



Artículo: COMEII-18023

**IV CONGRESO NACIONAL  
DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2018**  
Aguascalientes, Ags., del 15 al 18 de octubre de 2018

## **ALTERNATIVAS DE MEDICIÓN EN MÓDULOS DE RIEGO RIGRAT DEL D.R.010, 074, 108 Y 109**

**Jorge Castillo González<sup>1\*</sup>; Olvera Salgado María Dolores<sup>2</sup>; Juan Manuel Ángeles Hernández<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P.62550, México.

[jorgecas@tlaloc.imta.mx](mailto:jorgecas@tlaloc.imta.mx) (\*Autor de correspondencia)

### **Resumen**

Dentro de la problemática para la implementación del programa de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) de la CONAGUA se encontró que las eficiencias de conducción, de aplicación, de operación no son exactos y en consecuencia de las acciones propuestas para el ahorro de agua son poco efectivos debido a que estos parten de datos de gastos y volúmenes reportados a la CONAGUA poco confiables. Esta situación es resultado de la metodología que es utilizada en la medición del agua en gran parte de los Módulos de Riego del país donde generalmente se mide con molinete en los puntos de control (de entrega de agua a los módulos), y en los puntos aguas abajo, ya dentro de la red de cada módulo y en las Tomas Granja el gasto se estima conforme la experiencia del canalero. La función de los Módulos de Riego es la de dar el servicio de riego de la mejor manera posible optimizando el recurso agua para maximizar la producción y el valor de la producción agrícola, por lo que llevar una contabilidad confiable de los gastos y volúmenes del agua de riego debe ser prioridad en los Módulos y Distritos de Riego. Conocer el potencial y aplicabilidad de algunas alternativas para mejorar la medición del agua de riego y dar cumplimiento a la función fundamental de los Módulos y Distritos de Riego, son el objeto del presente trabajo.

**Palabras claves:** medición del agua, RIGRAT



## Introducción

En la implantación del RIGRAT un problema a resolver para poder hacer un manejo más eficiente del agua de riego es la falta de una medición confiable en la distribución del agua en los Módulos de Riego, esto debido principalmente a que los flujos de agua en su gran mayoría no se miden, se estiman por los operadores, lo que introduce una importante fuente de error. Dado que el objetivo principal del RIGRAT es el incremento de la eficiencia de riego en la parcela mediante un mejor manejo de la aplicación de los riegos. La evaluación de los orígenes de las bajas eficiencias y de los resultados de las recomendaciones resulta difícil en el estado actual de la medición.

La medición del agua de riego en los módulos de riego es esencial en la administración del recurso. Esta medición durante la administración de los Distritos de Riego por la SARH y luego CONAGUA era más confiable que la actual porque existía personal especializado en la medición (hidrometría) y un procedimiento de registro y manejo más de los datos, actualmente en los Módulos de Riego actualmente la medición ha disminuido a su mínima expresión. Para solucionar esto existen diversos niveles en la tecnificación de la medición, desde los más sofisticados con sistemas monitoreados con telemetría hasta los más simples como la medición con molinetes o flotadores.

Cuál es la mejor alternativa para mejorar la confiabilidad y precisión de la medición es precisamente lo que se requiere saber para tomar la mejor decisión en cómo mejorar la medición, aquí se hará un análisis de las alternativas posibles.

## Materiales y Métodos

### Métodos de medición

Existen diferentes alternativas para realizar la medición dependiendo del nivel de precisión que se requiera y del costo que se está dispuesto a pagar, a considerar se tienen:

- Molinete tradicional
- Molinete automatizado
- Medidores magnéticos u ultrasónicos tipo “torpedo” que funcionan como molinetes rápidos y precisos.
- Perfiladores ultrasónicos (barquito).
- Sensores ultrasónicos fijos
- Compuertas y orificios equipados con sensores y telemetría.
- Estructuras aforadoras calibradas equipadas con escala.
- Estructuras aforadoras calibradas con sensores y telemetría.

**Molinete tradicional:** Al hablar del molinete tradicional nos referimos al ya muy conocido Molinete de copas con contador de pulsos o revoluciones (audífonos o

foco). Este es el más conocido de los medidores de flujo, usado en los Distritos de Riego del país desde prácticamente los inicios de estos, debido a su confiabilidad y aplicabilidad en la mayoría de los canales de riego, son los más económicos y relativamente fáciles de usar. Sin embargo, no son los más precisos y su aplicación se vuelve poco práctica cuando se quiere monitorear corrientes muy fluctuantes.

**Molinete automatizado:** En este caso el mismo molinete tradicional se le instala un contador que transforma las revoluciones a velocidad del agua de forma inmediata de forma directa reduciendo el tiempo que se requiere para hacer una medición, sin embargo, aunque con esto la utilización del molinete requiere menos tiempo y por lo tanto es más aplicable, aun el tiempo que requiere para su aplicación sigue siendo sustantivo. Este molinete es un poco más costoso que el anterior pero menos costoso que las otras alternativas (Figura 1).



Figura 1. Molinete de hélice.

**Molinetes magnéticos u ultrasónicos:** Estos dispositivos son medidores de flujo con tecnología ultrasónica o magnética para medir la velocidad del agua, es decir no tienen copas o similares piezas móviles que sirvan para medir la velocidad del agua, las “copas” del molinete son sustituidas por sensores ultrasónicos o magnéticos sin piezas móviles que sufran desgaste y requieran calibración continua. Estos medidores tienen mayor precisión en los “puntos” donde miden por lo que son más precisos que los molinetes mecánicos, sin embargo, el procedimiento de utilización es prácticamente igual al de los molinetes mecánicos, es decir se mide el flujo por franjas que al final se integran para tener el flujo total de la corriente o canal. Con estos medidores se incrementa la precisión y se reduce su tiempo para obtener el resultado, sin embargo, sigue siendo

considerable su tiempo para medir un gasto y su costo es mucho mayor a los anteriores medidores.



**Figura 2.** Caratula de molinete automatizado, ultrasónico o magnético.

**Perfiladores ultrasónicos:** Estos son los conocidos “barquitos”, conocidos así porque los sensores se montan sobre una “tabla” de material ligero que flota en la superficie del agua, estos equipos se mueven de una orilla a la otra con una cuerda de forma manual, al moverse de un lado a otro los sensores ultrasónicos hacen un barrido en todo el perfil, midiendo la velocidad en una cantidad muy grande de puntos en toda la profundidad y anchura de la corriente, detectando también las fronteras (fondo) de la corriente, de esta manera se tiene un barrido a todo lo ancho y profundo con una gran cantidad de mediciones con alta precisión que integran y calculan el flujo medio también muy preciso. La medición es bastante rápida comparada con los molinetes, mientras una medición con molinete tradicional puede tardar media hora para alguien experimentado, con el perfilador se requieren menos de 5 minutos debido a que todos los cálculos necesarios son hechos por una computadora, la medición tarda lo que tarda el “barquito” en moverse de una orilla a la otra de la corriente. La mayor desventaja de este método es su costo que es bastante elevado comparado con los costos de los anteriores.

**Sensores ultrasónicos fijos:** De estos hay varios tipos y marcas, su funcionamiento se basa en la utilización de sensores ultrasónicos puestos en algún punto del canal o corriente bajo en el nivel del agua y mide la velocidad ya sea en toda una franja o algunos puntos seleccionados además del tirante, y con esto considerando la geometría se calibra el gasto de todo el canal. Este tipo de medidores son útiles cuando se pretende hacer un monitoreo de los gastos a través del tiempo para tener una medición más precisa y una mejor idea de lo que pasa en los canales de riego y poder tomar decisiones en tiempo real.



**Compuertas y orificios equipados con sensores y telemetría:** Recientemente están saliendo al mercado compuertas equipadas con sensores y telemetría que además de medir controlan el flujo abriendo o cerrando la compuerta, resultan de gran utilidad y versatilidad para el manejo del agua y su monitoreo, su principal desventaja es su elevado costo.

**Estructuras aforadoras calibradas equipadas con escala:** Otra opción utilizada desde hace muchos es la instalación de estructuras aforadoras calibradas permanentes que permiten realizar una medición instantánea con la colocación de una escala. Realmente su utilización es muy sencilla y permite hacer el número de mediciones que se quiera, simplemente visitando la estructura, la desventaja es que se requiere la construcción y calibración de estas estructuras, lo que implica costos económicos y temporales, pero que una vez instalados pueden simplificar la medición y el seguimiento de los riegos de manera significativa. Estas estructuras fueron usadas desde hace más de medio siglo, hay muchas estructuras que requieren rehabilitación que fueron construidas desde la construcción de los mismos Distritos de Riego en los años 60's, 70's y 80's, pero que cayeron en desuso y abandono por ignorancia y por la falta de la reducida práctica de la medición.



**Figura 3.** Estructura tipo Guamúchil.

**Estructuras aforadoras calibradas con sensores y telemetría:** Las estructuras calibradas que inicialmente se les ponía una escala hace ya muchos años ahora, con la tecnología actual es posible instalar sensores que hagan la función de la escala automatizando la medición, posibilitando tomar lecturas muy frecuentemente y conocer las variaciones de gasto casi de forma continua, además si se instala telemetría, esta información puede estar en la oficina del módulo casi instantáneamente.



## Métodos de aplicación de la medición

Otro factor importante a considerar es la forma en que se trabaja, como se distribuye el agua de riego y como se reporta para la contabilidad en el módulo. De esto depende cuales son los métodos para medir más adecuados a aplicar. Antes de la transferencia de los Distritos de Riego se tenía un departamento de hidrometría con su brigada especializada. Los registros se llevaban en formatos en papel que se procesaban manualmente y que requerían mucha mano de obra, el formato donde inicialmente se registraban los riegos era el formato de operación número 5 ó OP5, en este el canalero registraba de forma diaria los gastos de cada riego, si es inicial o continuación, si hay cambio de gasto, etcétera, de tal manera que se tiene la información para calcular los volúmenes aplicados en cada riego. Con la aplicación de estos formatos se llevaba un seguimiento del *plan de riegos* y se tenía una contabilidad más o menos actualizada de los volúmenes aplicados y las expectativas de volúmenes por aplicar hasta el final del ciclo, esta contabilidad requería de la de mano de obra para su procesamiento aparte del personal propio de operación como los canaleros y los jefes de “sección” y de operación, las mediciones se hacían prácticamente en su totalidad con molinetes tradicionales y una pequeña parte de la medición se hacía con estructuras aforadoras, secciones y compuertas calibradas.

Actualmente en algunos Módulos de Riego se reproduce parcialmente lo que se hacía en los Distritos de Riego llevando el formato OP5 ó alguno derivado de este y la información se captura en computadora para ser procesada, en otros módulos han evolucionado a sistemas computarizados que aprovechan los avances actuales para llevar toda esta información, en los menos, no se lleva ninguna contabilidad a nivel de parcela solo a nivel de la red de canales.

Como se ve que se necesita definir primero como la organización y la estructura de la medición en el módulo y de esto dependerá los requerimientos de instrumentación, si los datos de medición son poco relevantes, que se da en la abundancia del recurso, lo razonable es invertir lo menos posible, si al contrario el recurso hídrico es indispensable para generar cosechas, entonces la medición debe ser lo más precisa posible. El caso de la mayoría de los Distritos de Riego es el segundo, el agua para riego es limitada y la lluvia no aporta una parte significativa, sin embargo, esto no ha sido completamente asimilado en los Distritos y Módulos de Riego.

Uno de los objetivos del RIGRAT es impulsar la dotación volumétrica en los Módulos de Riego, esto con el objetivo de incentivar el uso eficiente del agua de riego, antes de poder realmente aplicar la dotación volumétrica hay que resolver algunas cuestiones legales como que pasa con los volúmenes ahorrados, por ejemplo, pero sobre todo, se requiere tener un sistema de medición confiable, para lo cual se requiere que este sea instrumentado para que sea aceptado por los usuarios.



## Resultados y Discusión

Con lo mencionado puede concluirse que se requiere cambiar el sistema de medición actual a uno basado en instrumentación, es decir, los reportes deben ser basados en lecturas que de un nivel de certeza y credibilidad y donde la magnitud del posible error sea conocido. El problema es entonces cual es la forma en que se instrumentarán las mediciones, es decir, que tipo de equipo de medición debe adquirirse y que tipo de estructuras deben instalarse, esto depende del nivel de precisión que se requiera, del personal que realizara la medición y del presupuesto para realizar la medición. Aquí hay que realizar un balance entre el nivel de modernización y el costo de esta. Para maximizar los resultados se requiere empezar de aguas arriba hacia aguas abajo, es decir, instalar estructuras medidoras la más confiable posible en los puntos de control de los módulos, principalmente donde el módulo recibe el agua y posteriormente en los puntos de control internos del módulo (cambios de sección u otro). Es importante contar con una estructura o instrumento de medición de gasto continuo en estos puntos porque es donde se contabiliza toda el agua del módulo, el hecho de medir una vez a la semana o al día introduce mucha incertidumbre en cuanto a la variación de los gastos en los intervalos de tiempo entre cada medición, lo que justifica que se realice una buena inversión.

En el caso de los puntos de control internos del módulo puede hacerse de forma más económica, instalando estructuras de medición sin sensores ni telemetría o poniendo una estación de aforo con molinete o perfilador.

Para tener una contabilidad completa del agua aplicada en los riegos es necesario tener una estructura medidora también por Toma Granja, en este caso, aunque es recomendable que sea de medición continua esto no es factible económicamente bajo las condiciones actuales de los Distritos de Riego en México, por lo que se puede poner una estructura medidora simplemente con escala, la cual será la referencia y tomar la lectura por lo menos una vez al día, las fluctuaciones de gasto podrán estimarse conociendo las fluctuaciones de gasto en los puntos de control.

La instrumentación, instalación de estructuras de aforo, compra de molinetes, perfiladoras, etcétera puede no resultar en una mejora de la confiabilidad de la medición si no se implementa en un sistema de llevar los registros que al final conduzca a realizar los cálculos de volúmenes de forma sistematizada, para esto es recomendable hacerlo con algún sistema informático que integre la información capturada por los canaleros y la contabilidad de volúmenes, riegos y la contabilidad de pago de cuotas del módulo. Además para garantizar la continuidad y buen funcionamiento del sistema de medición del módulo se requiere que se cuente con personal responsable de realizar estas tareas capacitado, con una brigada de hidrometría que se dedique a la calibración de estructuras y la revisión constante de la red de canales detectando donde se requiere atención para reparar, instalar o calibrar una nueva estructura, esta



brigada puede estar formada por los canaleros y el personal de operación, aunque es conveniente que fuese personal dedicado a exclusivamente a la hidrometría.

Puede pensarse en la instrumentación de forma paulatina instalando primero estructuras equipadas con escalas y posteriormente equiparlas con sensores automáticos y telemetría. Esto depende en mucho del presupuesto con que se cuente y de si existen condiciones para la instalación de equipos más sofisticados en campo.

## **Conclusiones**

Se requiere de la instrumentación de la medición en los Módulos de Riego para mejorar la precisión y confiabilidad de la medición del agua de riego. Esto puede hacerse con diversos niveles tecnológicos y de presupuesto. Los puntos de control son los que primero requieren atención y es donde conviene invertir en instrumentación precisa y de medición continua con telemetría. En las Tomas Granja también se requiere de instrumentación, aunque en una primera instancia esta puede ser con inversión mínima como la instalación de una estructura como una tipo Guamúchil, Parshall o Aforador de Garganta Larga equipado con una escala y su tabla de calibración, también podría establecerse un punto de aforo con molinete donde tengan todos los datos geométricos conocidos previamente calibrados para hacer la medición ágil, todo esto depende del presupuesto con que se cuente. La instalación de la estructura con escala tiene la ventaja que posteriormente es posible instalar solo un sensor de nivel con telemetría para automatizar la medición.

La instrumentación de la medición debe ser un paso previo a la instauración de la dotación volumétrica o cobro volumétrico que es el paso más efectivo para mejorar las eficiencias de aplicación del agua en la parcela por parte del usuario y de las eficiencias de conducción por parte de los módulos de riego.

## **Referencias Bibliográficas**

Arturo Kennedy Pérez, Fernando Fragoza Díaz, Efrén Peña Peña, J. Eduardo Moreno Bañuelos (1992), Manual de aforos, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Edmundo Pedroza González y Gustavo A. Hinojosa Cuéllar (2014). Manejo y distribución del agua en distritos de riego. Breve introducción didáctica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Edmundo Pedroza González (2017), "El molinete, importancia, fundamentos y buenas prácticas", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.





Herrera Ponce, Juan Carlos, Peña Peña, Efrén (1999), Instructivo para aforo con molinete, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Montiel G. Mario A., Castillo G. Jorge A., Flores V. Jorge, Herrera P. Juan C., Pacheco H. Pedro, Ojeda B. Waldo (2017), Resultados de los distritos y módulos de riego con superficie RIGRAT durante el año agrícola 2015-2016. XVIII Congreso Nacional de Irrigación y la 4a Conferencia Internacional "Retos en tierra y agua". Texcoco Estado de México.

Montiel G. Mario A., Mercado G. Fernando, Araujo B. Alfredo (2017), Riego por gravedad tecnificado RIGRAT, propuesta metodológica practica para consolidar la implantación del programa, XVIII Congreso Nacional de Irrigación y la 4a Conferencia Internacional "Retos en tierra y agua". Texcoco Estado de México.