

ARTÍCULO ORIGINAL

Esquema tecnológico para el diseño de sistemas de minirriego en el altiplano occidental de Guatemala

Thechnological diagram to design a mini irrigation system in occidental uplands of Guatemala

Adalberto Bladimiro Rodríguez García¹, Manuel Peña Casadevalls² y Claudio López³

RESUMEN. Se presenta una propuesta de esquema tecnológico para el diseño de sistemas de minirriego en el altiplano occidental de Guatemala. La propuesta incluye los componentes de los sistemas y la descripción general de los mismos adaptados a las condiciones de caudales y tipología de las fuentes de agua disponibles, topografía extrema y característica económica, social y medioambiental de las comunidades rurales en la región objeto de estudio.

Palabras clave: agricultura de subsistencia, captación de aguas, riego, sociedad.

ABSTRACT. New proposals of technological diagram to design a mini irrigation system adaptable to occidental uplands of Guatemala are presented. The proposal included the system component and general description adapted to flow water conditions, source water type, extreme topography and economy, social and enviromental conditions of rural people in the object study area.

Keywords subsistence agricultural, water capture, irrigation, society.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 1998, los autores han venido realizando diversos estudios en el altiplano occidental de Guatemala donde se concentran los mayores índices de pobreza en el país. En la década de 1970, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA), había apoyado la implementación de pequeños sistemas de riego (minirriego) para áreas no mayores de 0,5 ha dirigido a familias minifundistas de campesinos con el objetivo de diversificar y desarrollar la agricultura de subsistencia en la región y mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales, (UST, 2003); (Garoz, y Gauster, 2002). Estudios realizados sobre los sistemas de minirriego adoptados por los campesinos arrojaron severas deficiencias técnicas lo que unido a otros problemas de origen económico, social y jurídico no han propiciado el desarrollo esperado 30 años después de la implementación de estos sistemas (Bralts *et al.*, 1987). De forma general, cada campesino

adoptó una forma diferente de instalar sus sistemas sin tener en cuenta criterios de diseño adaptados a las condiciones topográficas y edafoclimáticas de la región lo que unido a otros factores han conllevado al fracaso de la mayoría de las comunidades en el intento por lograr los objetivos propuestos. La falta de educación, altos índices de analfabetismo, la ignorancia y falta de atención especializada son otros factores que han conducido a la situación actual (Prado, 2004); (Rodríguez, *et al.*, 2011).

Después de realizar un exhaustivo diagnóstico de diversos factores que han incidido en la problemática, los autores han centrado su atención en proponer un esquema tecnológico típico para el diseño de sistemas de minirriego contextualizado a las condiciones de la región objeto de estudio lo cual constituye el objetivo central de este trabajo el cual es parte de un conjunto de recomendaciones y estrategias nuevas que ayudarán a mejorar la calidad de vida de las comunidades haciendo un uso adecuado de los recursos económicos, naturales y medioambientales.

Recibido 22/07/11, aprobado 10/09/12, trabajo 65/12, artículo original.

¹ M.Sc., Ing., Prof. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, E-✉: adalhuehue@yahoo.com.mx

² Dr.C., Prof. Titular, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Facultad de Ingeniería, UNICA, Cuba

³ Estudiante de grado, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

MÉTODOS

El altiplano occidental de Guatemala es un vasto territorio donde, aunque existen grandes recursos hidráulicos naturales, los mismos no son fácilmente accesibles debido a las condiciones topográficas extremas con altitudes que oscilan entre 300–4000 m.s.n.m. El agua normalmente proviene de pequeños nacimientos en los cerros o riachuelos. La agricultura se realiza en terrazas construidas por los campesinos en las laderas de las montañas sobre suelos mejorados a base de materia orgánica y los cultivos predominantes son la cebolla (*Allium cepa L.*) y el tomate (*Lycopersicon esculentum*) aunque se cultivan otros granos y vegetales como el frijol (*Phaseolus vulgaris*), el chile (*Capsicum spp.*), los ayotes (*Cucurbita spp.*), chipilín (*Crotalaria spp.*), entre otros.

Se escogió el municipio de Sacapulas en el departamento del Quiché para realizar un inventario de la tipología de las fuentes de agua accesibles (12 en total) así como un estudio topográfico utilizando imágenes aéreas para su interpretación y análisis. Este municipio se escogió ya que los restantes del altiplano son muy similares en cuanto a las condiciones de topografía y tipología de las fuentes de agua.

Se utilizó el método de inductivo-deductivo a partir de los análisis previos y estudios realizados con anterioridad para esquematizar la propuesta. Se revisaron recomendaciones aceptadas internacionalmente para el diseño de sistemas de riego

por aspersión, (Keller and Bliesner, 2000).

Se propone un esquema tecnológico o sistema típico y sus componentes para la diseño de los sistemas de miniriego atendiendo a las siguientes premisas.

- El riego debe realizarse con sistemas de aspersión semiestacionarios aprovechando la presión derivada de la diferencia de altitudes entre la zona de cultivos y las obras de captación. Esto es riego por aspersión-gravedad, (Keller y Karmeli, 1990); (Boswell, 1990).
- Construcción de obras de captación para pequeños nacimientos con caudales entre 0,2-0,5 L/s (Solomon and Kodama, 2010).

Las tuberías de conducción deben ser colocadas suspendidas en pasos aéreos ya que es imposible su colocación en tierra debido a las elevadas pendientes además del riesgo de que fenómenos naturales como los deslizamientos que son frecuentes destruyan o inhabiliten las líneas de conducción (Rodríguez *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La propuesta del esquema tecnológico se presenta a través del gráfico de la Figura 1, el cual muestra los componentes para la construcción de sistemas de miniriego que pueden beneficiar a varios regantes de forma simultánea.

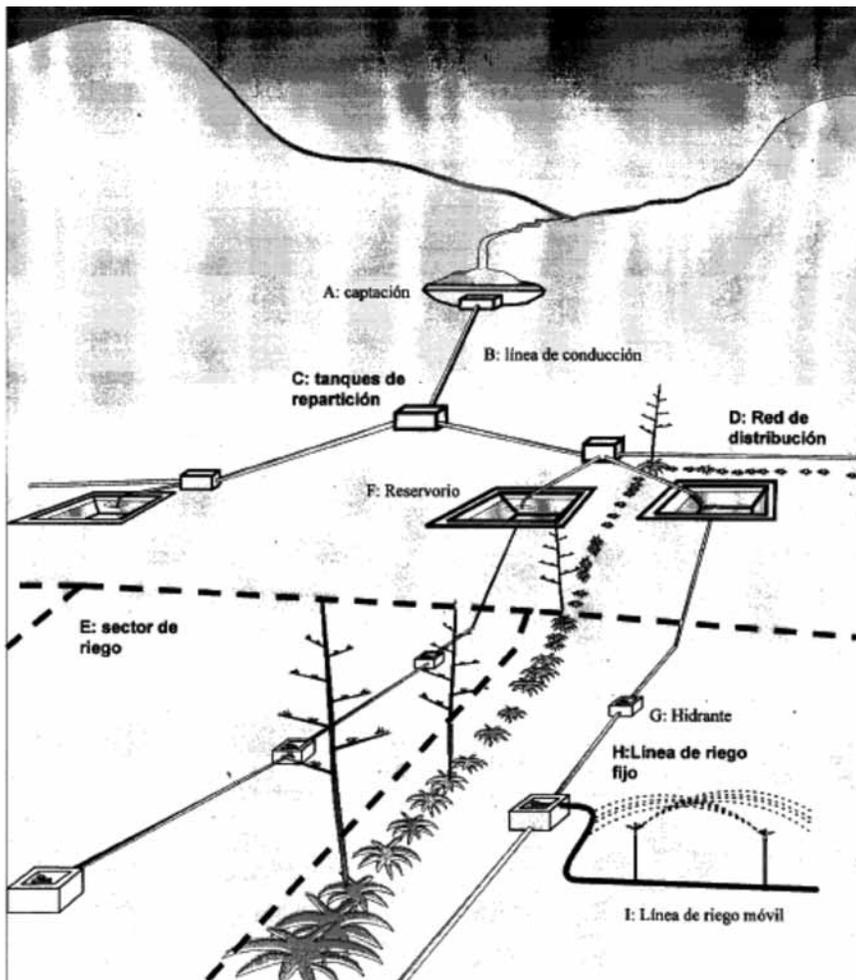


FIGURA 1. Esquema general de los componentes de un sistema de miniriego adaptado a las condiciones del altiplano occidental de Guatemala.

Descripción de los componentes

A. Tanque de captación

Se puede captar agua de manantiales (caudales de 0,2 L/s o mayores), quebradas, o canales de riego. En el último caso se debe asegurar que existe aceptación por parte del comité de regantes de asignar un caudal continuo al sector de riego a presurizarse, y el sistema de riego por aspersión debe ubicarse más cerca de su bocatoma para asegurar un caudal semipermanente al módulo de riego. Las captaciones de manantiales o

quebradas pueden ser construidas de la misma manera que captaciones de agua potable. Es necesario que el tanque de captación, el cual puede ser construido de concreto, tenga sistema de desarenador y con esto evitar obturaciones de las tuberías en la parte baja a nivel de los aspersores. Algunos estudios realizados por los autores pueden ser utilizados para la construcción de estos tanques y la estimación de las cantidades de materiales necesarios se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1. Especificaciones y materiales necesarios para la construcción de 3 tanques de captación con dimensiones diferentes

Cap. (m ³)	E (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	V. Horm (m ³)	Acero (ml)*	Cemento (kg)**	Arena (m ³)	Grava (m ³)
1	0,2	1	1	1,0	3,77	27,00	1074,45	2,53	2,75
6	0,3	2	2	1,5	5,56	46,64	1584,60	3,73	4,05
13,5	0,4	3	3	1,5	12,16	226,8	3465,60	8,15	8,87

Leyenda:

Cap. Es la capacidad de cada tanque de captación expresado en m³.

Cemento 350 kg/cm² de resistencia característica.

Arena: Fracción 5-0

Grava: Fracción 25-10

Relación Agua/Cemento= 0,6

Asentamiento en el cono de Abraham: 10-15 cm (Bralts, 1987).

El uso de estas especificaciones constructivas garantiza que no se presenten problemas de inestabilidad estructural y filtraciones en los tanques y una vida útil entre 15 y 20 años. (*Riego localizado*, 1992).

Las cantidades de acero se expresan en metros lineales. Se recomienda utilizar para todos los tipos de tanque acero corrugado con designación comercial 13(4), ó 12 mm. Debe tenerse en cuenta que estas barras de acero se comercializan en tramos de 9 m de forma que para cuantificar la cantidad de barras será necesario dividir el valor correspondiente en la tabla entre 9 para este caso.

Las cantidades de cemento se expresan en kg, debe tenerse

en cuenta que comercialmente el cemento se compra en bolsas de 42,5 kg por lo que para cuantificar la cantidad de bolsas necesarias debe dividirse la cantidad de kg que aparece en la tabla entre el peso de una bolsa.

B. Línea de conducción

Es el tramo de conducción entre la obra de captación y el tanque de repartición. Teniendo en cuenta las condiciones topográficas de la región de estudio, estas tuberías deberán colocarse suspendidas de alambres de acero resistentes (pasos aéreos) con anclajes entre en tanque de captación y el tanque de repartición. En la Tabla 2 se recomiendan los siguientes diámetros exteriores en función de la pendiente).

TABLA 2. Diámetros recomendados en función de las pendientes para líneas de conducción colocadas en pasos aéreos

No.	Tuberías de PVC rígido. Diámetro exterior (mm)	Rango de pendiente S(%)	Rango de velocidad recomendada (m/s)
1	110	0,01-0,09	0,6-2,00
2	90	0,01-0,12	0,59-2,00
3	75	0,02-0,16	0,70-2,00
4	63	0,02-0,22	0,60-2,00
5	50	0,03-0,31	0,60-2,00

C. Tanques de repartición

Son obras que distribuyen el caudal de sistema en varios caudales continuos en forma proporcional, de acuerdo a las superficies de las áreas a regar de cada sector servido por estos tanques. Para la repartición proporcional de caudales se deberá realizar un adecuado dimensionamiento hidráulico sobre la base de las velocidades económicas y las pendientes permisibles.

D. Red de distribución

Se proponen tuberías que distribuyen el caudal de sistema a los diferentes sectores de riego. Estas tuberías deberán suministrar el agua a los diferentes usuarios del sistema de minirriego. Pueden ser igualmente suspendidas o parcialmente suspendidas en función de las condiciones topográficas.

E. Sectores de riego

Son las unidades de riego que reciben un caudal continuo para regar. Al interior de los sectores de riego el caudal es aplicado mediante una línea de aspersores que es rotativa para regar toda su superficie en forma intermitente. El sector de riego puede estar constituido de una o varias parcelas. En el último caso la distribución del agua entre parcelas debe proyectarse por turnos de riego. El caudal permanente de un sector de riego es recibido en un reservorio la cámara de carga que se encuentra en la parte más alta del sector, desde donde se garantiza la presión necesaria para realizar el riego con el uso de aspersores.

F. Reservorio o cámara de carga

Se propone la construcción de reservorios o cámaras de carga que garantizarán una presión constante para el sistema de minirriego del sector, además de proporcionar el caudal requerido por los aspersores. Adicionalmente, se propone la construcción de estos reservorios atendiendo a que cualquier desequilibrio que pueda ocurrir entre el caudal fijo que recibe el sector de riego de su tanque de repartición, y el caudal requerido por los aspersores deberá ser absorbido por el mismo. Se sugiere para sistemas típicos que estas cámaras de carga estén a la misma altitud para garantizar presiones similares en los sectores de riego.

G. Hidrantes

Los hidrantes son los puntos de conexión de una línea de riego móvil en las parcelas a regar. Son equipados con una válvula y un acople rápido para una manguera. Desde un hidrante se pueden servir varias partes de la parcela, si son ubicados en lugares estratégicos. Los hidrantes son conectados entre ellos y con la cámara de carga con tuberías enterradas o líneas fijas de riego.

H. Línea de riego fija

La línea de riego fija distribuye el agua por todo el sector de riego, entregando el caudal de riego mediante los hidrantes a

las líneas de riego móviles en forma presurizada. Se proponen tuberías de PVC enterradas las que deberán ser dimensionadas hidráulicamente para estos fines.

I. Línea de riego móvil

La línea de riego móvil consiste de una manguera flexible con aspersores montados sobre ella. Es conectada a los hidrantes para regar, en forma rotativa para todo el sector de riego. Si el sector de riego consiste de varias propiedades la línea de riego móvil deberá ser compartida entre los usuarios del sector.

J. Aspersores

Los mismos deberán seleccionarse en base a varios criterios importantes los cuales son: 1. Intensidad de aplicación. En este caso no debe exceder la velocidad de infiltración del sustrato de cultivo ya que la mayoría de las áreas de riego son sobre terrazas en las laderas de las montañas de manera que si esto ocurre la capacidad productiva del suelo disminuye por concepto de lavado de nutrientes. 2. Disponibilidad de caudal y presión desde las cámaras de carga y 3. Cultivo a beneficiar. En este caso las láminas de riego necesarias para satisfacer las demandas hídricas del cultivo.

CONCLUSIONES

- Esquema tecnológico general propuesto para el diseño de sistemas de minirriego en el altiplano occidental de Guatemala constituye un aporte atendiendo a que se ha realizado teniendo en cuenta las condiciones topográficas, disponibilidad y tipología de las fuentes de agua estudiadas y a las condiciones económicas, sociales y culturales de las comunidades rurales
- Para el dimensionamiento hidráulico de estos sistemas será necesaria la utilización de métodos de diseño que consideren la pendiente como un factor limitante para la selección de diámetros económicos y que sean factibles de instalar en pasos aéreos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRALTS, V. F.; D. M. Edwards and I.P. Wu. *Drip irrigation design and evaluation based on the statistical uniformity concept*, Daniel Hilel (Ed). Academic Press, In: *Advances in Irrigation*, 4: 69-117, 1987.
- BOSWELL, M. J.: *Micro-Irrigation Desing Manual*, James Hardie Irrigation (IBERIA) S. A. 41700 Dos hermanas, Sevilla, España, 1990.
- Riego localizado*: CENTER-IRYDA, 405pp., Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España, 1992.
- GAROZ, B. y S. GAUSTER: *Fontierras: El modelo de mercado y el acceso a la tierra en Guatemala. Balance y perspectivas*, CONGECO-OP/CNOC, Magna Terra Editores S.A., Impreso en Guatemala, 2002
- KELLER, J. and D. KARMELI: *Trickle irrigation design*, Rain bird Sprinkler Mnufacturing Glendora Corporation, CA, USA, 1990.
- KELLER, J. and R. BLIESNER: *Splinker and trickle irrigation*, In: Avi Book, New York, 2000.
- PRADO, P.: *Algunos elementos sobre la disponibilidad y el acceso a los alimentos en Guatemala*, febrero, 2004, Guatemala, 2004.
- RODRÍGUEZ, A; M. PEÑA y C. LÓPEZ: *Diagnóstico integral de la actividad productiva con el uso de sistemas de minirriego en el altiplano occidental de Guatemala*, Universidad de Ciego de Ávila, CEH, Cuba, (en prensa) 2011.
- SOLOMON, K. and M. KODAMA: *Splinker irrigation's, basic questions and answers from Rain Bird*. Rain Bird Manufacturing corp., California, USA, 2010.
- UST: *Tercer Diplomado de Riego Tecnificado, Curso de Hidráulica Aplicada*, Corporation Santo Tomás, Universidad de Santo Tomás, Santiago de Chile, 2003.