



Sexto
Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMER- 2021 / Hermosillo, Sonora



Artículo: COMER-21037

Hermosillo, Son., del 9 al 11 de junio de 2021

MODELACIÓN HIDRÁULICA DE UN SISTEMA DE RIEGO POR PIVOTE CENTRAL MEDIANTE EL PROGRAMA WATERGEMS

Bruno Aleredo Díaz Quinto

Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco.
56230, Chapingo, Estado de México.

brunoa.diazquinto@gmail.com – 55 7496 0213

Resumen

El presente trabajo de tiene como objetivo realizar el análisis hidráulico de un sistema de riego por pivote central establecido en zona de riego de los Mochis, Sinaloa, a través del programa computacional WaterGEMS, donde se generó el trazado presente de la red, se introdujeron los datos de entrada para nodos (cota, ecuación característica de los emisores) y líneas (longitud, diámetro, rugosidad, pérdidas menores), para que a partir de dichos antecedentes, y seleccionando el método para las pérdidas por fricción (Darcy - Weisbach, Hazen – Williams, Chézy – Manning) se obtengan los parámetros hidráulicos, como lo son los gastos que corren por cada tramo de tubería, el caudal que sale de cada emisor de acuerdo con la presión en ese punto, presión en cada nodo, velocidades en los sistemas, las pérdidas de energía y adicionalmente mapas temáticos de los parámetros ya mencionados, calibrados a partir de la simulación computacional.

Palabras claves: Análisis hidráulico, pivote central, WaterGEMS, simulación.

Introducción

El hecho de que el agua sea un recurso cada vez más escaso y exista más competencia entre los diversos usos, obliga a utilizarla de forma apropiada y manejar con eficiencia su mecanismo de gestión (Tarjuelo, 2005). La demanda de alimentos en el futuro dependerá de la intensificación de la agricultura y de la apropiada gestión del agua, maximizando los rendimientos agrícolas producidos por cada metro cúbico de agua utilizada (Cisneros et al., 2014).

A lo largo del tiempo en el campo de estudio de la ingeniería, se ha buscado la implementación de programas computacionales para facilitar el diseño y revisión de modelos o sistemas para poder resolver de manera más rápida y eficiente situaciones que de no usar los paquetes computacionales, el procesamiento de una gran cantidad de información se obtendría con más tardanza y probablemente con algún tipo de error.

Vinculado con el desarrollo de herramientas informáticas, existen programas informáticos que pueden resolver las ecuaciones algebraicas generadas por la discretización de las ecuaciones características de sistema de distribución de agua, específicamente para sistemas de distribución de agua para riego.

Para ello, los ingenieros diseñadores o de revisión, respaldan sus archivos de red de distribución de agua con predisposición a riego con aplicaciones de escritorio que simulen hidráulicamente lo que sucede dentro de sistemas de riego conociendo todos los parámetros que conlleva, como ejemplo de dichos programas son, el WCADI, IRRICAD, Irrimaker, IrriPro, IrrigatePlus, RainCAD, IrrigaCAD, Gestar, EPANET, WaterGEMS, entre otros.

El programa WaterGEMS es una herramienta de ayuda para la toma de decisiones completa y fácil de usar para los profesionales del agua que diseñan, planifican y operan sistemas de distribución de agua (Bentley, 2019), además permite generar los modelos de sistemas de riego, especialmente y para este trabajo, de un sistema de riego por pivote central a partir de las características de los nodos y de las líneas para obtener de esta manera presiones, caudales, velocidades, pérdidas de energía y mapas temáticos, donde estos elementos que se pueden ingresar a los programas son tubos, nodos, depósitos, embalses, bombas y válvulas.

El pivote central, es uno de los equipos de mayor uso y de nivel tecnológico que se aplica actualmente para el riego de zonas agrícolas, el cual consiste en la aplicación del agua mediante aspersión a los cultivos (Rodríguez et al., 2005).

Materiales y Métodos

Materiales

- Software: WaterGEMS CONNECT, Excel, Word.
- Cartilla de los emisores del pivote central establecido.
- Catálogo de fabricante (iWob 2).

Características del pivote central

El estudio se realizó evaluando una máquina de pivote central de marca Valley. Esta máquina está compuesta por 10 tramos de distancia variable, con tramo voladizo, sin cañón en la parte final de 25.09 m, para una longitud total de 501.3 m.

Dentro del Cuadro 1, se muestra el número de emisores por cada tramo el cual varía dependiendo de la zona, en el tramo 10, el cual sería el voladizo, contiene 12 emisores, mientras que del tramo 4 al 9, son 24 emisores.

Cuadro 1. Número de emisores por tramo

No. De tramo	No. De emisores
Tramo 1	14
Tramo 2	22
Tramo 3	21
Tramo 4	24
Tramo 5	24
Tramo 6	24
Tramo 7	24
Tramo 8	24
Tramo 9	24
Tramo 10 (Voladizo)	12
TOTAL	213

Los emisores en su gran mayoría tienen un espaciamiento de 2.29 m. El sistema tiene una tubería portaemisores de acero galvanizado, con diámetro de 168.81 mm, y una C=140 para Hazen-Williams.

Los bajantes donde están ubicados los emisores, tienen forma de cuello de cisne, los cuáles son de acero galvanizado y un diámetro de ¾" (19 mm).

Antes de la llegada al emisor, se cuenta con válvulas reductoras de presión modelo PSR 2 – 15 y PSR 2 – 10, donde, para el primer modelo se tiene que va desde el emisor 1 hasta el 136, y el segundo tipo de válvula va del 137 a 213 aspersor.

Los emisores, del tipo i-Wob2 con boquillas de distinto tipo y emiten un caudal en forma progresiva hacia el final del sistema de riego, con el objetivo de depositar un caudal constante. En el Cuadro 2, se puede visualizar los valores de presión y caudal que se tiene para el mismo emisor con diferente boquilla que es usado a lo largo de todo el pivote central.

Cuadro 2. Características hidráulicas del emisor i-Wob2 para cada boquilla.

Boquilla	"	mm	Presión		Caudal	
			PSI	m	L/hr	Lps
#6 Oro	3/12"	2.38	6	4.2186	141	0.0392
			10	7.031	182	0.0506
			15	10.5465	223	0.0619
#6.5 Oro	13/128"	2.59	6	4.2186	166	0.0461
			10	7.031	213	0.0592
			15	10.5465	261	0.0725
#7 Lima	7/64"	2.78	6	4.2186	193	0.0536
			10	7.031	248	0.0689
			15	10.5465	304	0.0844
#7.5 Lima	15/128"	2.97	6	4.2186	220	0.0611
			10	7.031	286	0.0794
			15	10.5465	350	0.0972
#8 Lavanda	1/8"	3.18	6	4.2186	252	0.0700
			10	7.031	325	0.0903
			15	10.5465	397	0.1103
#8.5 Lavanda	17/128"	3.38	6	4.2186	284	0.0789
			10	7.031	368	0.1022
			15	10.5465	450	0.1250
#9 Gris	9/64"	3.57	6	4.2186	318	0.0883
			10	7.031	411	0.1142
			15	10.5465	504	0.1400
#9.5 Gris	19/128"	3.76	6	4.2186	357	0.0992
			10	7.031	459	0.1275
			15	10.5465	563	0.1564
#10 Turquesa	5/32"	3.97	6	4.2186	395	0.1097
			10	7.031	509	0.1414
			15	10.5465	625	0.1736
#10.5 Turquesa	21/128"	4.17	6	4.2186	436	0.1211
			10	7.031	561	0.1558
			15	10.5465	688	0.1911
#11 Amarillo	11/64"	4.37	6	4.2186	477	0.1325
			10	7.031	618	0.1717
			15	10.5465	756	0.2100
#11.5 Amarillo	23/128"	4.57	6	4.2186	522	0.1450
			10	7.031	675	0.1875



			15	10.5465	827	0.2297
#12 Rojo	3/16"	4.76	6	4.2186	570	0.1583
			10	7.031	736	0.2044
			15	10.5465	902	0.2506
#12.5 Rojo	25/128"	4.95	6	4.2186	618	0.1717
			10	7.031	799	0.2219
			15	10.5465	979	0.2719
#13 Blanco	13/64"	5.16	6	4.2186	670	0.1861
			10	7.031	865	0.2403
			15	10.5465	1058	0.2939
#13.5 Blanco	27/128"	5.36	6	4.2186	722	0.2006
			10	7.031	933	0.2592
			15	10.5465	1142	0.3172
#14 Azul	7/32"	5.56	6	4.2186	777	0.2158
			10	7.031	1004	0.2789
			15	10.5465	1229	0.3414
#14.5 Azul	29/128"	5.77	6	4.2186	834	0.2317
			10	7.031	1077	0.2992
			15	10.5465	1320	0.3667
#15 Marrón Osc.	15/64"	5.95	6	4.2186	893	0.2481
			10	7.031	1154	0.3206
			15	10.5465	1413	0.3925
#15.5 Marrón Osc.	31/128"	6.15	6	4.2186	954	0.2650
			10	7.031	1231	0.3419
			15	10.5465	1508	0.4189
#16 Naranja	1/4"	6.35	6	4.2186	1018	0.2828
			10	7.031	1313	0.3647
			15	10.5465	1608	0.4467
#17.5 Verde Osc.	35/128"	6.93	6	4.2186	1217	0.3381
			10	7.031	1572	0.4367
			15	10.5465	1924	0.5344
#18 Púrpura	9/32"	7.14	6	4.2186	1288	0.3578
			10	7.031	1663	0.4619
			15	10.5465	2035	0.5653
#18.5 Púrpura	37/128"	7.34	6	4.2186	1360	0.3778
			10	7.031	1756	0.4878
			15	10.5465	2151	0.5975
#19 Negro	19/64"	7.54	6	4.2186	1433	0.3981
			10	7.031	1851	0.5142
			15	10.5465	2267	0.6297
#19.5 Negro	39/128"	7.75	6	4.2186	1510	0.4194
			10	7.031	1949	0.5414
			15	10.5465	2387	0.6631



#20 Turquesa Osc.	5/16"	7.94	6	4.2186	1588	0.4411
			10	7.031	2049	0.5692
			15	10.5465	2510	0.6972
#20.5 Turquesa Osc.	41/128"	8.13	6	4.2186	1667	0.4631
			10	7.031	2151	0.5975
			15	10.5465	2635	0.7319
#21 Mostaza	21/64"	8.33	6	4.2186	1749	0.4858
			10	7.031	2255	0.6264
			15	10.5465	2764	0.7678
#21.5 Mostaza	45/128"	8.53	6	4.2186	1831	0.5086
			10	7.031	2362	0.6561
			15	10.5465	2894	0.8039
#22 Granate	11/32"	8.73	6	4.2186	1915	0.5319
			10	7.031	2471	0.6864
			15	10.5465	3028	0.8411
#22.5 Granate	45/128"	8.94	6	4.2186	2001	0.5558
			10	7.031	2582	0.7172
			15	10.5465	3162	0.8783

El sistema de riego abarca un área total de 78.95 ha, con un funcionamiento circular (360°).

A efectos de que se desconoce con exactitud el Q y la H de la bomba, el procedimiento a usar fue asignarle un reservorio de volumen de agua infinito a diferentes cotas a fin de observar cómo varían las presiones dentro del sistema considerando las características hidráulicas de las boquillas de los emisores y el hecho de que existen válvulas reguladoras de presión.

Trazado de la red

Para el trazado de la red, se procedió a generarlo dentro del propio programa WaterGEMS, dentro de la Figura 1, se muestra el proceso de delimitar las líneas, nodos y válvulas asignándoles su valor correspondiente dependiendo del tipo de datos.

Para los nodos simples se les asignó la cota correspondiente la cual es de 4.06 m, la cota del reservorio se asignó de manera arbitraria a 50 m. A las líneas portlaterales se les agrego su medida en metros, su diámetro en mm y su rugosidad para Hazen – Williams. Todos estos datos fueron obtenidos a partir de la cartilla de emisores del pivote central.

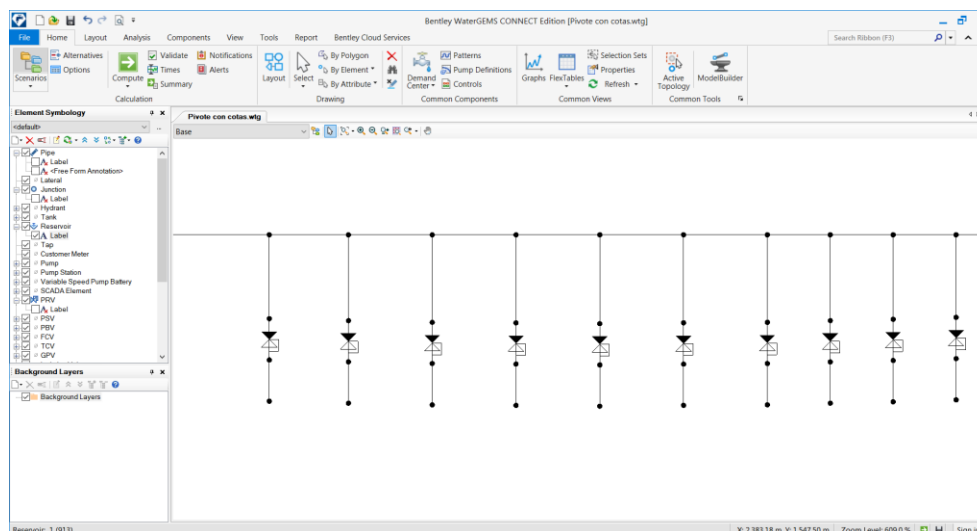


Figura 1. Trazado del sistema de riego por pivote central.

Resultados y Discusión

Gasto de las líneas

A partir de la calibración inicial de los datos de entrada para nodos y líneas, el programa WaterGEMS realizó la simulación hidráulica. Como se muestra en la Figura 2, se encuentra representado la variación gráfica del gasto que corre a través del pivote central, como es de suponerse, al inicio del sistema se tiene el máximo gasto igual a 77.553 lps. Por cada bajante se hace el descuento de lo que el emisor expulsa a partir de la presión que le llega de acuerdo con su válvula que le tiene asignada.

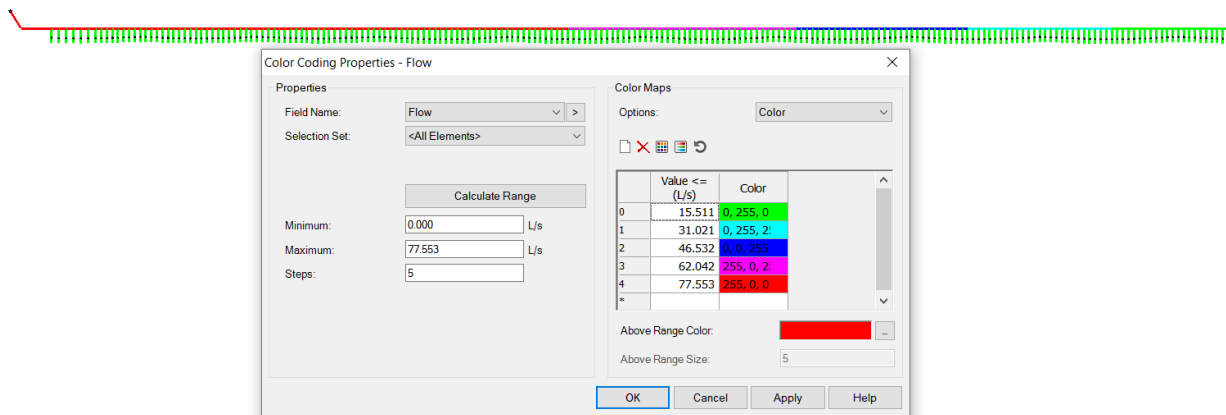


Figura 2. Variación gráfica del caudal a lo largo del pivote.

Velocidades de las líneas

En la Figura 3, se muestra la variación gráfica de las velocidades del agua dentro del sistema de riego, como se observa, la máxima velocidad está en el orden de 3.73 m/s, la división de colores para mostrar en la ventana, se hizo para cinco secciones, la cual el programa dividió de manera equivalente.

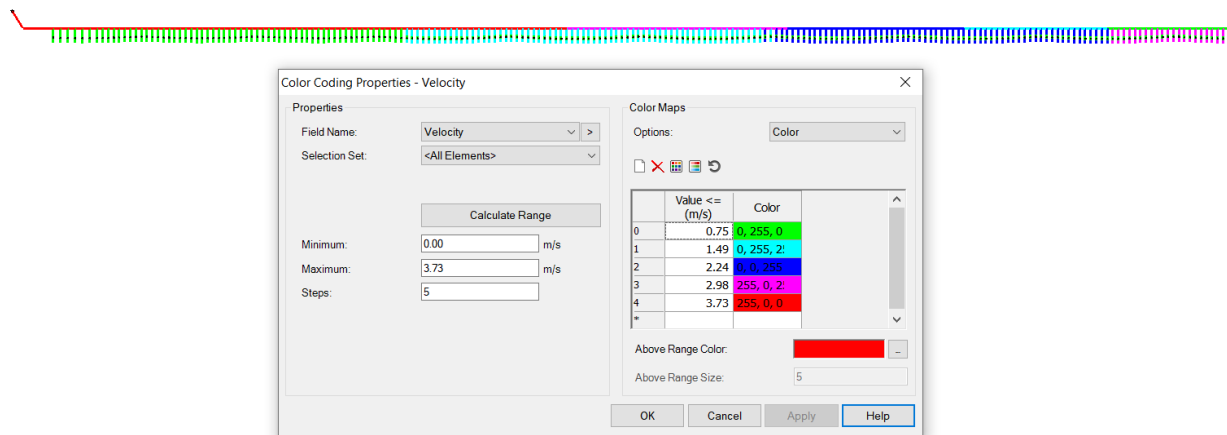


Figura 3. Variación gráfica de la velocidad a lo largo del pivote.

Demanda en los nodos

En la Figura 4, se muestra la variación gráfica de la cantidad de agua que sale de cada emisor dentro del sistema de riego, como se observa, la máxima demanda está en el orden de 0.717 lps, la división de colores para mostrar en la ventana, se hizo para seis secciones, la cual el programa dividió de manera equivalente.

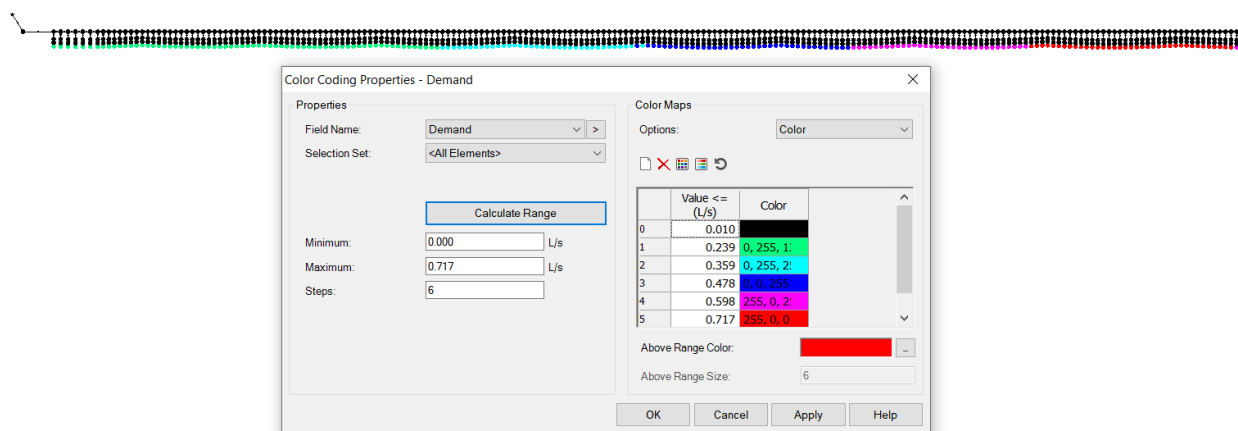


Figura 4. Variación gráfica de la demanda de agua a lo largo del pivote.

Presión en los nodos

En la Figura 5, se muestra la distribución de las presiones, dentro del sistema, pero como antes se mencionó, la forma de proporcionarle agua al pivote central fue por medio de la asignación de un reservorio de volumen infinito con cota arbitraria. Por lo que, considerando el hecho de que existen válvulas reguladoras de presión, en la parte inicial del emisor, la presión que marca es con la que operaría cada aspersor.

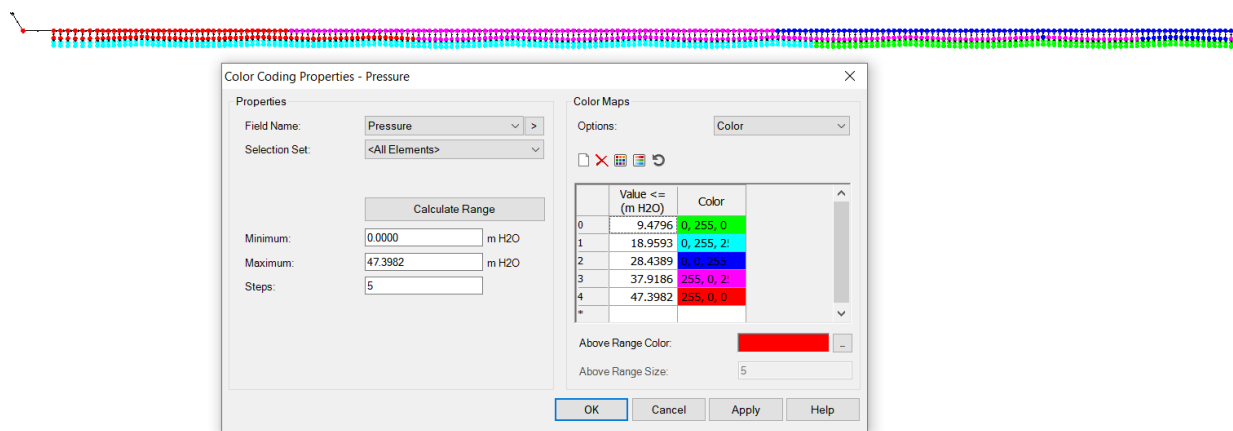


Figura 5. Variación gráfica de la demanda de agua a lo largo del pivote.

Conclusiones

A partir de la simulación hidráulica del sistema de riego por pivote central en el programa WaterGEMS, fue posible conocer los parámetros hidráulicos necesarios para revisión y para evaluación del equipo, ya que, los resultados arrojados por el simulador hidráulico fueron el caudal que pasa por las tuberías, las velocidades que corren dentro del sistema, el gasto que proporciona cada emisor y la presión con la que opera cada aspersor, es por ello, que este software cumple con las condiciones de calidad en cuanto a visualización de resultados, herramientas para calculo de parámetros hidráulicos, adaptabilidad y tolerancia al número de elementos introducidos.

Referencias Bibliográficas

- Bentley. (2019). WaterGEMS CONNECT Edition Help. Consultado en mayo de 2021, de Bentley Systems Sitio web: <https://docs.bentley.com/LiveContent/web/Bentley%20WaterGEMS%20SS6-v1/en/GUID-EE4EA18F-F9CE-43C7-93E5-906EEF8A0FC9.html>
- Cisneros, E., González, A., García, A., Placeres, Z., y Jiménez, E. (2014). Evaluación y propuesta de medidas en diferentes técnicas de riego por aspersión para un uso eficiente del agua. INGENIERÍA AGRÍCOLA, 4, 22-28.

Rodríguez, E., y Troncoso, J. (2005). Evaluación técnica y económica de un sistema de riego por pivote central. Revistas electrónicas UACH

Tarjuelo, J. (2005). El riego por aspersión y su tecnología.: Ediciones Mundi-Prensa.