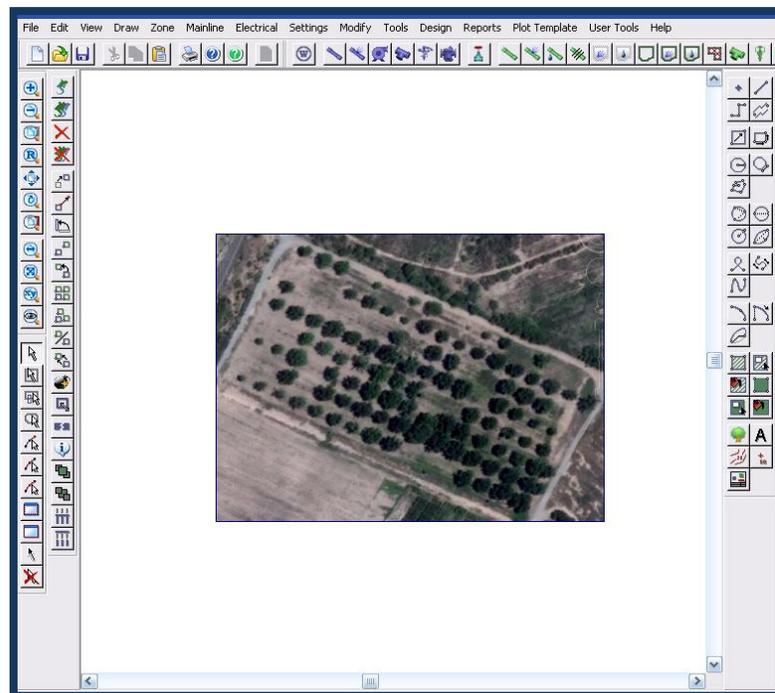
3.8 Procedimiento de diseño en IRRICAD

La huerta de nogal fue dividida en 5 secciones A, B, C, D, E, para las cuales se realizó el siguiente procedimiento de diseño con el software de Irricad.

- 1.- Dar doble clic en el icono del programa IRRICAD
 - 2.- Abrir un archivo nuevo (File/new)
 - 3.- Configurar el espacio de trabajo (Setting/Irrigation-Desing Specific)
- Clic en el botón ...para acceder a la base de datos
 - Clic en la pestaña Units y seleccionar Metric
 - Clic en la pestaña Misc/Desing Size/Medium
 - El tipo y tamaños de línea (continua es 1 para laterales, 2 para Zone Pipes y 3 para Mainline).



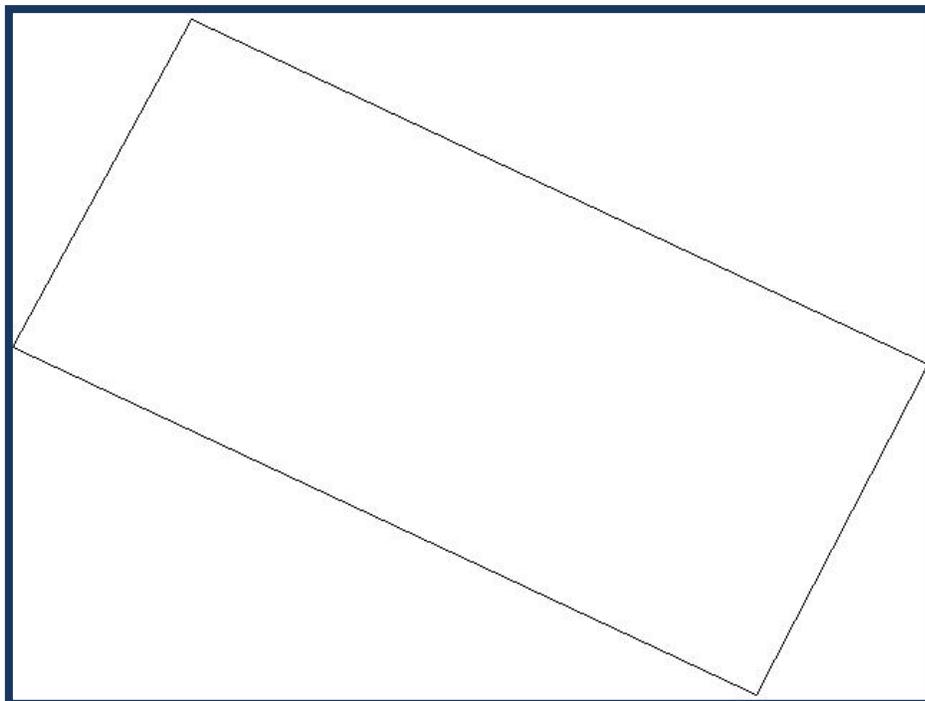
4.- Dibujar el polígono del área a regar, seleccionando en (File/Import image) seleccionar la imagen e indicar en la pantalla la ubicación de la imagen.



5.- continuar con (Draw/polyline) y dibujar el contorno del polígono.



6.- Seleccionar la imagen (Modify/Select Object) y suprimirla para que obtengamos solo el polígono.

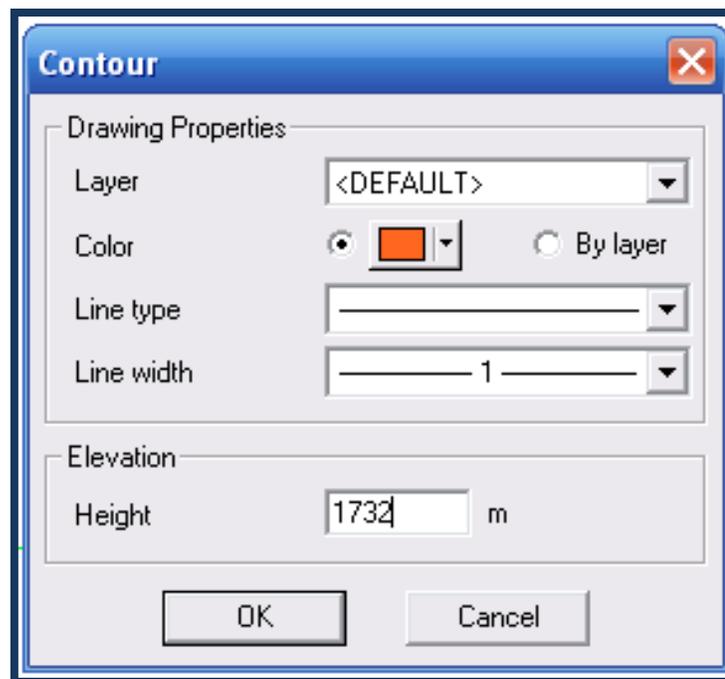


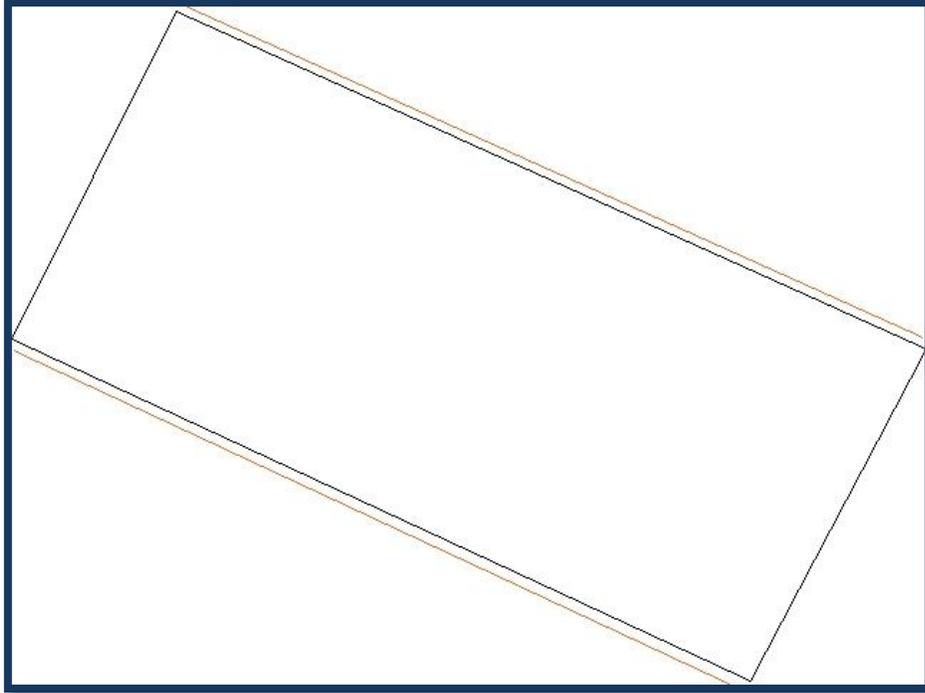
7.- Checar el área del polígono (Reports/Show Flow) y seleccionar el perímetro del polígono. Si esta área no coincide con el área real del terreno, ajustarla de la siguiente manera.

8.- (Modify/Select Object) y seleccionar el polígono

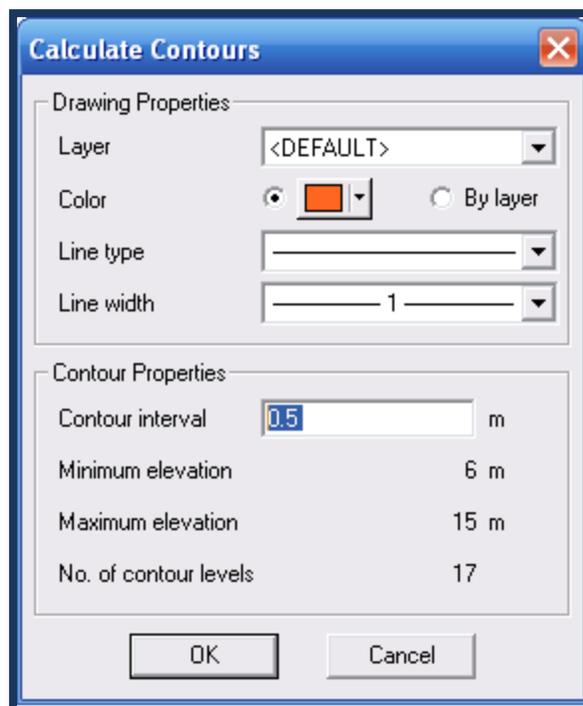
9.- (Modify/ Resize) en donde dice escale, escribir el valor de ajuste y repetir este procedimiento hasta obtener la escala real.

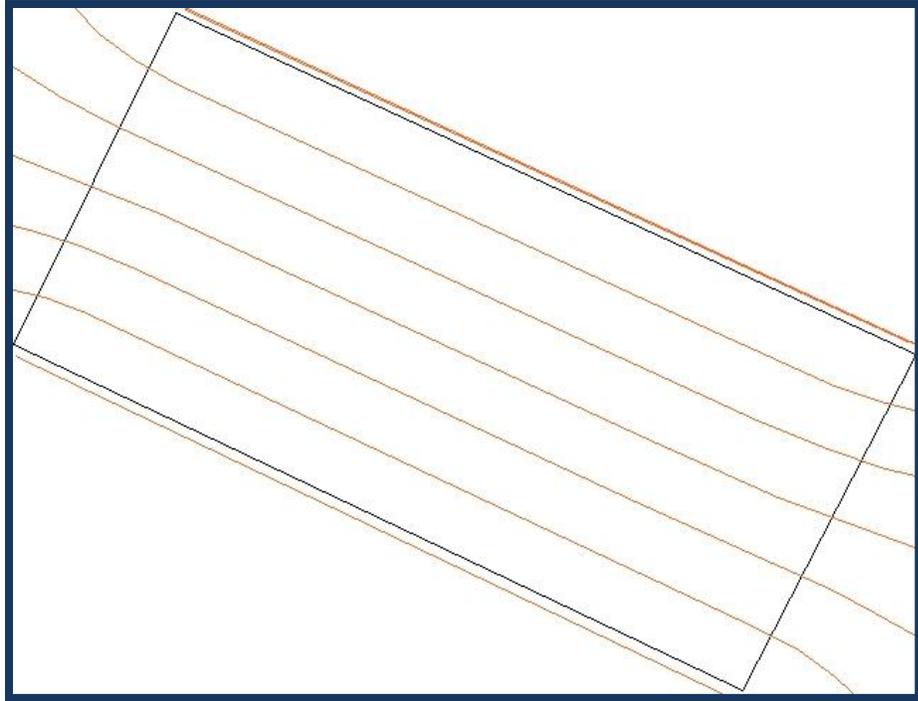
10.- Trazar las líneas de contorno (Draw/Contour) arrastrando el mouse sobre la curva de igual elevación topográfica, dar clic derecho después de cada trazo y seleccionar (Done) para abrir caja de dialogo donde se debe de teclear la cota del contorno dibujado.





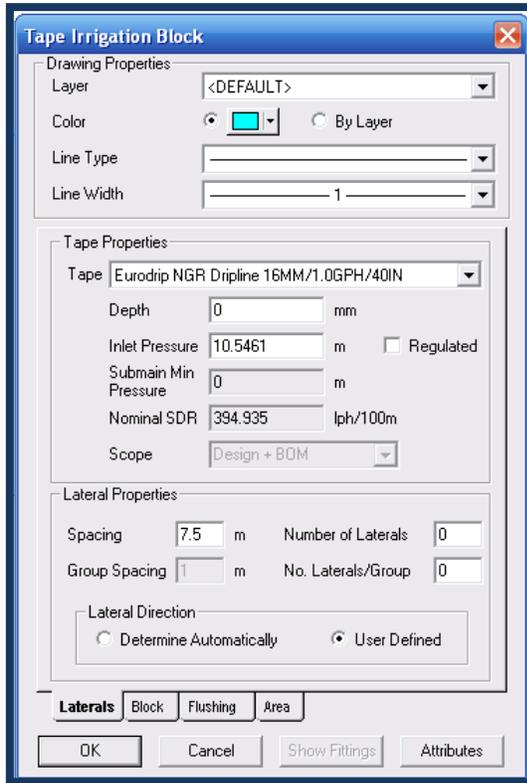
11.- Seleccionar en herramientas para crear e interpolar contornos (Tools/Calculate Contours) y especificar el intervalo deseado (por ejemplo de 0.5 m) entre las curvas calculadas.



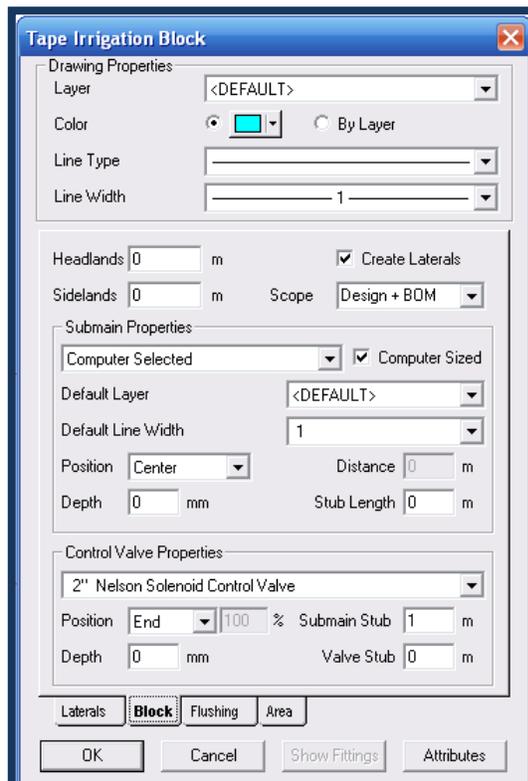


12.- Definir las propiedades de los elementos para las zonas de riego, seleccionar (Zone/Tape Irrigation Block) y en propiedades del emisor (Tape Properties) seleccionar una manguera de goteo de 16 mm en diámetro con una descarga nominal de 1 GPH por gotero ubicados a cada metro (Eurodrip NGR Dripline 16 mm/1.0 GPH/40IN).

13.- En propiedades de la línea regante (Lateral Properties) considerar un espaciamiento en este caso de 7.5 m entre laterales y orientación definida por el usuario (Lateral Direction/User Defined).

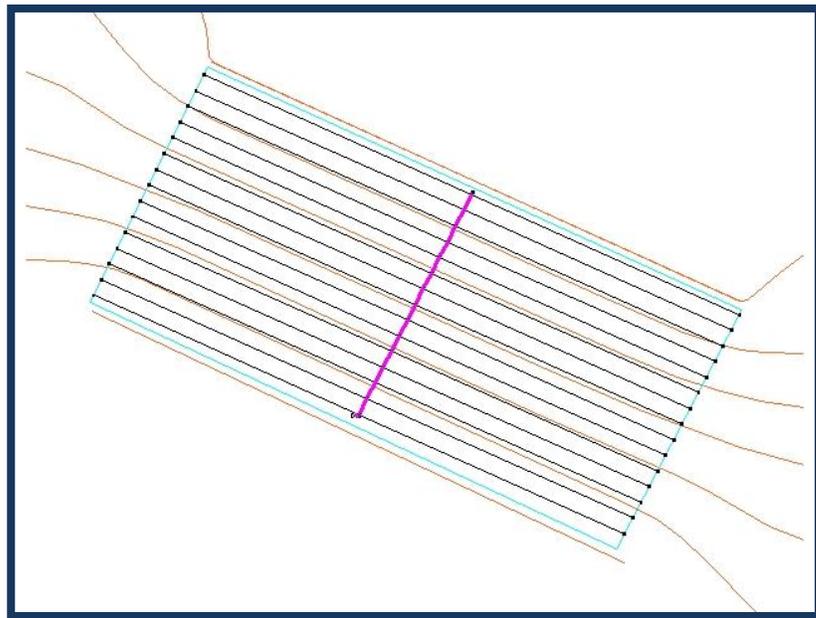


14.- Definir las propiedades para (Block) seleccionando “Center” para la posición de Submain y “End” para válvula, en tamaños calculados por la computadora.



15.- Seleccionar (Modify/Select Object) y dar clic sobre el margen del polígono (el cual se debe de iluminar).

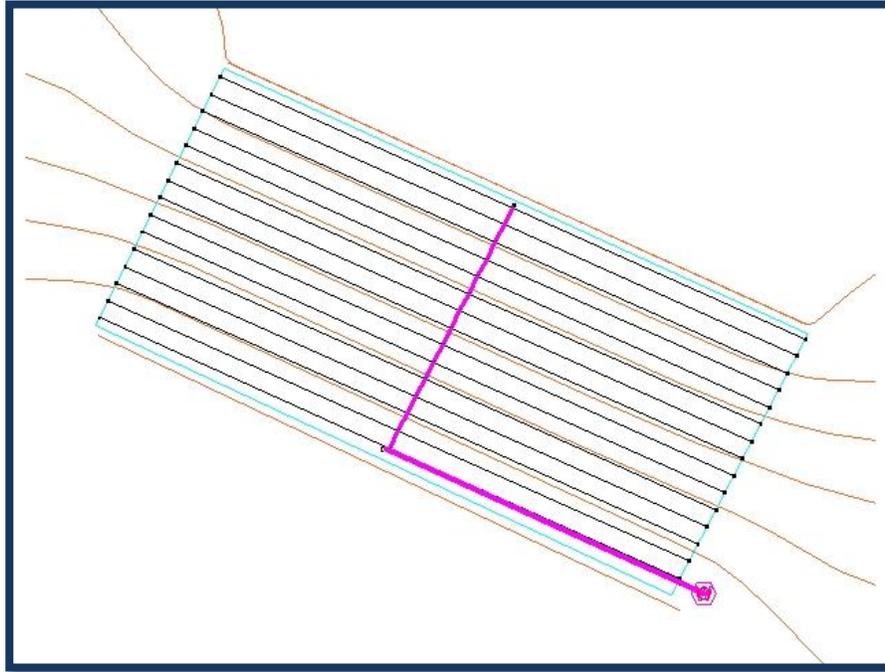
16.- Ahora seleccionar (Zone/Tape Irrigation Block) y aceptar la aplicación de las propiedades definidas en los pasos 12, 13 y 14 a la zona objetivo, en seguida dar clic en un extremo del polígono y arrastrar el mouse hasta el otro extremo y dar nuevamente clic para que IRRICAD dibuje en automático todas las líneas.



17.- Seleccionar (Mainline/Pipe) y conectar la válvula a la tubería.

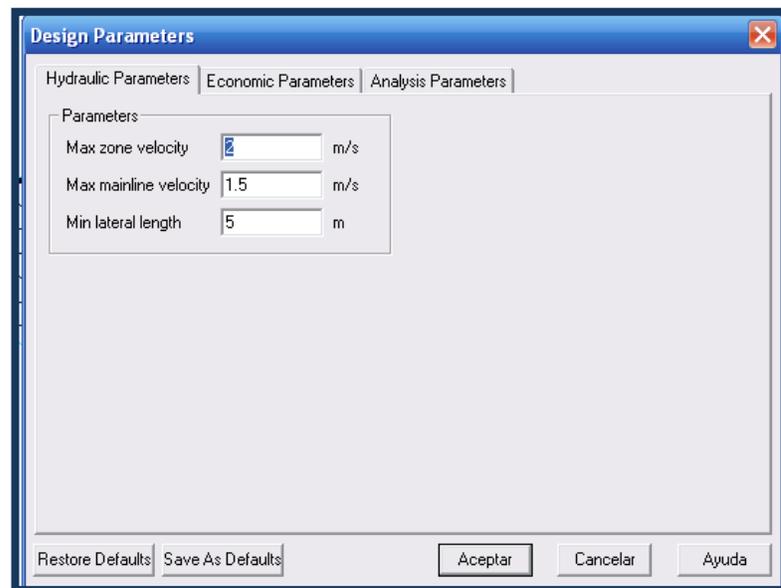
18.- Enseguida (Mainline/Water Supply) para conectar la fuente de agua.

19.- Seleccionar (Mainline/Pump) para colocar la bomba en la fuente de agua.

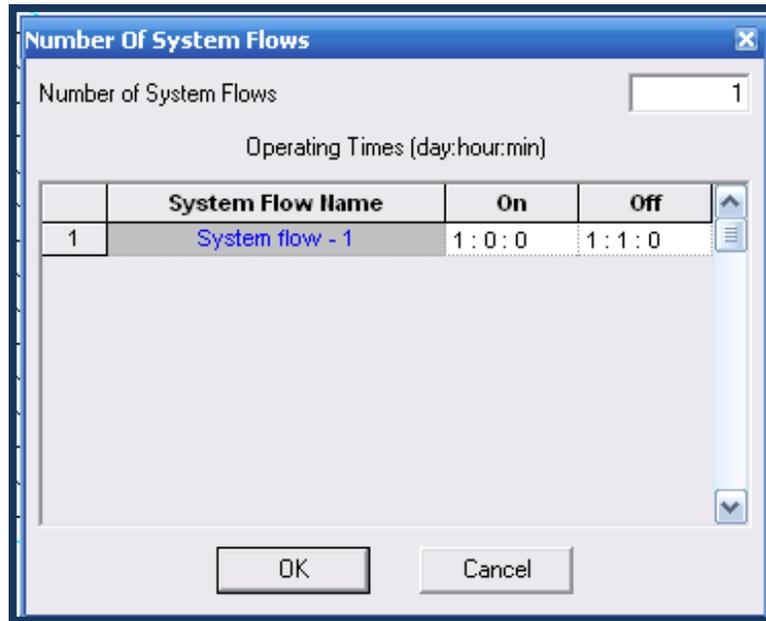


20.- Analizar el diseño del sistema de riego corriendo la rutina que se inicia en (Desing) con:

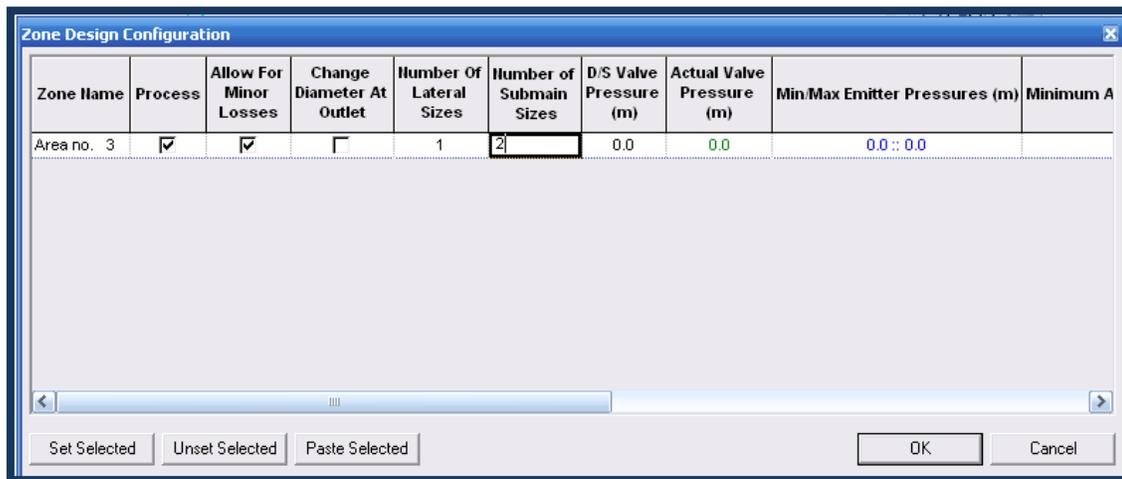
- Check connectivity/Clear connectivity
- Parameters Desing



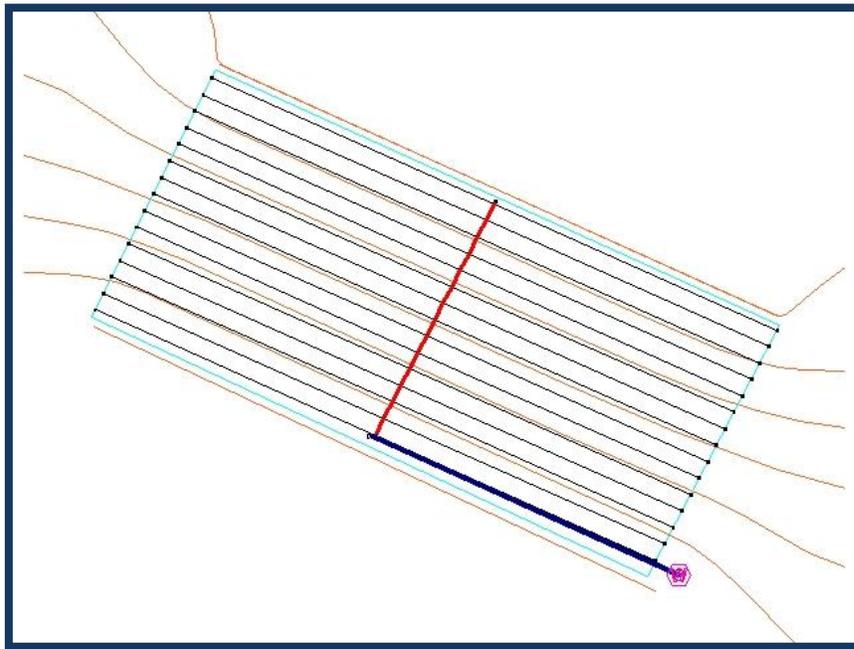
- Assign each block to a unique system flow



- Zone Desing configuration (Configuración del diseño en la zona de riego).

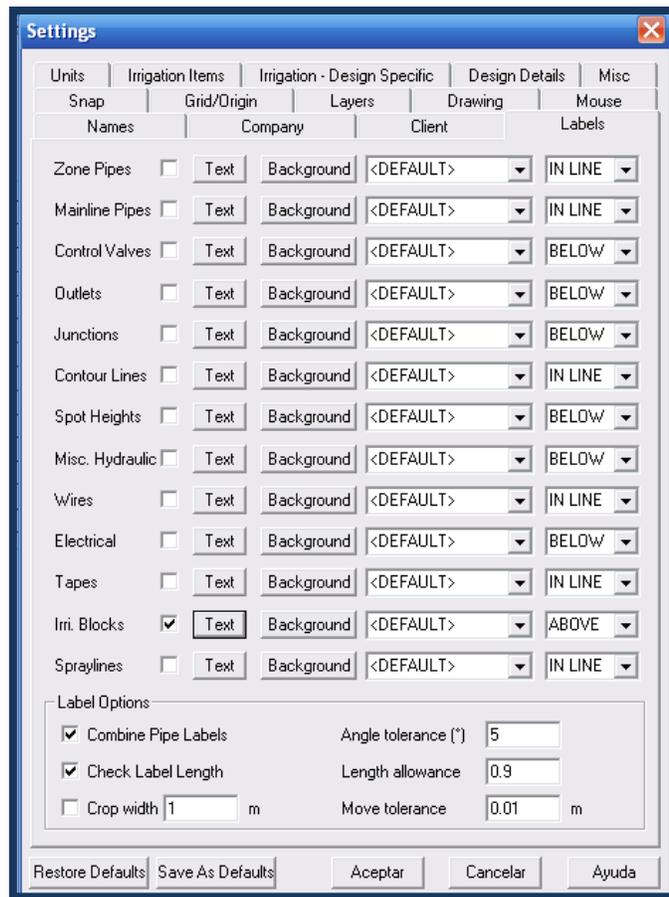


- Valve analysis
- Valve analysis Summary
- Zone pipe Analysis/LP Desing,
- Mainline analysis/LP Desing
- Mailine Desing/Velocity analysis
- Revisar el conectedo de válvulas y mangueras (Tools/connect valves, Tools/connect outlets).



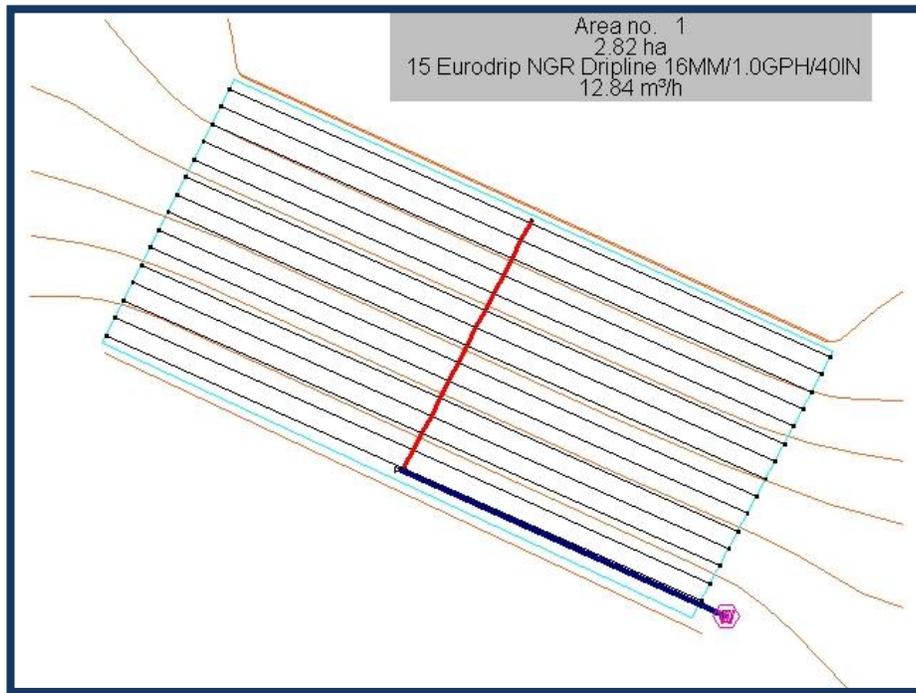
21.- Para realizar un etiquetado automático de la zona de riego seleccione (Settings/Label) para abrir la configuración de etiquetado. En este cuadro de diálogo puede seleccionar los tipos de elementos que desea en el etiquetado, marcando las casillas de verificación correspondientes. Marque la opción IRRI BLOCKS y luego haga clic en el botón texto. Podemos añadir otras palabras clave en los cuadros de texto para que la etiqueta automática pueda decir todo lo que queremos. El cuadro de texto se carga con omisión del nombre del área. Queremos añadir el tamaño del área, el nombre de la cinta, el número de las filas y el flujo de las unidades correctas. Para ello, tenemos que utilizar las palabras clave adecuadas.

22.- Podemos configurar las opciones de fondo, podemos especificar un relleno detrás de la etiqueta con un color de su elección. Seleccionar un color para el relleno y un color y grosor de línea del contorno. Dejar la capa establece en predeterminada, esto significa que la etiqueta se colocará automáticamente en la capa de irricad. La siguiente opción determina cuando la etiqueta se coloca. Que puede ser por debajo del objeto, por encima, en línea, a la izquierda o a la derecha.



22.- Nuevamente seleccionar (Modify/Select Object) y seleccionar el polígono.

23.- Seleccionar (Tools/Create Labels) y la etiqueta se colocara sobre el bloque.



24.- Para revisar la uniformidad de emisión de la sección Eu% (Reports/Zone Desing Reports/Zone Design sum uniformity).

25.- Para obtener el reporte de costos y materiales (Reports/Costing/Bom Reports/Bom With Costs).

3.9. Procedimiento para cálculo de área y escurrimientos de la Cuenca

- Ubicar un punto en el cauce de la cuenca, ya sea con GPS o en GE.
- Entrar a la aplicación SIATL de INEGI (Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas).
- Seleccionar la opción herramientas de búsqueda > Coordenadas > Grados sexagesimales y escribir las coordenadas del punto ubicado en el cauce > Buscar.
- En la opción Funciones de Red seleccionar > Flujos corrientes arriba > Dar un clic en la pantalla en donde se encuentra el punto seleccionado.
- Automáticamente aparece sombreada la cuenca, para ver el área y calcular los escurrimientos se hace lo siguiente.
- Funciones de Red > Índices morfo métricos y estimación de caudal.
- En la tabla Indicadores del cauce principal > seleccionar Calcular caudal > asignar los valores de: Periodo de retorno, coeficiente de escurrimiento y la intensidad de la lluvia > Calcular.
- Nuevamente aparece la tabla indicadores del cauce principal, indicando el área de la cuenca, el caudal y el tiempo de concentración.

3.10 Determinación de la capacidad de almacenamiento de la presa de la UAAAN

- Con un GPS se tomaron puntos indicando el nivel máximo del agua que puede alcanzar en la presa, lo mismo se hizo con el nivel actual del agua, esto para calcular áreas.
- Con la diferencia de alturas entre estas dos áreas, se calcula un volumen de almacenamiento.
- Con estos datos se calculará el volumen de almacenamiento de la presa ubicada en la parte más alta del terreno.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comparación de las variables hidráulicas para los métodos de diseño.

En este capítulo se muestran las tendencias encontradas en las siguientes variables de diseño: Coeficiente de uniformidad (Cu%), gasto por sección (Q en m^3/hr), área de la sección (A en Ha), cantidad de manguera por sección (m), uniformidad de emisión (Eu%) y presión de entrada en la válvula (mca).

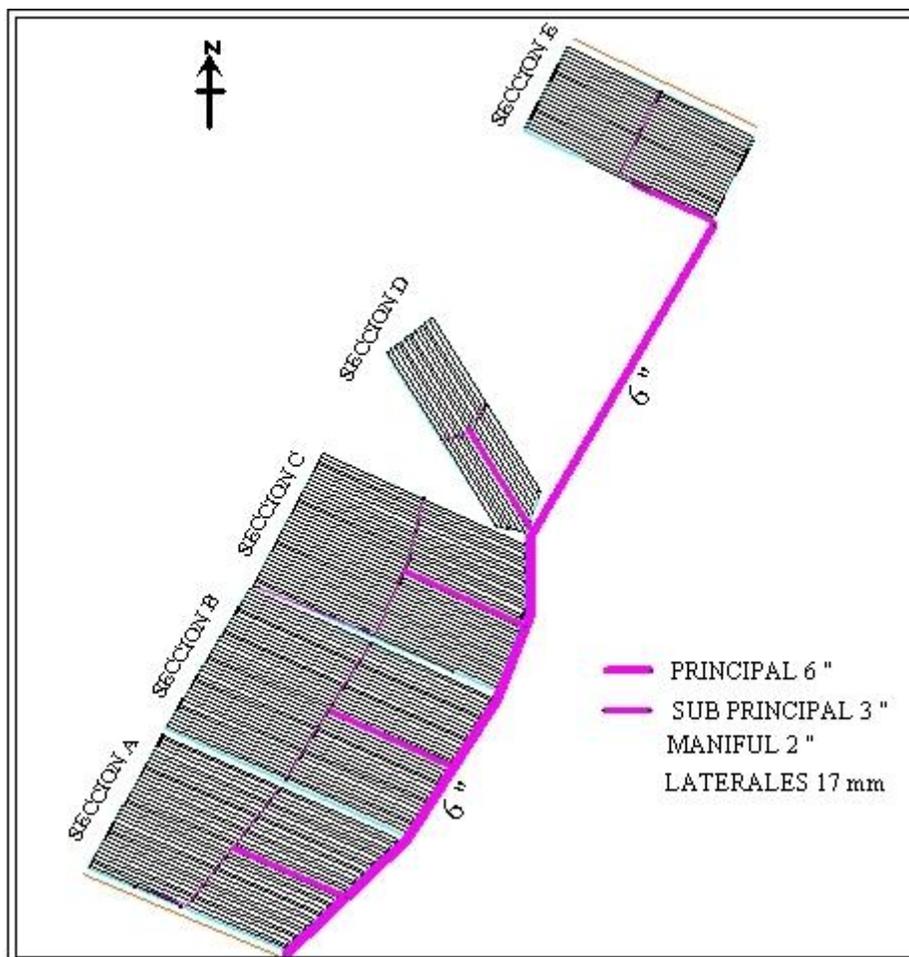


Figura 4.1 Diseño de un sistema de riego por goteo para la huerta de nogal pecanero plantada en el campo experimental el Bajío de la UAAAN campus Buenavista Saltillo Coahuila

4.1.1. Comparación de los coeficientes de uniformidad encontrados en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.

En la figura 4.2 se observa que en las secciones D y E las uniformidades son más altas (92-95%), mientras que en la sección B se encontró la menor uniformidad (90-91%). Por otra parte el diseño hecho sobre un polígono dibujado en base a coordenadas GPS reporto mayores uniformidades que el diseño en base a GE. Tres secciones A, C y E coinciden aproximadamente en igual coeficiente de uniformidad (Cu%) reportando 92.5%, 92%, y 94.5% respectivamente.

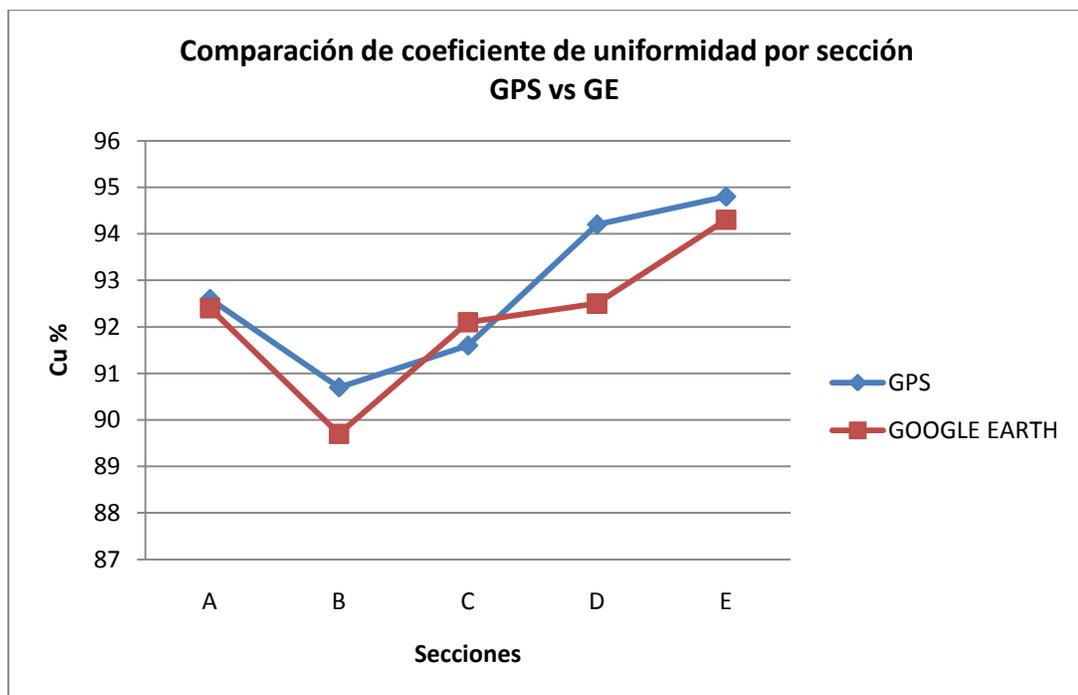


Figura 4.2 Comparación de coeficiente de uniformidad por sección GPS vs GE

4.1.2. Comparación de los gastos encontrados en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.

En la figura 4.3 se observa que el gasto requerido en la mayoría de las secciones es similar para ambos métodos de diseño, únicamente en la sección E es donde se observa más variación. El reporte de IRRICAD indico que en las secciones A, B y C requieren mayor cantidad de agua para cubrir las necesidades de los nogales, que en las secciones D y E, esto se atribuye a que el marco de plantación es más reducida en las secciones A, B y C.

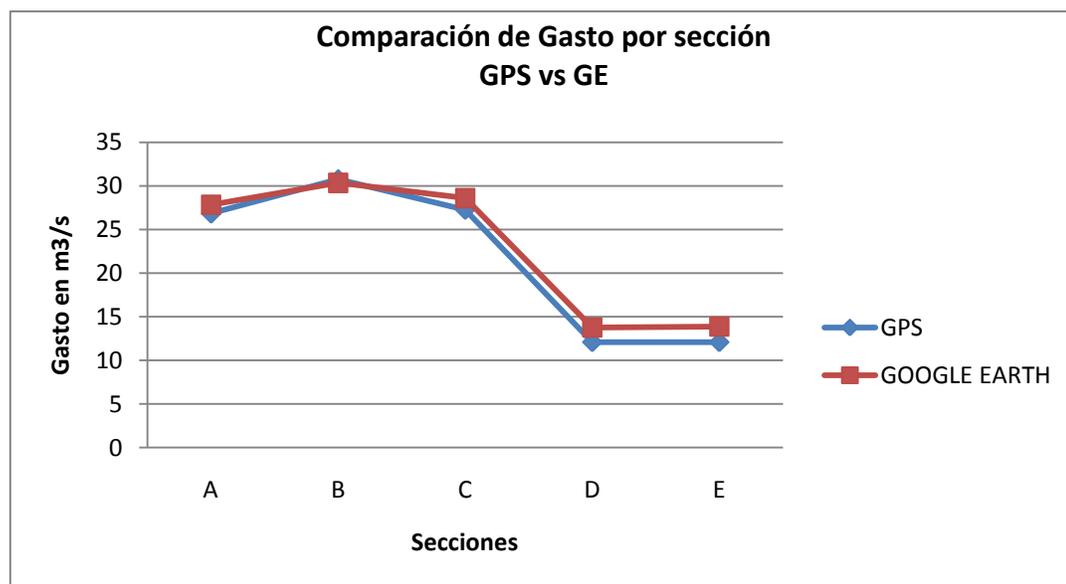


Figura 4.3 Comparación de Gasto por sección GPS vs GE

4.1.3. Comparación de las áreas encontradas en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.

En la figura 4.4 se aprecia que las áreas por sección tienden a coincidir en la mayoría de las secciones, únicamente en las secciones A y D se observa una ligera variación en tamaño, pero tal diferencia no es significativa estadísticamente.

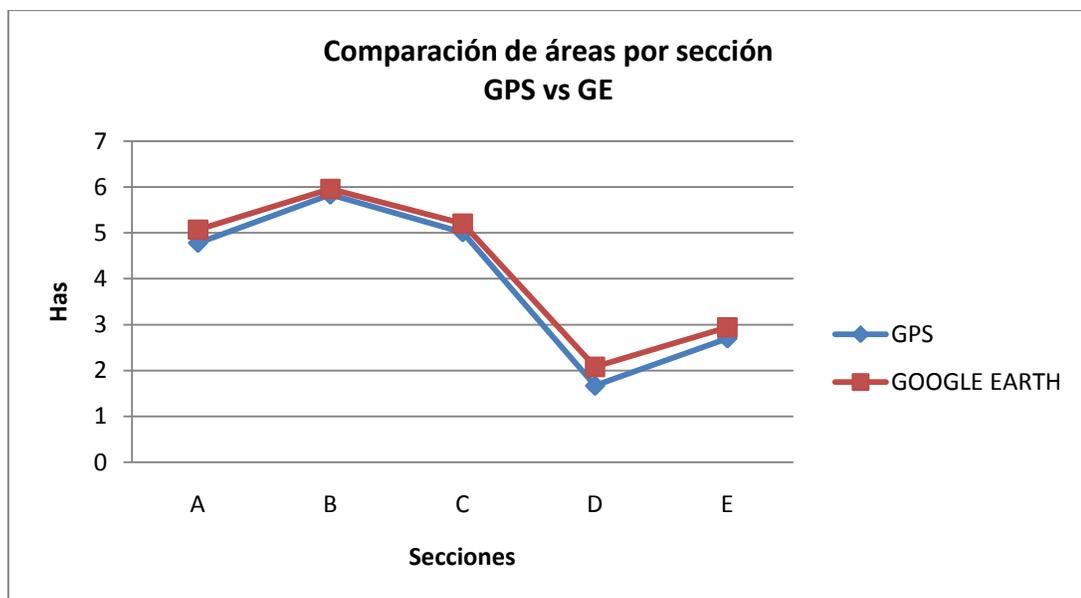


Figura 4.4 Comparación de áreas por sección GPS vs GE

4.1.4. Comparación de la cantidad total de la manguera a utilizar en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.

En la figura 4.5 se puede apreciar que la cantidad de manguera requerida por sección, es similar para ambos métodos de diseño, este cálculo de materiales está directamente relacionado con la figura anterior, ya que la lista de materiales (BOM de IRRICAD) se determina según el área de la sección, debiendo solicitar para las secciones A, B y C, de 8 mil a 10 mil metros de manguera de 16MM/1.0GPH/40IN, y de 2 mil a 4 mil metros para cada una de las secciones D y E.

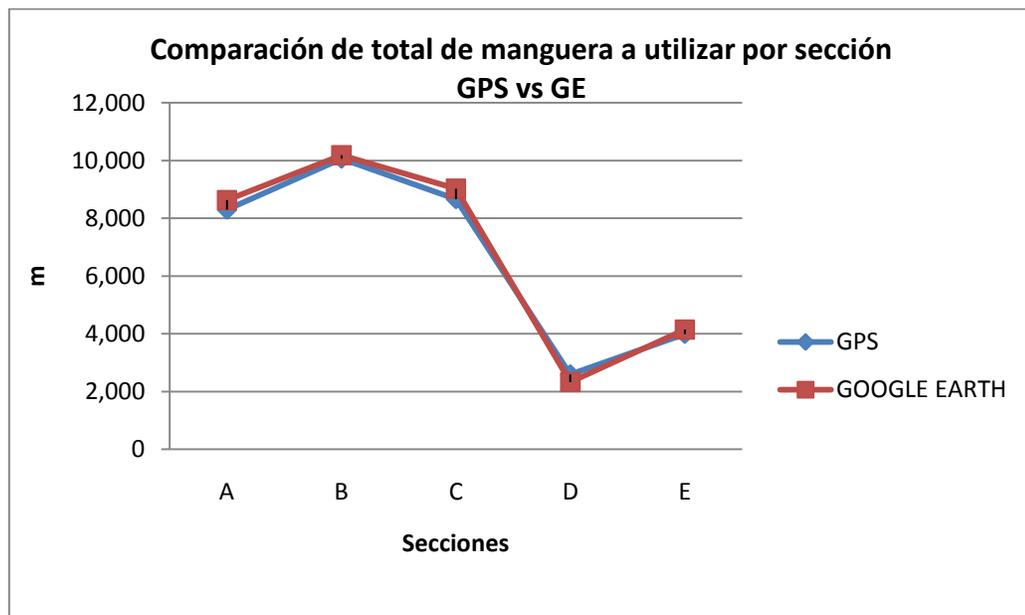


Figura 4.5 Comparación de total de manguera a utilizar por sección GPS vs GE

4.1.5. Comparación de la uniformidad de distribución encontrada en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.

En la figura 4.6 se muestra que en las secciones D y E es donde se obtuvo más uniformidad en la distribución de la descarga de los goteros de 92% a 94%, mientras que en las secciones A, B, y C la uniformidad es relativamente más baja, en el orden de 89% a 90%. Tales valores de uniformidad se califican de acuerdo a la relación de Karmeli y Keller de buenas a excelentes.

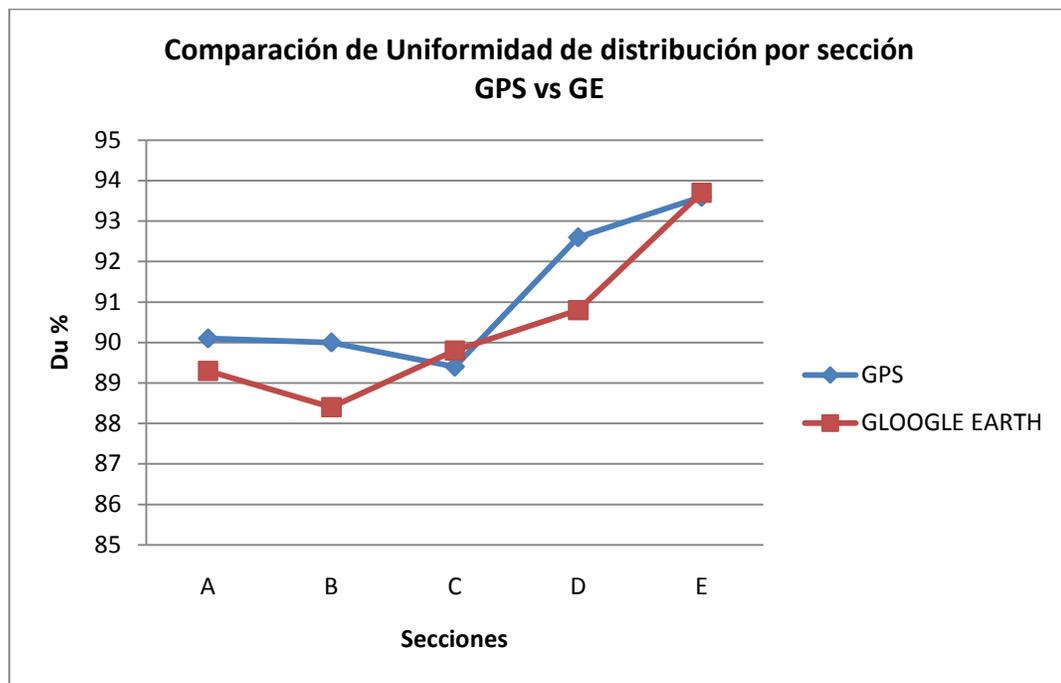


Figura 4.6 Comparación de Uniformidad de distribución por sección GPS vs GE

4.1.6. Comparación de la presión necesaria en la entrada de la válvula por sección encontrada en los diseños, uno hecho en base a coordenadas GPS y otro basado en imágenes satelitales.

En la figura 4.7 se observa que la presión requería en la entrada de la válvula, es diferente en cada sección para los dos métodos de diseño, las válvulas para las secciones A, B y C muestran mayor diferencia entre los métodos de diseño, a pesar de esto la diferencia en las medias no resultó significativa en el análisis estadístico, pero desde el punto de vista hidráulico es importante analizar el perfil topográfico del polígono, ya que en el recorrido con GPS no se tomaron lecturas de coordenadas UTM en puntos intermedios entre los vértices, mientras que en la imagen GE de la huerta se siguieron virtualmente los contornos de igual elevación sobre el polígono.

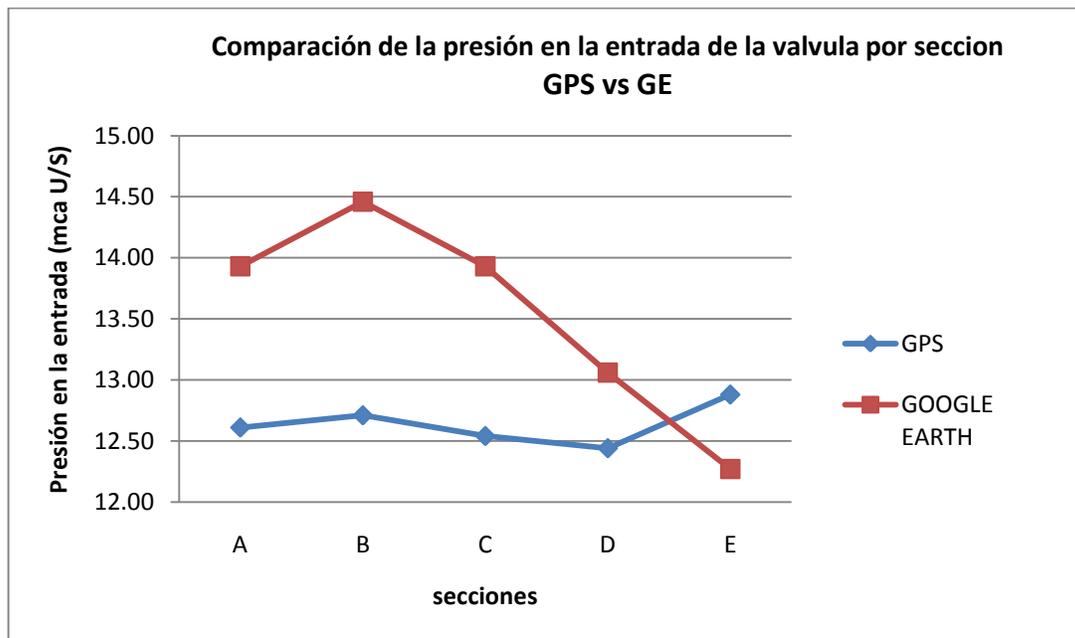


Figura 4.7 Comparación de la presión en la entrada de la válvula por sección GPS vs GE

4.2 Estudio hidrológico de la cuenca

Con la aplicación SIATL se proyectó espacialmente el parte aguas de la cuenca que contribuye con sus escurrimientos a la recarga de afluentes, aguajes y acuíferos en la región de Buenavista.

El estudio determino una extensión de 105 km^2 para la cuenca esperando un escurrimiento de $23 \text{ m}^3/\text{s}$ para una tormenta de 2.5 cm/hr con un periodo de retorno de 10 años.

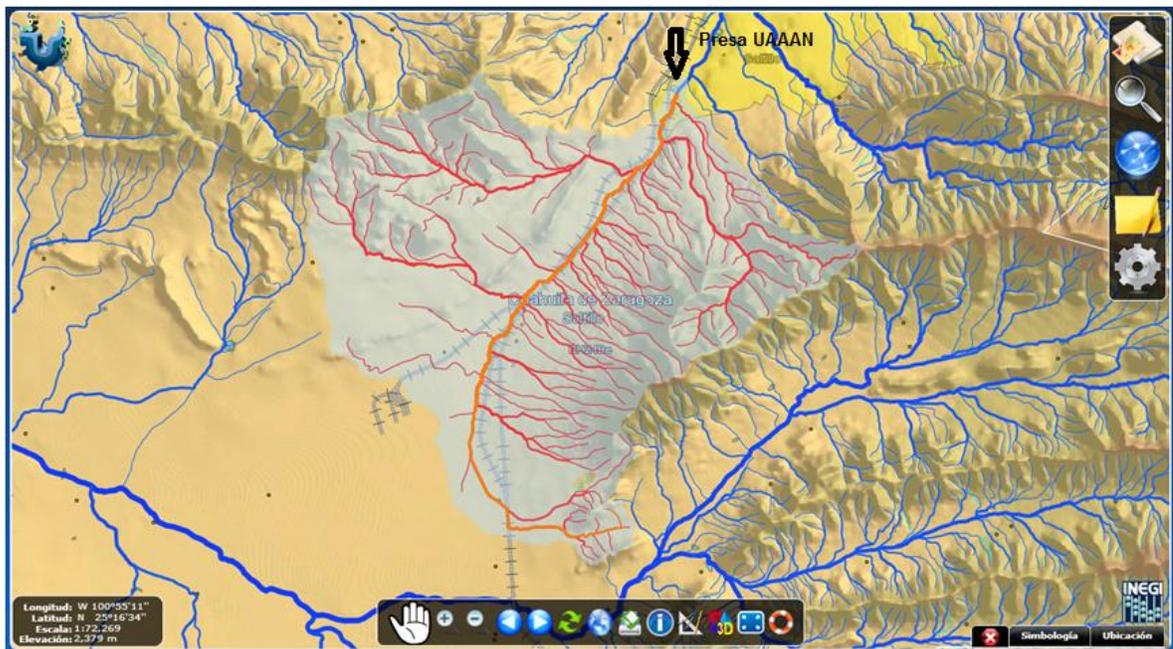


Figura 4.8 Área de Captación de la cuenca sobre los planos topográficos, mapeada por INEGI, para definir los escurrimientos para el diseño de las obras de infraestructura hidráulica.

Cuadro 4.1 Características hidrológicas de topográficas de la cuenca.

Indicadores del Cauce Principal	
Propiedad	Valor
Elevación máxima	2079 m
elevación media	1919 m
Elevación mínima	1760 m
Longitud	19164 m
Pendiente media	1.66%
Tiempo de concentración	185 min
Área drenada	105 km²
Período de retorno	10 años
Coefficiente de escurrimiento	10%
Lluvia	25 mm
Intensidad de la lluvia	8.11

$$Q = 0.0139 * C * A^{0.75}$$

$Q = \text{Gasto en } m^3/s$

$C = 300$

$A = \text{Área en } km^2$

$$Q = 0.0139 * 300 * 105^{0.75}$$

$$Q = 136.78 m^3/s$$

Capacidad de almacenamiento de la presa

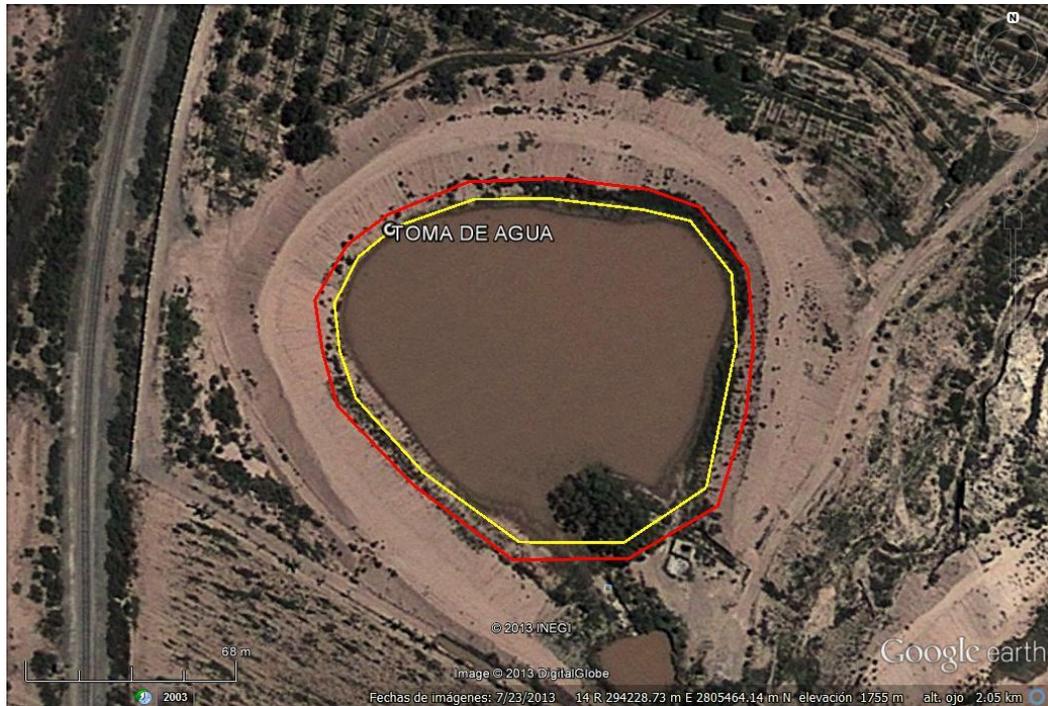


Figura 4.9 Áreas de la presa tomadas para calcular la capacidad de almacenamiento.

$$V = \frac{A1 + A2 * h}{2}$$

$$V = \frac{13007.84 \text{ m}^2 + 11521 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}}{2} = 24,529.42 \text{ m}^3$$

$$V = 24,529.42 \text{ m}^3 * 1.3 = \mathbf{31,888.25 \text{ m}^3}$$

Cuadro 4.2 Calculo de requerimiento de riego diario.

Mes	Presipitación mm/mes	Temperatura °C	ETc mm/día	RR Diario mm
Enero	21.30	29.00	2.03	1.38
Febrero	10.10	32.20	3.11	2.76
Marzo	12.80	36.80	4.55	4.16
Abril	18.20	35.00	5.28	4.71
Mayo	44.20	37.50	6.77	5.44
Junio	62.90	36.50	6.77	4.88
Julio	65.90	34.50	6.16	4.25
Agosto	74.70	39.00	6.66	4.52
Septiembre	69.10	35.10	5.11	3.05
Octubre	24.90	32.40	3.62	2.86
Noviembre	12.60	30.20	2.73	2.33
Diciembre	15.80	28.70	1.97	1.49

Las necesidades diarias de consumo de agua del nogal de la huerta de la UAAAN es de 54 m³/ha, esto multiplicado por las 21 has totales, se obtiene una necesidad diaria de 1134 m³ de agua.

$$Vt = 54 \frac{m^3}{ha} * 21 ha = 1134 m^3 / dia$$

$$Riegos = \frac{Volumen de la presa m^3}{Volumen requerido diario m^3}$$

$$Riegos = \frac{31,888.25 m^3}{1134 m^3} = 28 riegos$$

Esto significa que con el agua almacenada en la presa podemos cubrir las necesidades hídricas de los nogales durante 28 días, pero si sacamos el total de agua que necesita una hectárea de nogal durante todo un año, obtenemos lo siguiente.

$$Q \text{ anual/ha} = Q \text{ req diario} * \text{días del año}$$

$$Q \text{ anual/ha} = 54 \text{ m}^3 * 365 = 19,710 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$ha = \frac{\text{Vol total de la presa } m^3}{\text{Vol total por ha}/m^3}$$

$$ha = \frac{31,888.25 \text{ m}^3}{19,710 \text{ m}^3/ha} = 1.6 \text{ ha}$$

Este resultado significa que con el agua almacenada en la presa, es suficiente para regar durante todo un año 1.6 has, cubriendo así la demanda hídrica de la planta obtenida con el método de Blaney & Criddle.

El registro de las lluvias indica que la cuenca está ubicada en una zona semidesértica con una precipitación anual de 432 mm, los cuales se distribuyen mensualmente como se muestra en la figura (4.9).

Observando claramente que la época en donde se presentan las lluvias más intensas que producen escurrimientos, es de mayo a septiembre, y el periodo que registra las lluvias más pequeñas son de octubre a abril.

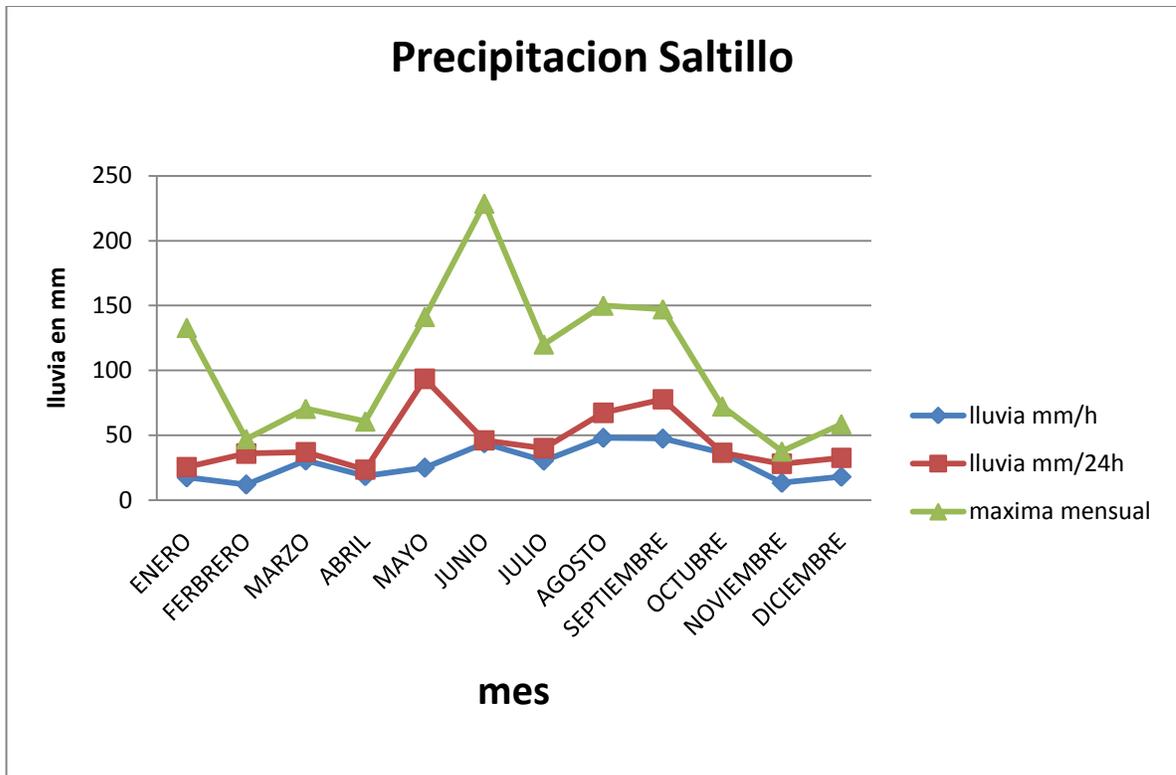


Figura 4.10 Distribución mensual de las precipitaciones en Saltillo Coahuila.

El arroyo que pasa por un lado de la huerta tiene infraestructura hidráulica capacitada para desviar una fracción del escurrimiento (10 %) hacia la presa cuya capacidad máxima de embalse es de (31,888.25 m³).

Al predecir los escurrimientos captados aguas arriba de la presa, se encontró que en la época de lluvias comprendida de Mayo a Septiembre, la creciente del arroyo es lo suficiente para que los niveles de la presa pueden recuperarse 2 veces por año, superando la altura del vertedero especialmente cuando las intensidades de la lluvia varían de 25 a 48 mm/h con duraciones de una hora para las tormentas.

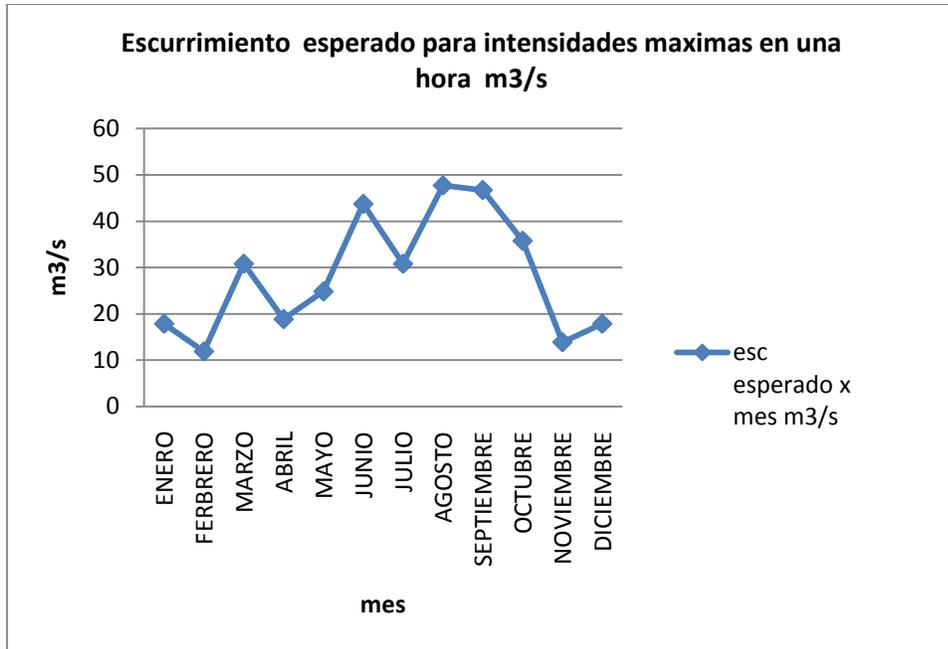


Figura 4.11 Estimación del escurrimiento esperado para lluvias máximas.

4.3 Estrategia para el Manejo del Agua en la Huerta del Bajío

El agua captada por la presa durante el periodo de lluvias en donde los escurrimientos son considerables, es utilizada para regar la huerta por gravedad, sugiriendo filtrar el agua captada a través de filtros de medio granular, para retener el azolve y material orgánico suspendido y poder en un futuro conducirla entubada hacia el sistema de goteo, sin riesgo de taponamiento de las mangueras y emisores, esto con la finalidad de ayudar a reducir la explotación de los acuíferos.

La alimentación del sistema de riego por gravedad presurizaría adecuadamente solo las secciones de goteo más bajas y alejadas de la presa (C, D y E).

4.4 Avances de la Obra



Figura 4.12 Excavación de la Zanja y tendido de la línea distribuidora



Figura 4.13 Válvula de seccionamiento para el riego de cada bloque.



Figura 4.14 Conexión de iniciales y elevadores para conexión de mangueras de goteo.



Figura 4.15 Riego por melgas combinado con el riego por goteo enterrado, para manejar en la huerta de nogales dos fuentes de agua

V CONCLUSIONES

El diseño basado en un polígono reconocido en campo mediante un recorrido con GPS no mostro diferencias significantes en las variables hidráulicas, en comparación al diseño basado en un polígono dibujado sobre una imagen satelital escalada.

La prueba t Student aplicada en los datos calculados para ambos diseños (tomando “diseños” como tratamientos y “secciones” como repeticiones), demostró que ambos métodos de diseño producen resultados similares, por lo mismo se acepta la hipótesis nula (H_0) inicialmente planteada al principio de esta investigación.

En primavera se recomienda alimentar el sistema de goteo bombeando el agua del pozo del bajío, y en verano soltar el agua de la presa para regar parte de la huerta por superficie. En otoño alternar el uso de las fuentes de agua según la ocurrencia de lluvias apreciables y disponibilidad de recurso en la presa. También es importante mejorar la administración de las fuentes de agua para atenderlas necesidades de docencia e investigación.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Orellana Bello, Stephanie, 2012. Software de Hidráulica de Tuberías para diseño de riego por aspersión. Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.
<https://sites.google.com/site/softwareaspersion/software-3>
- Ponce de León, Luis 2008. La Revolución de Google Earth La nueva forma de ver el Mundo.
- Lincoln Agritech 2012. Irricad Irrigation design Software. Lincoln University New Zealand. <http://www.irricad.com/irricadpro>
- Nelson Irrigation Corporation, Irricad Pro de AEI Software. 848Airport Road - WallaWalla,WA99362U.S.A. 3p - Tel:+1 (509) 525-7660 - Fax:+1 (509) 525-7907 - www.nelsonirrigation.com
- Ben Van Den Heever, 2011. Irrigation Design Software and Google Earth. Senninger Irrigation Corporation.
http://browse.feedreader.com/c/Senninger_Irrigation/4301969
- Nelson Irrigation Corporation 2013. Riego diseño general del software. Walla Walla, Washington, EE.UU..
<http://www.nelsonirrigation.com/products/family/irrigation-design-software/irricad-design-software/>
- Netafim, irricad Pro Irrigation Design Software.
<http://www.netafim.com/service/irricad-pro>
- Logic group, Irricad de AEI Software de Digitalización de Riego. USA.
<http://www.logicgroup.com/SoftwareThird/Irrigation/Irricad.htm>
- Eduteka. Google earth en clase de geografía. Noviembre 2005
- Metternicht, G. (2006). Consideraciones acerca del impacto de Google Earth en la valoración y difusión de los productos de georrepresentación.

- Jesús H. Núñez Moreno 2013. El agua en Nogal Pecanero.
- Jorge R. Rey 2012. El sistema de posicionamiento global. University of Florida
- Chávez Durón, J. Antonio, 2007. Producción de alfalfa con riego por goteo subsuperficial o subterráneo. INIFAP. Ensenada B. C.
- Payán Ochoa, Sergio. Sistemas de Riego presurizados y monitoreo de la humedad del suelo. INIFAP
- Hernández Carrillo, Javier, 2001. Producción de Forrajes y Nogal con riego por goteo subterráneo. INIFAP. Delicias chihuahua.
- Godoy Avila, Claudio, Reyes Juárez, Isidro, Torres Estrada, Ciria Alicia, 2005. Riego por goteo subsuperficial en nogal pecanero (*Carya illinoensis* K.) con diferentes números de laterales de riego. Agricultura Técnica en México
- González Cervantes. 2012. COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y OPORTUNIDAD DE RIEGO EN NOGAL PECANERO.
- Lan Jacquelyne, 2011. Global Positioning System.

APENDICE

Reportes arrojados por el Software IRRICAD los cuales muestran los valores encontrados de los parámetros hidráulicos evaluados en ambos métodos de diseño. También se muestran los resultados estadísticos de la prueba t-student aplicada para validar la significancia de las predicciones y el ensayo de hipótesis.

A continuación se enlistaran en primer lugar los reportes de las secciones diseñadas a base de coordenadas GPS y en seguida los reportes de las secciones diseñadas a base de una imagen satelital.

Reportes GPS

Irricad Version 11.1		Zone Design Report	
Company: UAAAN	Designer: Alexander López Morales		
Client:	Design Date:	21/02/2013	
Site:	Report Date:	21/02/2013 16:19:09	
Notes:			
Filename : Sección A GPS			
Zone Name: Sección A	Valve Description: 2" Nelson Solenoid Control Valve		
Zone Head (D/S):	12.61 (m)	Zone Head (U/S):	12.61 (m)
Total Zone Flow:	26.84 (m3/h)	Valve Headloss:	0.00 (m)
	Allowable Flow	Actual Flow	Allowable Pressure
	(lpm)	(lpm)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.05	7.38
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66
Outlet Variation (%)	23.62	28.69 ***	41.67
Coefficient of variation =	0.000	Mean Emitter Flow =	0.06
Cu =	92.6 (%)	Eu =	90.1 (%)
		No. of Emitters per Plant =	10
Outlet Locations (X,Y)	Minimum: 294226.9 , 2805757.8	Maximum:	294307.4 , 2805623.8

Irricad Version 11.1		Zone Design Report	
Company : UAAAN		Designer : Alexander López	
Client :		Design Date :	21/02/2013
Site :		Report Date:	21/02/2013 16:27:06
Notes :			
Filename :			

Zone Name :	Seccion B	Valve Description :	2" Nelson Solenoid Control Valve	
Zone Head (D/S) :	12.71 (m)	Zone Head (U/S) :	12.71	(m)
Total Zone Flow :	30.77 (m3/h)	Valve Headloss :	0.00	(m)
	<u>Allowable Flow</u>	<u>Actual Flow</u>	<u>Allowable Pressure</u>	<u>Actual Pressure</u>
	(lpm)	(lpm)	(m)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.05 ***	7.38	6.00 ***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	12.66
Outlet Variation (%)	23.62	31.16 ***	41.67	52.61 ***
Coefficient of variation = 0.000		Mean Emitter Flow =	0.06	No. of Emitters per Plant = 10
Cu = 90.7 (%)		Eu = 90.0 (%)		Du = 90.0 (%)
Outlet Locations (X,Y)	Minimum: 294328.5 , 2805928.8		Maximum: 294419.0 , 2805783.3	

Irricad Version 11.1		Zone Design Report	
Company : UAAAN		Designer : Alexander López Morales	
Client :		Design Date :	21/02/2013
Site :		Report Date:	21/02/2013 16:33:20
Notes :			
Filename :			

Zone Name :	Sección C	Valve Description :	2" Nelson Solenoid Control Valve	
Zone Head (D/S) :	12.54 (m)	Zone Head (U/S) :	12.54	(m)
Total Zone Flow :	27.27 (m3/h)	Valve Headloss :	0.00	(m)
	<u>Allowable Flow</u>	<u>Actual Flow</u>	<u>Allowable Pressure</u>	<u>Actual Pressure</u>
	(lpm)	(lpm)	(m)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.05 ***	7.38	6.15 ***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	12.53
Outlet Variation (%)	23.62	29.96 ***	41.67	50.95 ***
Coefficient of variation = 0.000		Mean Emitter Flow =	0.06	No. of Emitters per Plant = 10
Cu = 91.6 (%)		Eu = 89.4 (%)		Du = 89.4 (%)
Outlet Locations (X,Y)	Minimum: 294336.4 , 2805939.5		Maximum: 294359.0 , 2805922.5	

Irricad Version 11.1		Zone Design Report	
Company : UAAAN		Designer : Alexander López Morales	
Client :		Design Date :	21/02/2013
Site :		Report Date:	27/02/2013 11:23:24
Notes :			
Filename :	SecD.des		

Zone Name :	Sección D	Valve Description :	2" Nelson Solenoid Control Valve	
Zone Head (D/S) :	12.44 (m)	Zone Head (U/S) :	12.44	(m)
Total Zone Flow :	12.09 (m3/h)	Valve Headloss :	0.00	(m)
	<u>Allowable Flow</u>	<u>Actual Flow</u>	<u>Allowable Pressure</u>	<u>Actual Pressure</u>
	(lpm)	(lpm)	(m)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.06	7.38	7.01 ***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	12.29
Outlet Variation (%)	23.62	24.46 ***	41.67	42.94 ***
Coefficient of variation = 0.000		Mean Emitter Flow =	0.06	No. of Emitters per Plant = 10
Cu = 94.2 (%)		Eu = 92.6 (%)		Du = 92.6 (%)
Outlet Locations (X,Y)	Minimum: 294509.4 , 2806222.0		Maximum: 294604.3 , 2806145.3	

Irricad Version 11.1		Zone Design Report	
Company : UAAAN		Designer : Alexander López Morales	
Client :		Design Date :	21/02/2013
Site :		Report Date:	27/02/2013 11:29:43
Notes :			
Filename :	SecE.des		

Zone Name :	Sección E	Valve Description :	2" Nelson Solenoid Control Valve	
Zone Head (D/S) :	12.52 (m)	Zone Head (U/S) :	12.88	(m)
Total Zone Flow :	13.47 (m3/h)	Valve Headloss :	0.36	(m)
	<u>Allowable Flow</u>	<u>Actual Flow</u>	<u>Allowable Pressure</u>	<u>Actual Pressure</u>
	(lpm)	(lpm)	(m)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.06	7.38	7.27 ***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	12.34
Outlet Variation (%)	23.62	23.25	41.67	41.09
Coefficient of variation = 0.000		Mean Emitter Flow =	0.06	No. of Emitters per Plant = 10
Cu = 94.8 (%)		Eu = 93.6 (%)		Du = 93.6 (%)
Outlet Locations (X,Y)	Minimum: 294693.1 , 2806550.3		Maximum: 294761.1 , 2806417.0	

Reportes Google Earth

Irricad Version 11.1		Zone Design Report		
Company : UAAAN		Designer : Alexander López Morales		
Client :		Design Date :	01/03/2013	
Site :		Report Date :	01/03/2013 10:25:48	
Notes :				
Filename : SEC A.des				
Zone Name : Sección A		Valve Description : 2" Nelson Solenoid Control Valve		
Zone Head (D/S) :	12.56 (m)	Zone Head (U/S) :	13.93 (m)	
Total Zone Flow :	27.83 (m3/h)	Valve Headloss :	1.37 (m)	
	<u>Allowable Flow</u>	<u>Actual Flow</u>	<u>Allowable Pressure</u>	<u>Actual Pressure</u>
	(lpm)	(lpm)	(m)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.05 ***	7.38	6.13 ***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	12.55
Outlet Variation (%)	23.62	30.14 ***	41.67	51.20 ***
Coefficient of variation = 0.000		Mean Emitter Flow = 0.06		No. of Emitters per Plant = 10
Cu = 92.4 (%)		Eu = 89.3 (%)		Du = 89.3 (%)
Outlet Locations (X,Y)	Minimum :	228.1 , 51.8	Maximum :	25.0 , 37.8

Irricad Version 11.1		Zone Design Report		
Company : UAAAN		Designer : Alexander López Morales		
Client :		Design Date :	01/03/2013	
Site :		Report Date :	01/03/2013 09:39:09	
Notes :				
Filename : SEC B.des				
Zone Name : Sección B		Valve Description : 2" Nelson Solenoid Control Valve		
Zone Head (D/S) :	12.86 (m)	Zone Head (U/S) :	14.46 (m)	
Total Zone Flow :	30.34 (m3/h)	Valve Headloss :	1.61 (m)	
	<u>Allowable Flow</u>	<u>Actual Flow</u>	<u>Allowable Pressure</u>	<u>Actual Pressure</u>
	(lpm)	(lpm)	(m)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.05 ***	7.38	5.42 ***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	12.80 ***
Outlet Variation (%)	23.62	34.95 ***	41.67	57.69 ***
Coefficient of variation = 0.000		Mean Emitter Flow = 0.06		No. of Emitters per Plant = 10
Cu = 89.7 (%)		Eu = 88.4 (%)		Du = 88.4 (%)
Outlet Locations (X,Y)	Minimum :	-60.5 , 174.7	Maximum :	41.0 , 25.3

Irricad Version 11.1		Zone Design Report	
Company : UAAAN		Designer : Alexander López Morales	
Client :		Design Date :	01/03/2013
Site :		Report Date:	01/03/2013 10:01:04
Notes :			
Filename :			

Zone Name :	Sección C	Valve Description :	2" Nelson Solenoid Control Valve	
Zone Head (D/S) :	12.54 (m)	Zone Head (U/S) :	13.98	(m)
Total Zone Flow :	28.59 (m3/h)	Valve Headloss :	1.44	(m)
	<u>Allowable Flow</u>	<u>Actual Flow</u>	<u>Allowable Pressure</u>	<u>Actual Pressure</u>
	(lpm)	(lpm)	(m)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.05	7.38	6.26 ***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	12.54
Outlet Variation (%)	23.62	29.31 ***	41.67	50.02 ***
Coefficient of variation =	0.000	Mean Emitter Flow =	0.06	No. of Emitters per Plant = 10
Cu =	92.1 (%)	Eu =	89.8 (%)	Du = 89.8 (%)
Outlet Locations (X,Y)	Minimum:	-109.7 , 25.0	Maximum:	62.0 , 37.2

Irricad Version 11.1		Zone Design Report	
Company : UAAAN		Designer : Alexander López Morales	
Client :		Design Date :	01/03/2013
Site :		Report Date:	01/03/2013 10:21:51
Notes :			
Filename : SECD.des			

Zone Name :	Sección D	Valve Description :	2" Nelson Solenoid Control Valve	
Zone Head (D/S) :	12.69 (m)	Zone Head (U/S) :	13.06	(m)
Total Zone Flow :	13.77 (m3/h)	Valve Headloss :	0.37	(m)
	<u>Allowable Flow</u>	<u>Actual Flow</u>	<u>Allowable Pressure</u>	<u>Actual Pressure</u>
	(lpm)	(lpm)	(m)	(m)
Minimum Outlet	0.06	0.05	7.38	6.49 ***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	12.65
Outlet Variation (%)	23.62	28.39 ***	41.67	48.72 ***
Coefficient of variation =	0.000	Mean Emitter Flow =	0.06	No. of Emitters per Plant = 10
Cu =	92.5 (%)	Eu =	90.8 (%)	Du = 90.8 (%)
Outlet Locations (X,Y)	Minimum:	108.7 , -54.6	Maximum:	49.3 , 117.8



Company : UAAAN

Designer : Alexander López Morales

Client :

Design Date : 05/03/2013

Site :

Report Date: 05/03/2013 10:51:02

Notes :

Filename : SECE.des

Zone Name : Sección E

Valve Description : 2" Nelson Solenoid Control Valve

Zone Head (D/S) : 11.90 (m)

Zone Head (U/S) : 12.27 (m)

Total Zone Flow : 13.87 (m3/h)

Valve Headloss : 0.38 (m)

	<u>Allowable Flow</u> (lpm)	<u>Actual Flow</u> (lpm)	<u>Allowable Pressure</u> (m)	<u>Actual Pressure</u> (m)	
Minimum Outlet	0.06	0.06	7.38	7.15	***
Maximum Outlet	0.07	0.07	12.66	11.85	
Outlet Variation (%)	23.62	22.33	41.67	39.67	
Coefficient of variation =	0.000	Mean Emitter Flow =	0.06	No. of Emitters per Plant =	10
Cu = 94.3 (%)		Eu = 93.7 (%)		Du = 93.7 (%)	
Outlet Locations (X,Y)	Minimum: -41.1 , 144.7		Maximum: 21.2, -8.6		

Prueba t-student

Coeficiente de Uniformidad (Cu%) por Sección		
	GPS	GE
1	92.6	92.4
2	90.7	89.7
3	91.6	92.1
4	94.2	92.5
5	94.8	94.3
Medias=	92.78	92.2
n=	5	5
GL=	4	4
Prueba t =	0.192700264	
T calculada =	1.422427727	
T tabla =	2.306004133	
Desición	Se acepta Ho	

Gasto por Sección m3/hr		
	GPS	GE
1	26.84	27.83
2	30.77	30.34
3	27.27	28.59
4	12.09	13.77
5	12.09	13.87
Medias=	21.812	22.88
n=	5	5
GL=	4	4
Prueba t =	0.05568677	
T calculada =	2.236985304	
T tabla =	2.306004133	
Desición	Se acepta Ho	

Area por Sección (ha)		
	GPS	GE
1	4.78	5.07
2	5.83	5.96
3	5.01	5.2
4	1.67	2.08
5	2.7	2.94
Medias=	3.998	4.25
n=	5	5
GL=	4	4
Prueba t =	0.061029351	
T calculada =	2.178243251	
T tabla =	2.306004133	
Desición	Se acepta Ho	

Cantidad de Manguera a Utilizar por Sección(m)		
	GPS	GE
1	8296	8631
2	10065	10187
3	8662	9028
4	2592	2331
5	3995	4148
Medias=	6722	6865
n=	5	5
GL=	4	4
Prueba t =	0.270331343	
T calculada =	1.184174691	
T tabla =	2.306004133	
Desición	Se acepta Ho	

Uniformidad de Distribucion (DU%) por Sección		
	GPS	GE
1	90.1	89.3
2	90	88.4
3	89.4	89.8
4	92.6	90.8
5	93.6	93.7
Medias=	91.14	90.4
n=	5	5
GL=	4	4
Prueba t =	0.16789636	
T calculada =	1.516373851	
T tabla =	2.306004133	
Desición	Se acepta Ho	

Presión en la entrada de la Válvula (mca)		
	GPS	GE
1	12.61	13.93
2	12.71	14.46
3	12.54	13.93
4	12.44	13.06
5	12.88	12.27
Medias=	12.636	13.53
n=	5	5
GL=	4	4
Prueba t =	0.099323282	
T calculada =	1.863968592	
T tabla =	2.306004133	
Desición	Se acepta Ho	