

**REGLAS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR BOMBEO  
(CASO: ZONA DE RIEGO “EL FAISÁN II”  
PROYECTO RÍO VERDE, OAXACA)**

*J. M. Angeles Hernández; J.C. Herrera Ponce y H. Unland Weiss*  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje  
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532  
Jiutepec, Morelos 62550  
[jangeles@tlaloc.imta.mx](mailto:jangeles@tlaloc.imta.mx)

## **Resumen**

La zona de riego “El Faisán II” dentro del Proyecto Río Verde, Oaxaca, beneficia una superficie de riego de 956 ha de 239 usuarios. La zona de riego consta de una planta de bombeo con capacidad de 1,200 l/s, integrada por un grupo de ocho bombas, con gastos que varían de 120 a 200 l/s, y dos redes de riego entubadas en una longitud total de 42 km. Las reglas de operación definen lo siguiente: el procedimiento de llenado de la red, el número de hidrantes de riego, la localización de estos operando simultáneamente, la comunicación entre el encargado de la red y el operador de la planta de bombeo, y la operación de la planta de bombeo.

Para la operación normal de la red, antes de encender la primera bomba se debe verificar que estén abiertos al menos tres hidrantes de riego. Además se recomienda: a) encender en primer lugar las bombas de menor gasto de riego (120 l/s) y al último las de mayor gasto, b) programar la aplicación de los riegos por secciones. Es muy importante, y como regla general, prohibir al usuario del servicio de riego el abrir o cerrar hidrantes de riego sin la autorización previa del encargado de la red. Asimismo, debe existir una comunicación directa vía sistema de radio entre el encargado de la red y el operador de la planta de bombeo. Las reglas de operación de la planta de bombeo incluyen el lubricado, encendido, la puesta en operación y el paro del equipo de bombeo.

CONGRESO INTERNACIONAL DE TRANSFERENCIA DE SISTEMAS DE RIEGO  
MESA 2: OPERACIÓN Y CONSERVACIÓN  
MAZATLÁN, SINALOA, MÉXICO, 2-9 DE ABRIL DE 2000

**OPERATION RULES FOR A PUMPING IRRIGATION SYSTEM A CASE  
STUDY: “EL FAISÁN II” IRRIGATION ZONE,  
RIO VERDE PROJECT, OAXACA, MEXICO**

*J. M. Angeles Hernández; J.C. Herrera Ponce y H. Unland Weiss*

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje  
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532  
Jiutepec, Morelos 62550. México.  
[jangeles@tlaloc.imta.mx](mailto:jangeles@tlaloc.imta.mx)

**Abstract**

“El Faisan II” is a 956 ha irrigation zone which forms part of the Rio Verde Project in the state of Oaxaca, Mexico; and benefits 239 farmers. The two main parts of the irrigation system are the pumping station and the distribution network. The pumping station’s total capacity is 1,200 l/s which is provided by a set of eight pumps whose capacities vary between 120 and 200 l/s. The distribution network consists of two lines of tubing with a total length of 42 km. The operation rules define the following: the procedure to follow when filling the tubing network, number and location of the irrigation hydrants operating simultaneously, rules for the communications between network supervisor and pumping station operator, and the operation rules for the pumping station.

In normal irrigation network operation, before turning on the first pump, one has to verify that at least three hydrants are open. It is also preferable to a) first turn on the pumps with the least irrigation discharge (120 l/s) and finally those with the highest discharge. b) schedule the irrigation application by sections. It is very important as a general rule, to prohibit the users of the irrigation service to open or close hydrants without prior authorization of the network supervisor. Furthermore, direct radio communication should always exist between the network supervisor and the pumping station operator. The operation rules for the pumping station include the lubrication, the ignition, and the mechanism to turn the pumping equipment on and off.

## Introducción

La zona de riego “El Faisán II” dentro del Proyecto Río Verde, Oaxaca, beneficia una superficie de riego de 956 ha de 239 usuarios. El sistema de riego consta de una planta de bombeo con capacidad de 1,200 l/s, integrada por un grupo de ocho bombas turbina vertical conectadas en paralelo con gastos individuales que varían de 120 a 200 l/s. Cuenta con dos redes de conducción principal con una longitud de 1,120 m de tubería de asbesto cemento y dos redes de distribución dentro de la zona de riego con una longitud de 42 km. de tubería de PVC; en diámetros que varían de 30 a 8 pulgadas. El gasto modular de 40 l/s se entregará en el punto más altos de cada parcela mediante el mismo sistema entubado, utilizando hidrantes o válvulas de riego de 8 pulgadas de diámetro.

La planta de bombeo abastece de agua a la zona de riego a dos alturas de bombeo diferentes; la primera es para dominar las parcelas que se localizan entre la cota topográfica 17.5 y la 28 m (zona baja), y la segunda altura de bombeo para las parcelas localizadas desde la cota 28 hasta la 40 m (zona alta). Por lo tanto, de la planta de bombeo salen dos líneas de tuberías de conducción: una para la zona baja con un gasto de 440 l/s dominando una superficie de 340 ha, y otra para la zona alta con un gasto de 740 l/s dominando una superficie de 616 ha.

La planta de bombeo consta de la obra de toma, del cárcamo de bombeo, del equipo de bombeo, la obra de descarga, la caseta de controles y la subestación eléctrica. El equipo de bombeo está constituido por un grupo de ocho bombas: tres de ellas para abastecer de agua a la zona de riego baja comprendida entre las cotas sobre el nivel del mar 18 y 28, dos bombas con gasto de 120 l/s y una con 200 l/s; las cinco bombas restantes abastecen de agua a la zona alta comprendida entre las cotas 28 y 40, dos bombas con 120 l/s, dos con 160 l/s y una con 200 l/s. Todas las bombas trabajaran con una tensión eléctrica de 440 volts.

## Metodología

La operación de la zona de riego (red de distribución - hidrantes) consiste básicamente en definir: 1) el procedimiento de llenado de la red, 2) el número de hidrantes abiertos simultáneamente, 3) la localización de los hidrantes operando simultáneamente y 4) la comunicación entre el *encargado de la red*, quien se encargará de llevar el control y distribución de los riegos en el campo, y *el encargado de la operación de la planta de bombeo*.

Con respecto a la operación de la planta de bombeo, ésta se limita a la operación de las bombas centrífugas tipo turbina vertical (BTV), instaladas en el cárcamo de bombeo del

## *Mesa 2: Operación y conservación*

sistema de riego “El Faisán II”, en el Proyecto Río Verde, Oaxaca. Las instrucciones de operación incluyen el lubricado, el arranque, la marcha y el paro del equipo.

Para facilitar la operación de la red se recomienda subdividir las zonas de riego alta y baja, en secciones de riego y de esta forma manejar la entrega del agua. Para la conformación de las secciones de riego se tomó como base la cota topográfica de los hidrantes que abastecen a las parcelas. Las secciones de riego 1 (cota 18 a 23 m) y 2 (cota 23 a 28 m) componen la red de conducción de la zona baja; las secciones 3 (cota 28 a 32 m), 4 (cota 32 a 36 m.) y 5 (cota 36 a 40 m) componen la red de conducción de la zona alta. En el plano siguiente se muestra la red de conducción y de distribución de la zona de riego “El Faisán II”.

### *Llenado de la red*

Para el caso de la zona de riego “El Faisán II”, el gasto de llenado de la red es de 120 l/s, que es el gasto mínimo que proporcionan las bombas de menor capacidad. Para que pueda salir el aire de las tuberías se enciende una sola bomba de 120 l/s, y mientras la red no esté totalmente llena (expulsión total del aire contenido en la red de tubería) no se pondrá en funcionamiento una segunda bomba dentro de una misma red de conducción. Esto es aplicable para las cinco secciones de riego.

### *Número de hidrantes en operación*

El número máximo de hidrantes o válvulas de riego parcelarias que deben operar simultáneamente dentro de la zona de riego “El Faisán II” es de 30, con un gasto por hidrante de 40 litros por segundo. El número de hidrantes abiertos de manera simultánea se describe a continuación tanto para la zona baja como para la zona alta.

### *Zona de riego baja (secciones de riego 1 y 2)*

El número máximo de hidrantes que deben operar simultáneamente en la zona baja es de 11, esta capacidad se consideró para satisfacer la época de demanda máxima de agua por los cultivos. Sin embargo durante la mayor parte del tiempo de operación del sistema, el gasto de operación puede ser menor a la demanda máxima.

Para estas secciones de riego se tienen tres bombas con los siguientes gastos: dos de 120 l/s y una de 200 l/s; por lo tanto el número mínimo de hidrantes abiertos deben ser 3, esto es, utilizando una bomba de 120 l/s. De las posibles combinaciones de los gastos de las

bombas, se recomienda que el número de hidrantes abiertos o usuarios regando para la zona de riego baja (secciones de riego 1 y 2) debe ser de **tres, cinco, seis, ocho u once**; cualquier otro número de hidrantes abiertos puede causar problemas en la operación del sistema de riego, ya que se tendrían que reajustar los tiempos de riego programados para cada hidrante.

### *Zona de riego alta (secciones de riego 3,4 y 5)*

El número máximo de hidrantes que deben operar simultáneamente en la zona alta es de 19, esta capacidad se consideró para satisfacer la época de máxima demanda de agua por los cultivos. Sin embargo durante la mayor parte del tiempo de operación del sistema, el gasto de operación puede ser menor a la demanda máxima. Las secciones de riego 3, 4 y 5 la abastecen cinco bombas con los siguientes gastos: dos de 120 l/s, dos de 160 l/s y una de 200 l/s.

De las posibles combinaciones de los gastos de las bombas, el sistema tiene flexibilidad para operar simultáneamente desde 3 hidrantes hasta los 19 que corresponde a la capacidad del equipo de bombeo, a excepción de la combinación 17 y 18 hidrantes que no pueden ser operados simultáneamente de manera eficiente. Cuando se presente la situación de operar simultáneamente 17 o 18 hidrantes, tendrán que funcionar las 5 bombas y el gasto de salida en cada hidrante será mayor a los 40 l/s y por lo tanto el tiempo de riego de cada hidrante en estas circunstancias debe ser menor.

El abrir más hidrantes de lo solicitado en la programación del riego ocasionará que el gasto (modular) a entregar en cada parcela (40 l/s) se reduzca y en consecuencia el tiempo de riego dedicado a cada parcela sea superior al programado para entregar la lámina de riego deseada.

### *Localización de hidrantes en operación simultánea*

Para lograr una operación eficiente de la red es necesario que los hidrantes que estén abiertos simultáneamente sean aquellos que presenten una cota topográfica similar. Lo anterior es con la finalidad de entregar en cada hidrante el mismo gasto modular (40 l/s). De lo contrario si en un determinado riego en donde opere por ejemplo una bomba con gasto de 120 l/s para tener abiertos tres hidrantes de manera simultánea y si dos de ellos se encuentran en la cota 18 y el tercero en la cota 28, seguramente el gasto que llegará a este último será muy inferior a los otros dos hidrantes.

## *Mesa 2: Operación y conservación*

Por lo tanto en la programación de los riegos, ésta deberá estar sujeta a una aplicación por sección de riego, de esta manera se minimizan las diferencias de las cotas de los puntos (hidrantes) de entrega, y por lo tanto también se minimizará la diferencia de los gastos entregados a cada uno de los usuarios, lo cual facilitará la operación del sistema de riego y se tendrá una dotación equitativa del agua para riego.

### *Operación de la planta de bombeo*

La operación de las bombas centrífugas tipo turbina vertical (BTV) instalados en el cárcamo de bombeo del sistema de riego “El Faisán II”, consiste principalmente del lubricado, el arranque, la marcha y el paro del equipo de bombeo

### *Lubricado del equipo de bombeo*

Antes de arrancar el equipo de bombeo se debe revisar el depósito de lubricante, el cual debe estar en buen estado y en la cantidad suficiente; conteniendo el aceite indicado en el manual del fabricante. La válvula del depósito debe permanecer abierta un minuto antes del arranque, para permitir que el lubricante fluya y asegurar que las chumaceras queden cubiertas por aceite. Revisar que los estoperos o graseras hagan suficiente contacto y el lubricante se encuentre en buen estado, finalmente revisar que las juntas de la flecha en el cabezal estén bien ajustadas, para que no se presenten fugas de agua.

### *Arranque del equipo de bombeo*

Antes del arranque de los equipos de bombeo verificar que se cumpla la sumergencia mínima recomendada por el fabricante del equipo, la cual se especifica en las curvas características proporcionadas por el fabricante. Además se debe de cumplir la profundidad mínima del agua en el cárcamo de bombeo, la cual se encuentra en el plano hidráulico correspondiente.

Por otro lado revisar que el colador de la campana de succión se encuentre en buen estado, esto es, que se encuentre completo y que no este obstruido con basura. El medidor de voltaje, del arrancador, debe marcar la tensión necesaria para que operen los motores de 440 Volts. No olvidar confirmar con la persona encargada de distribuir los riegos, de que estén abiertos los hidrantes que van a aplicar riego.

### *Puesta en marcha del equipo de bombeo*

Revisar periódicamente que el flujo de aceite no se interrumpa durante el funcionamiento del equipo de bombeo. Con respecto a las fugas de agua, revisar que éstas no se presenten en la junta de la flecha del cabezal de descarga ni en juntas o bridas de alguna válvula. Revisar que el manómetro localizado justo en la descarga del equipo marque la presión indicada en el plano electromecánico. En caso de que operen varios equipos al mismo tiempo cada uno debe marcar la misma presión.

Revisar que no se presente ruido excesivo en los tazones de las bombas, ya que este ruido puede ser causado por un efecto destructivo de cavitación, si esto ocurre, se debe de apagar el equipo y revisar las condiciones de succión. En el motor o en algún conductor eléctrico no se deben presentar sobrecalentamientos excesivos, ya que esto se presenta debido a una sobrecarga de energía. En el manual del fabricante se especifica la temperatura máxima tolerable. Con respecto a las fases de energía eléctrica, cada una de éstas deben de trabajar en el rango de intensidad de corriente indicado en la placa del motor eléctrico, para la tensión de 440 Volts, según el amperímetro del arrancador. En caso de que esto no ocurra se debe apagar el equipo y revisar los conductores eléctricos.

### *Paro del equipo de bombeo*

Antes de proceder al paro del equipo se debe cerrar la válvula del depósito de aceite, lo anterior es con la finalidad de interrumpir el flujo de aceite.

Verificar que se abra la válvula de alivio contra golpe de ariete en caso de que se presente una sobrepresión mayor que la presión para la cual fue calibrada la válvula, durante un paro imprevisto. En caso de que la válvula no se abra de debe desmontar para realizarle mantenimiento

Con respecto al manómetro localizado n la descarga de la bomba, en caso de un paro imprevisto se debe de registrar la presión en la bitacora del equipo. Finalmente que las válvulas de admisión y expulsión de aire estén operando siempre durante el paro de la bomba, ya sea paro imprevisto o controlado.

## **Resultados**

Las siguientes reglas de operación son aplicables a la red de conducción y distribución tanto de la zona baja como de la zona alta:

## Mesa 2: Operación y conservación

1. Procedimiento de llenado de la red de conducción y de distribución
  - a) Abrir al menos tres hidrantes (tomas de riego) de aquellas parcelas que van aplicar riego, adicionalmente se recomienda abrir algunos otros hidrantes localizados en la parte más alta de la red en operación.
  - b) Encender un equipo de bombeo con gasto de 120 l/s.
  - c) Una vez que empiece a salir agua por aquellos hidrantes que no van aplicar servicio de riego, cerrarlos muy lentamente.
  - d) Llenada la red, si se requiere en ese momento se procede a encender otra bomba adicional dentro del mismo sistema; siempre y cuando estén ya abiertos los demás hidrantes que van aplicar servicio de riego.

Cabe mencionar que la velocidad recomendable para el llenado de la red de tubería debe de ser del orden de 0.5 m/s.

2. Antes de encender la primera bomba, asegurarse de que estén abiertos al menos tres hidrantes, así como las válvulas de control (de mariposa).
3. Al iniciar los riegos, en primer lugar se deben de encender las bombas de gasto de riego menor (120 l/s) y al último las de gasto mayor .
4. Previo al cierre de un hidrante debido a la terminación de un riego o por cualquier otra razón, se deberá abrir otro hidrante dentro de la misma red.
5. El número de hidrantes abiertos deberá corresponder a la suma de los gastos de las bombas en operación, divididas entre el gasto modular de 40 l/s.
6. El número de hidrantes abiertos para cada lateral, sublateral y ramal deberá ser igual al gasto de conducción del mismo, dividido entre el gasto modular de 40 l/s.
7. Queda prohibido abrir o cerrar hidrantes sin la autorización previa del *encargado de la red*
8. *El operador de la planta de bombeo*, no deberá encender una bomba sin la comunicación y autorización directa del *encargado de la red*
9. Se recomienda programar y distribuir la aplicación de los riegos por sección de riego, de tal manera que la diferencia de cotas topográficas entre hidrantes abiertos sea la mínima, lo cual garantice gastos de riego similares.
10. Las secciones de riego 1 y 2 pueden operar cada una con 8 hidrantes como máximo, y 11 hidrantes en forma simultánea . Por ejemplo, en la temporada de máxima demanda de riegos pueden estar abiertos 8 hidrantes en la sección 1, y 3 en la sección 2.
11. Las secciones de riego 3, 4 y 5 pueden operar cada una con 15 hidrantes como máximo, y en forma simultánea 19 hidrantes . Por ejemplo, en la temporada de máxima demanda de riegos pueden estar abiertos 15 hidrantes de la sección 5, y 4 de la sección 4, o viceversa.

12. Para la operación de la planta de bombeo, es importante considerar para este tipo de equipos de bombeo (BTV) lo siguiente: antes del arranque de los equipos de bombeo verificar que se cumpla la sumergencia mínima recomendada por el fabricante del equipo, además se debe de cumplir la profundidad mínima del agua en el cárcamo de bombeo. Finalmente, revisar que el colador de la campana de succión se encuentre completo y sin obstrucciones.

## **Conclusiones**

Debido a que la fuente de abastecimiento de la zona de riego “El Faisán II” es una planta de bombeo, resulta muy importante que queden bien definidas las reglas de operación de la red de conducción – distribución e hidrantes, ya que de éstas dependerá en gran medida la buena conservación y operación tanto del equipo de bombeo como de la propia red de riego.

Por lo anterior, cabe recalcar las siguientes reglas básicas de operación normal de la red de riego, más aún, considerando una operación manual de la planta de bombeo:

- Todo usuario de riego tiene la obligación de notificar previamente al *encargado de la red*, sobre el cierre de su válvula de riego (hidrante)
- Debe existir una comunicación directa entre *el encargado de la red y el operador de la planta de bombeo*, mediante un sistema de radio
- La programación de los riegos debe realizarse tomando en cuenta la localización topográfica de los hidrantes, a fin de garantizar una dotación de gasto igual o similar en cada uno de los hidrantes de riego.
- Verificar que se cumpla la sumergencia mínima del equipo de bombeo y la profundidad mínima del agua en el cárcamo de bombeo
- Es importante automatizar el sistema de encendido y apagado de cada uno de los equipos de bombeo, con base en la presión existente en la red de conducción.

## **Referencias**

IMTA. CNA. 1998. Proyecto ejecutivo de la zona de riego, “El Faisán II”. Proyecto Río Verde, Oaxaca. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Mor. México.