

# Guías metodológicas y herramientas de apoyo a los servicios de *Acompañamiento y Asistencia Técnica* de sistemas de riego presurizados

Oscar Delgadillo

Centro AGUA (FCAYP - UMSS)

*E mail:* odi3111@yahoo.es

**Resumen.** Actualmente, en Bolivia existe una tendencia creciente de tecnificación del riego en Bolivia, principalmente presurización de sistemas de riego existentes. Sin embargo, las guías y herramientas para apoyar los servicios de Acompañamiento y Asistencia Técnica (AAT) actuales, no responden adecuadamente las exigencias y requerimientos de sistemas de riego presurizados. A partir de un análisis de las guías sobre AAT, lineamientos generales de los servicios de AAT principalmente orientados a sistemas de riego por superficie (canal abierto), en este artículo se plantean algunas pautas o pasos metodológicos (guías) y herramientas específicas que apoyen de forma más adecuada y certera los servicios de AAT en sistemas de riego presurizado, principalmente enfocadas a las propuestas de reparto de agua a nivel de sistema y al diseño de riego presurizado a nivel de parcela (gravedad y bombeo).

**Palabras clave:** Caja de herramientas; Distribución del agua; Riego parcelario; EPANET.

**Summary. Methodological guides and support tools for the Accompaniment and Technical Assistance services of pressurized irrigation systems.** Currently, in Bolivia there is a growing trend in irrigation technification, mainly pressurization of existing irrigation systems. However, the guides and tools to support the current Accompaniment and Technical Assistance (AAT) services do not adequately respond to the demands and requirements of pressurized irrigation systems. Based on an analysis of the guidelines on AAT, general guidelines of AAT services mainly oriented to surface irrigation systems (open channel), this article presents some methodological guidelines or steps (guides) and specific tools that support more adequate and accurate AAT services in pressurized irrigation systems, mainly focused on the proposals for water distribution at the system level and the design of pressurized irrigation at the plot level (gravity and pumping).

**Keywords:** Toolbox; Water distribution; Field irrigation; EPANET.

## Introducción

Debido a una mayor inversión en el sector riego y un incremento en las demandas de tecnificación de los sistemas de riego (presurización mediante tuberías y riego por aspersión, mayormente), tanto en zonas de montaña como en zonas planas, también han aumentado las demandas de apoyo para su puesta en marcha.

En este contexto, los servicios de *Acompañamiento y Asistencia Técnica* (AAT) han sido concebidos como un elemento crucial para impulsar definitivamente los procesos de construcción y puesta en marcha de los nuevos sistemas de riego en varios aspectos: *normativa, reparto de agua, O&M, organización, adopción de la nueva tecnología de riego y uso eficiente del agua,*

así como en los aspectos productivos y económicos esperados.

Sin embargo, por la práctica actual de intervención, en la cual unos hacen el “diseño final”, otros construyen, otros supervisan y otros acompañan el proceso de construcción, y en algunos casos, otros realizan la asistencia técnica durante la puesta en marcha del nuevo sistema presurizado, así como por los continuos desfases existentes entre la construcción y los servicios de AAT, los resultados son muy limitados y pobres y con el paso de los años surgen similares problemas al momento de implementar los servicios de AAT (PROAGRO-GTZ, 2006; Paz, 2016).

Al final y en la práctica, los mismos usuarios terminan haciendo funcionar sus sistemas presurizados (o no), como mejor pueden, con resultados muchas veces inesperados y distintos a los previstos.

En este artículo, se analiza la orientación actual que las guías sobre AAT tienen, como lineamientos generales de los servicios de AAT más orientados a sistemas de riego por superficie (canal abierto) y no a sistemas de riego presurizado, a pesar de que cada vez más existe mayor inversión en sistemas de riego presurizado, incluso mayor que en sistemas de canal abierto.

Asimismo, plantea algunas pautas o pasos metodológicos (guías) así como algunas herramientas necesarias como parte del desarrollo de una caja de herramientas específica como soporte a los servicios de AAT en sistemas de riego presurizado.

Estas guías y herramientas quieren coadyuvar a las guías de AAT vigentes en lo referente al desarrollo de las propuestas

de reparto de agua a nivel de sistema, una vez determinado las potencialidades y limitaciones del sistema en términos de presión y caudal y, a nivel parcelario, con pautas metodológicas de diseño e implementación del riego presurizado.

Los sistemas de riego de referencia que sirvieron de base para realizar los aportes al desarrollo de la caja de herramientas fueron los sistemas de riego de *K'aspicancha Kewiña Jara*, Tiraque (presurizado por gravedad) y el sistema de Riego de Flores Rancho, Cliza (presurizado por bomba), de los cuales se cuenta con información relevante.

Para abordar el desarrollo de una caja de herramientas, se requiere definir y aclarar algunos conceptos clave: Una **caja de herramientas** es un conjunto de pautas o pasos metodológicos (guías) y un grupo de herramientas (instrumentos) específicas, cuya aplicación se orienta a la resolución o al abordaje de problemas o situaciones concretas.

Las **pautas o pasos metodológicos** son guías concretas y concisas que indican la secuencia a seguir para lograr algo. A su vez, una **herramienta** es un instrumento o elemento muy concreto (un dispositivo, una técnica, un método, un software, etc.), que coadyuva en la aplicación de las pautas o pasos metodológicos. Cabe agregar que una misma herramienta puede servir o aplicarse en una o más pautas o pasos metodológicos.

El **Acompañamiento / Asistencia Técnica (AAT)**, se define como un servicio a los beneficiarios de proyectos de riego (nuevos o de mejoramiento) para el desarrollo de capacidades, orientado a lograr la autogestión y sostenibilidad de sus sistemas de riego (MMAyA 2013).

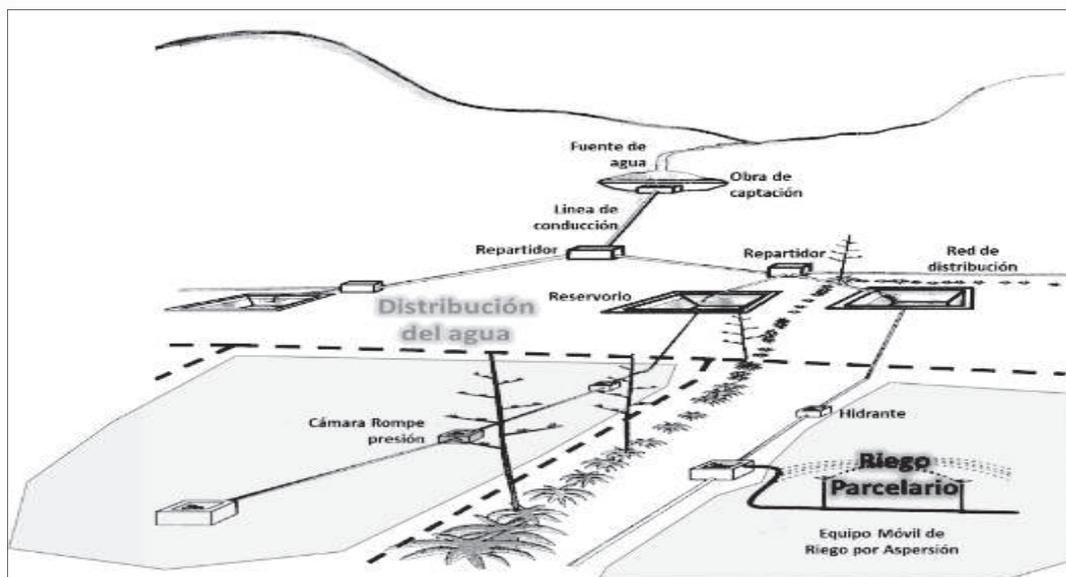
El servicio AAT se sustenta en considerar, por un lado, a los beneficiarios como actores protagónicos en el proceso de implementación de los proyectos de riego y, por otro, a los técnicos e instituciones prestadores del servicio como facilitadores en este proceso. La relación entre beneficiarios y técnicos se caracteriza por una interacción e intercambio permanente de saberes y experiencias, en un marco de respeto a sus formas organizativas locales, costumbres y tradiciones, respondiendo a necesidades reales (MMAyA 2013).

El acompañamiento (A) se ejecuta en la etapa de ejecución y la asistencia técnica (AT) en la etapa de funcionamiento del sistema de riego.

De acuerdo a Delgadillo (2017), un *sistema de riego tecnificado* (presurizado) es el resultado de la interrelación e interacción de:

- (1) fuente de agua
- (2) infraestructura de riego (tubería a presión)
- (3) las áreas-cultivos de riego
- (4) usuarios del sistema o la gente que participa

todo con la finalidad de dotar de agua de riego de manera segura y oportuna a los cultivos bajo riego, aplicando el agua con elementos mecánicos (aspersores, goteos). Un sistema de riego tecnificado es resultado de un proceso de diseño y adopción tecnológica con características particulares, que ha experimentado cambios importantes en su matriz tecnológica, sobre todo cuando se trata de un cambio de método de riego (de superficie a aspersión o goteo). En un sistema de riego presurizado, los cambios trascendentales se concentran en dos niveles: a nivel de sistema en (1) la distribución de agua y (2) a nivel parcelario (Figura 1).



**Figura 1.** Niveles de análisis en un sistema de riego presurizado (basado en Anten y Willet, 2000)

En ambos niveles el cambio es inevitable, ya que la expresión del derecho se modifica fuertemente para permitir la distribución de agua con menores caudales y tiempos de turno mayores, para compensar el volumen entregado anteriormente.

A nivel de parcela, el cambio tecnológico de aplicación de agua también es muy importante, y por lo mismo se genera un proceso paralelo al diseño de sistemas de riego, el proceso de adopción de nueva tecnología de riego.

## **Materiales y métodos**

Una primera tarea realizada para encarar este trabajo, fue la revisión de documentación oficial sobre AAT, es decir las guías e instrumentos publicados y vigentes en la actualidad.

Después se recopiló y sistematizó informes y estudios de servicios de AAT en sistemas de riego tecnificado. En el caso de Cliza, se recopiló todos los informes entregados por los consultores a UCEP MI RIEGO. En el caso de Tiraque, no se logró recabar ningún informe de los servicios ATT realizado, debido a que ya era un servicio pasado. La información de *K'aspicancha* proviene de un reporte de investigación realizado en base a entrevistas al técnico AT de este sistema. Además de las guías e instrumentos oficiales revisados, se recopiló y examinó otras herramientas existentes (softwares, manuales y guías) que potencialmente podrían aportar a la caja de herramientas como apoyo a los servicios de AAT, en sistemas de riego presurizados.

Como parte de la fase de implementación, se realizaron varias reuniones con investigadores involucrados, con personal de FONADIN (Fondo Nacional de

Desarrollo Integral), UCEP MI RIEGO (Unidad de Coordinación y Ejecución del Programa) y FPS (Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social), para informar y coordinar las actividades en torno al desarrollo conceptual de una caja de herramientas, como soporte a los servicios de asistencia técnica integral de sistemas de riego presurizados, implementados.

Asimismo, se efectuaron reuniones de coordinación y se realizó el primer taller, como parte del proceso (taller: *Construcción de Herramientas para el Acompañamiento y Asistencia Técnica AAT de Sistemas de Riego Tecnificado*), con la participación de 45 técnicos AAT de las tres instituciones.

Finalmente, se realizó la sistematización y análisis de la información, enfocándose en dos aspectos centrales, las guías sobre AAT, que son lineamientos generales de los servicios de AAT más orientados a sistemas de riego por superficie (canal abierto) y no a sistemas de riego presurizado y en el desarrollo conceptual de la caja de herramientas, como soporte para los servicios de AAT en sistemas de riego presurizado en Bolivia.

## **Resultados y discusión**

### *Alcances y limitaciones de las guías actuales de AAT*

Considerando la definición de la caja de herramientas, actualmente, en lo que a los servicios de acompañamiento y asistencia técnica se refiere, ya existe una caja de herramientas. El principal documento y sobre el cual se basan también los términos de referencia para contratar profesionales que brinden servicios de AAT, es la *Guía Acompañamiento*

*to/Asistencia Técnica en Proyectos de Riego*, publicado el año 2013 por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), con apoyo del PROAGRO y SENARI. Posteriormente, se añade un complemento el año 2015, denominado *Instrumentos de Apoyo al Servicio de Acompañamiento (A/AT) en Proyectos de Riego*, trabajo lanzado por el MMAyA-VRHR-UCEP MI RIEGO (MMAyA-VRHR, 2015).

El año 2016, el MMAyA-VRHR, a través de UCEP MI RIEGO, liberó un *Manual de Asistencia Técnica para la Puesta en Marcha de Sistemas de Riego* (MMAyA-VRHR, 2016e), conjuntamente a un grupo de herramientas o instrumentos (Figura 2, MMAyA-VRHR 2016a, 2016b, 2016f, 2016d, 2016g, 2016c). Claramente, la orientación de este manual y el grupo de herramientas es la etapa de puesta en marcha del sistema recién construido, es decir, la asistencia técnica.

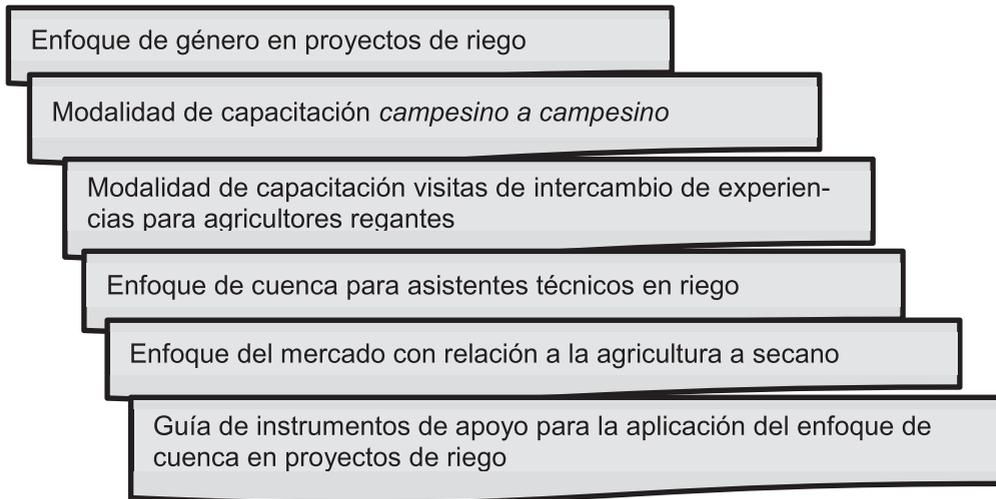
De la revisión de las guías y herramientas (2013, 2015 y 2016), resaltan los siguientes aspectos:

- ⇒ La guía principal, tanto del año 2013 como del año 2016, son marcos generales y con mayor dedicación a casos de sistemas de riego por superficie, con poco abordaje explícito para sistemas de riego presurizado, a pesar de que en la actualidad más de la mitad de proyectos de riego ejecutados o en ejecución, son presurizados (SENARI-MMAyA, n.d.)
- ⇒ Las herramientas o instrumentos que acompañan a estas guías principales, tampoco consideran los sistemas de riego presurizado, sin abordaje alguno sobre la hidráulica de la red presurizada recién construida.

- ⇒ No existen guías o manuales específicos para el aforo del caudal de agua, excepto una explicación del método del flotador en *Instrumentos de Apoyo al Servicio de Acompañamiento (A/AT) en Proyectos de Riego, 2015*, método de emergencia no recomendado para realizar mediciones precisas, solamente de aproximación ( $\pm 25\%$  de precisión). Por tanto, existe un vacío sobre otros métodos más precisos y pertinentes para estos sistemas. Asimismo, no existe ninguna consideración para la medición de presiones (estáticas y dinámicas) en sistemas de riego presurizado.
- ⇒ Asimismo, una característica de las guías, es que se centran más en el qué hacer (de hecho, un listado muy grande) y no en el cómo hacer (procedimientos, herramientas), excepto para la parte normativa y de gestión, donde se nota mayor desarrollo.

### ***Concepto de la propuesta de la caja de herramientas***

***Como punto de partida*** es importante remarcar que los sistemas de riego presurizado tienen requerimientos específicos de funcionamiento y de manejo muy distintos, porque la ***hidráulica en tuberías a presión***, requiere un conocimiento específico por parte de los técnicos AAT's, ya que los caudales en los hidrantes están en función a las presiones en estos puntos (a su vez éstos dependen del desnivel existente, el diámetro, longitud, material de la tubería; si hay bomba, de su potencia, etc.), y éstos no son constantes sino dinámicos, en función a la opción de funcionamiento determinado en un momento dado.



**Figura 2.** Grupo de herramientas liberadas por el MMAyA en el año 2016

Ligado a lo anterior, los técnicos AATs deben conocer y dominar las **formas de medir el caudal o la presión** en la práctica, en un sistema presurizado en funcionamiento (hidrantes, aspersores, principalmente), ya que conocer estos parámetros esenciales del sistema, con total confianza y certeza, permite tomar decisiones adecuadas y también para capacitar a los usuarios de estos sistemas. Pero, además, durante el proceso de cambio tecnológico (de superficie a aspersión), los técnicos AATs requieren capacidades concretas al respecto, porque los **procesos de adopción tecnológica del riego por aspersión en parcela**, tienen una dinámica muy particular que los AAT's deben conocer para entender y apoyar mejor la adopción de la nueva tecnología de riego (como proceso y como técnica). De todo esto, se puede resaltar algunos aspectos muy concretos que es necesarios abordarlos, si se quiere contribuir a mejorar los servicios de AAT en sistemas de riego presurizados:

1. Cuando se termina de implementar el nuevo sistema presurizado, no se sabe con certeza el verdadero potencial (o sus limitaciones) del sistema presurizado

cuando funciona. Es cierto que para la entrega realizan pruebas hidráulicas, pero éstas se concentran más en ver que no haya fugas por roturas o colocado inadecuado de tuberías, pero no se fijan en el funcionamiento del sistema, de acuerdo a su capacidad hidráulica, es decir, las presiones y caudales reales que se pueden lograr en los hidrantes bajo una determinada modalidad de reparto de agua. Esto se hace totalmente necesario, porque se constata continuamente, que muchos sistemas intervenidos dejan mucho que desear, ya que lo construido difiere bastante de lo diseñado (Escóbar 2015), por tanto, los caudales y presiones que se pretendían lograr con el sistema "en el papel", son diferentes a los logrados en el sistema ya construido, en "la realidad".

2. Plantear un esquema de distribución de agua, sin conocer las potencialidades y limitaciones del sistema presurizado, resultará en un fiasco grande, sobre todo para los usuarios, quienes desconfiarán rápidamente, y con razón, del apoyo externo que pueda luego venir en este mismo tema, ya que la propuesta estará basada en supuestos de funcionamiento y, en la práctica, el ajuste será *sobre la marcha*.

3. Si esto pasa en el sistema, a nivel parcelario es aún más patente, ya que prácticamente no existe un apoyo sustancial en este nivel, porque las más de las veces se resume a algunas demostraciones puntuales de equipos de riego por aspersión. Además, cabe indicar que la mayoría de las intervenciones, terminan en el hidrante, entregando al grupo de usuarios, algunas unidades piloto de riego presurizado, para que a partir de éstos puedan ellos proveerse particularmente sus propios equipos de riego. Esto da lugar, por supuesto, a una mixtura de partes, accesorios, emisores de riego, etc., que los agricultores se proveen lo mejor que pueden, de acuerdo a su economía y su entendimiento y el tiempo para la adopción tecnológica también es una incógnita. Esto obviamente resulta, en un descontrol total de todos los parámetros de riego, ya que es prácticamente imposible uniformizar tiempos de riego, frecuencias, láminas, etc.

4. Ahora bien, en zonas de valle (por ejemplo Cliza), en sistemas de pozo perforado para riego, intervenidos para su presurización, la situación es más preocupante, ya que la mayoría de estos sistemas (por no decir el 100%) no funcionan, y si lo hacen es parcialmente, casi iniciativas muy individuales y no como colectivo, a pesar de que ha habido un servicio de AAT con informe favorable de la supervisión del servicio. En estas situaciones, se ha identificado una necesidad de diseño de riego por aspersión a nivel de parcela, ya que, al funcionar con bomba, se requiere hacer más eficiente el uso del agua y la energía, de manera que resulte realmente en una ventaja en relación al riego por superficie. Además, en esta situación la opción de un equipo móvil de riego por aspersión típico con pocos aspersores (zonas de ladera), no tiene mucho sentido, ya que se utiliza una bomba para presurizar, cuya energía se debe canalizar para lograr mayor eficiencia en una o dos parcelas solamente y no como sucede

en zonas de montaña, donde se presuriza por gravedad, y donde la energía no es una limitación o un problema y los agricultores realizan *varias movidas* durante su turno de riego sin mayor dificultad.

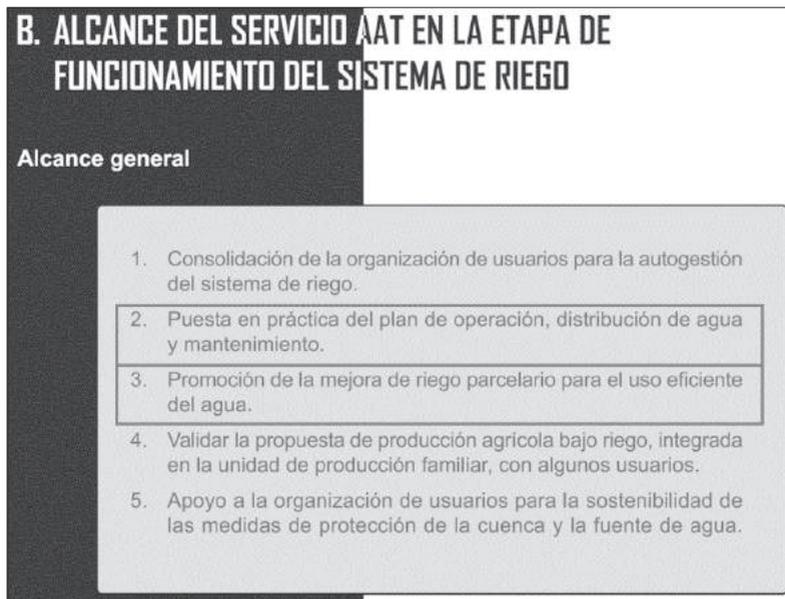
**Como planteamiento**, el desarrollo conceptual no se centra en el enfoque y la estrategia de implementación actual de los servicios de acompañamiento y asistencia técnica (AAT) en sistemas de riego en general. Es una tarea necesaria, pero requiere mayor tiempo, mayores recursos y condiciones para su realización. Se centra en la falta de pautas o pasos (guías) de soporte a los servicios de AAT para sistemas de riego presurizado, así como en el desarrollo o identificación de herramientas más específicas y necesarias para coadyuvar estas guías. Se ha identificado claramente la necesidad de tres guías (pautas o pasos metodológicos) y seis herramientas complementarias muy necesarias (Cuadro 1). Cabe aclarar que, como parte del desarrollo de la caja de herramientas, se probará una herramienta de software de modelación hidráulica y diseño de redes de tuberías a presión (EPANET 2.0) que es un software libre y robusto, desarrollado por la US-EPA (U.S. *Environmental Protection Agency*) y utilizado en todo el Mundo.

### **¿Dónde aporta la propuesta?**

Revisando los alcances del servicio de AAT en la etapa de ejecución y de funcionamiento del sistema de riego (*Guía Acompañamiento/Asistencia Técnica en Proyectos de Riego, 2013*), la propuesta aporta en la etapa de funcionamiento del sistema en los puntos 2 (puesta en práctica del plan de operación, distribución de agua y mantenimiento) y 3 (promoción de la mejora de riego parcelario para el uso eficiente del agua) (Figura 2).

**Cuadro 1.** Guías y herramientas identificadas

Guías ( <i>pautas o pasos metodológicos</i> )	Herramientas
<p>⇒ Pautas para la evaluación y reajuste de la red de tuberías a presión del Sistema de Riego Presurizado (SRP) implementada, orientada al planteamiento de propuestas de distribución de agua.</p> <p>⇒ Guía referencial para el diseño de riego presurizado en parcela, en sistemas de riego presurizados por gravedad.</p> <p>⇒ Guía referencial para el diseño de riego presurizado en parcela, en sistemas de riego presurizados por bomba.</p>	<p>⇒ Software EPANET.</p> <p>⇒ Manual de medición de caudal en aspersores e hidrantes.</p> <p>⇒ Manual de medición de presión en hidrantes y aspersores.</p> <p>⇒ Manual de evaluación de un solo aspersor CATCH-3D.</p> <p>⇒ Planilla Excel de diseño.</p>

**Figura 2.** Alcances del servicio AAT en la etapa de ejecución y funcionamiento

### **La propuesta**

En el Cuadro 2 se plantea las pautas para la evaluación y reajuste de la red de tuberías a presión de un sistema de riego presurizado (SRP) en funcionamiento, orientada al planteamiento de propuestas de distribución de agua, *talón de Aquiles* de los servicios de AAT. Esta propuesta es resultado del análisis y la discusión en torno a la experiencia de servicios de AAT en sistemas de Tiraque y Cliza, de las reuniones con investigadores y técni-

cos del Centro AGUA y del Primer Taller con técnicos AAT que trabajan en sistemas de riego presurizado.

### **Guía referencial para el diseño de riego en parcela (SR presurizados por gravedad)**

La segunda propuesta es una guía referencial para el diseño de riego presurizado en parcela, en sistemas de riego presurizados por gravedad (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Pautas para la evaluación y reajuste de la red de tuberías a presión de un SRP

**B. ALCANCE DEL SERVICIO AAT EN LA ETAPA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO**

B.2. Puesta en práctica del plan de operación, distribución de agua y mantenimiento.

B.2.1. Operación de la infraestructura y distribución de agua.

Pautas	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conseguir plano de curvas de nivel y el diseño de la red del proyecto a diseño final.</li> <li>- Con un mosaico de <i>Google Earth</i>, recorrer el campo y ubicar los hidrantes construidos.</li> <li>- En <i>AutoCAD</i>, sobre una imagen de <i>Google Earth</i> geo referenciado, más las curvas de nivel del proyecto, ubicar los nuevos puntos y determinar las nuevas cotas de los hidrantes por aproximación.</li> <li>- Si es posible recuperar los planos <i>as built</i>, trabajar la modelación con esta información.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperar información de la supervisión, residente de obras, etc.</li> <li>• En caso de existir planos <i>as built</i> y éstos no son confiables:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Realizar la verificación topográfica de los hidrantes en relación al punto de ingreso al sistema construido.</li> <li>○ Efectuar comprobaciones de campo (tubería instalada, diámetro y material de tubería instalada, etc.).</li> <li>○ Identificar singularidades en todo el sistema instalado (ingresos, válvulas, cambios de diámetro, accesorios de grifería, etc.).</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Otra posibilidad para determinar las cotas será midiendo la presión estática en todos los hidrantes con manómetros. El recorrido de campo será necesario para determinar las distancias de las tuberías y ubicaciones de los hidrantes.</li> <li>- Modelar hidráulicamente el sistema de riego presurizado, determinando los nuevos valores de presión y caudal en hidrantes.</li> <li>- Medir presiones y caudales actuales (reales) en hidrantes (curva caudal vs. presión).</li> <li>- Comparar con los valores del modelo hidráulico y ajustar (calibración).</li> <li>- Plantear un nuevo esquema de reparto de agua, considerando los nuevos parámetros hidráulicos del sistema construido.</li> <li>- Poner en práctica la nueva propuesta de reparto de agua.</li> <li>- Ajustar la nueva propuesta de reparto de agua.</li> <li>- Poner en marcha la nueva propuesta.</li> <li>- Seguimiento durante toda una campaña.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software EPANET.</li> <li>- QGIS.</li> <li>- AutoCAD.</li> <li>- Manual de medición de caudal en aspersores e hidrantes.</li> <li>- Manual de medición de presión en hidrantes y aspersores.</li> <li>- Manual de evaluación de un solo aspersor.</li> </ul>

En estos sistemas, normalmente emplazados en zonas de montaña, los equipos móviles de riego por aspersión (EMRA's), se caracterizan por tener pocos aspersores (1-5).

Por tanto, el diseño a este nivel se concentra en la evaluación del EMRA tipo sugerido y/o implementado en el sistema.

**Cuadro 3.** Pautas para el diseño de riego presurizado en parcela (gravedad)

B. ALCANCE DEL SERVICIO AAT EN LA ETAPA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO	
B.3. Promoción de la mejora de riego parcelario para el uso eficiente del agua	
Pautas	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar mediciones de caudal de los aspersores utilizados o a utilizarse en el sistema a diferentes presiones.</li> <li>- Elaborar curvas caudal - presión de los aspersores utilizados o a utilizarse.</li> <li>- Evaluar uniformidades de riego con los aspersores utilizados a diferentes presiones y caudales (pruebas individuales).</li> <li>- Recomendar distancias entre aspersores y entre laterales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software EPANET.</li> <li>- Manual de medición de caudal en aspersores e hidrantes.</li> <li>- Manual de medición de presión en hidrantes y aspersores.</li> <li>- Manual de evaluación de un solo aspersor.</li> </ul>

**Guía referencial para el diseño de riego en parcela (SR presurizados por bomba)**

La tercera propuesta es una guía referencial para el diseño de riego presurizado en parcela, en sistemas de riego presurizados por bomba (Cuadro 4).

En este caso, el empleo de una bomba para generar presión, obliga a un enfoque diferente a zonas donde la energía para presurizar no tiene costos (zonas de montaña). Por tanto, el diseño a nivel parcelario tiene un enfoque de diseño particularizado y no estandarizado, como es el caso de sistemas de riego presurizados por gravedad.

**Cuadro 4.** Pautas para el diseño de riego presurizado en parcela (bombeo)

B. ALCANCE DEL SERVICIO AAT EN LA ETAPA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO	
B.3. Promoción de la mejora de riego parcelario para el uso eficiente del agua	
Pautas	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar curva caudal vs. presión en hidrante utilizado por la parcela.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Diseño agronómico:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Información básica:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Superficie y topografía de la parcela ⇒ Características principales del suelo</li> <li>⇒ Caudal y presión inicial para el diseño ⇒ Calidad del agua.</li> <li>⇒ Cultivos y labores culturales.</li> </ul> </li> <li>○ Cálculo de los requerimientos de riego:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ ETo      ⇒ ETc</li> </ul> </li> <li>○ Determinación de los principales parámetros de riego:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Láminas de riego    ⇒ Frecuencia de riego    ⇒ Selección del aspersor</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- <b>Diseño hidráulico:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Definición de dos o más alternativas de configuración de un equipo de riego por aspersión en la parcela (tuberías y aspersores).</li> <li>○ Análisis de las alternativas con los usuarios de riego y selección de una opción.</li> <li>○ Diseñar hidráulicamente el equipo de riego por aspersión seleccionado.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planilla Excel de diseño.</li> <li>- EPANET v. 2.0.</li> <li>- Manual de medición de caudal en aspersores e hidrantes.</li> <li>- Manual de medición de presión en hidrantes y aspersores.</li> <li>- Manual de evaluación de un solo aspersor.</li> </ul>

## Conclusiones

- Las guías sobre AAT son lineamientos generales más orientados a sistemas de riego por superficie (canal abierto) y no a sistemas de riego presurizado, a pesar de que cada vez más existe mayor inversión en sistemas de riego presurizado, incluso mayor que en sistemas de canal abierto. Asimismo, una característica de las guías es su enfoque en el qué hacer (de hecho, un listado muy grande) y no en el cómo hacer (procedimientos, herramientas), excepto para la parte normativa y de gestión, donde se nota mayor desarrollo. Además, las herramientas o instrumentos que acompañan a estas guías principales, tampoco consideran los sistemas de riego presurizado, sin abordar alguno sobre la hidráulica de la red presurizada recién construida ni de medición de caudales y presiones en hidrantes y aspersores.
- El planteamiento de algunas pautas o pasos metodológicos (guías) así como algunas herramientas necesarias, como aporte al desarrollo de una caja de herramientas específica, como soporte a los servicios de AAT en sistemas de riego presurizado, buscan coadyuvar a las guías de AAT vigentes en lo referente al desarrollo de las propuestas de reparto de agua a nivel de sistema; una vez determinadas las potencialidades y limitaciones del sistema en términos de presión y caudal y, a nivel parcelario, con pautas metodológicas de diseño e implementación del riego presurizado.

## Referencias citadas

- Delgadillo O. 2017. Procesos de diseño y adopción tecnológica de sistemas de riego presurizado bajo gestión colectiva. Cochabamba, Bolivia. 67 p.
- Escobar L. 2015 Análisis de los cambios introducidos en la construcción del sistema de riego por aspersión *K'aspi Cancha* como elementos para el reajuste de su funcionamiento y la distribución del agua. Reporte de investigación. Proyecto Cuenca Pedagógica Pucara. Cochabamba, Bolivia. 67 p.
- MMAyA-VRHR. 2015. Instrumentos de apoyo al servicio de acompañamiento (A/AT) en proyectos de riego. MMAyA-VRHR-UCEP MI RIEGO. La Paz, Bolivia. 132 p.
- MMAyA-VRHR. 2016a. Enfoque de cuenca para asistentes técnicos en riego. MMAyA-VRHR-UCEP MI RIEGO. La Paz, Bolivia. 60 p.
- MMAyA-VRHR. 2016b. Enfoque de género en proyectos de riego. MMAyA-VRHR-UCEP MI RIEGO. La Paz, Bolivia. 90 p.
- MMAyA-VRHR. 2016c. Enfoque del mercado con relación a la agricultura con riego. MMAyA-VRHR-UCEP MI RIEGO. La Paz, Bolivia. 66 p.
- MMAyA-VRHR. 2016d. Guía de instrumentos de apoyo para la aplicación del enfoque de cuenca en proyectos de riego. UCEP MI RIEGO. La Paz, Bolivia. 25 p.
- MMAyA-VRHR. 2016e. Manual de asistencia técnica para la puesta en marcha de sistemas de riego. MMAyA-VRHR-UCEP MI RIEGO. La Paz, Bolivia. 156 p.

MMAyA-VRHR. 2016f. Modalidad de capacitación campesino a campesino. MMAyA-VRHR-UCEP MI RIEGO. La Paz, Bolivia. 64 p.

MMAyA-VRHR. 2016g. Modalidad de capacitación visitas de intercambio de experiencias para agricultores regantes. MMAyA-VRHR-UCEP MI RIEGO. La Paz, Bolivia. 72 p.

MMAyA. 2013. Guía acompañamiento/asistencia técnica en proyectos de riego. PROAGRO-SENARI. La Paz, Bolivia. 94 p.

Paz L. 2016. Análisis de la asistencia técnica en proyectos de riego. SENARI-JICA. La Paz, Bolivia 29 p.

PROAGRO-GTZ. 2006. Acompañamiento, un servicio para la autogestión campesina de riego: Experiencias PRONAR en proyectos de riego. PROAGRO-GTZ. Cochabamba Bolivia. 70 p.

SENARI-MMAyA. (nd). Informe Técnico Final. La Paz, Bolivia. 21 p.

*Trabajo recibido el 17 de octubre de 2019 - Trabajo aceptado el 24 de octubre de 2019*

### PUBLICACIONES TÉCNICAS DESTACADAS:



**Autores:** Equipo PIA.ACC–UMSS.49 e investigadores locales de Tiraque.

**Año de publicación:** 2018

El conocimiento ancestral sobre el clima, la tierra, el agua, el aire, el viento, los animales, las plantas y los astros, ha permitido a lo largo de miles de años, el desarrollo de la agricultura y el florecimiento de grandes civilizaciones en toda la Región Andina.

**Mayor Información: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Simón**