



MODERNIZACIÓN DEL MÓDULO 03 BALLESTEROS DE SAN CRISTÓBAL DEL DISTRITO DE RIEGO “CIÉNEGA DE CHAPALA”.

Moisés Caravantes Álvarez^{1*}; Liliana García Romero²; Benjamín Lara Ledesma³

¹Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

0100817c@umich.mx (*Autor de correspondencia)

²Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México.

³Gerencia Nacional de Distritos de Riego. Comisión Nacional del Agua. Avenida Insurgentes Sur 2416, Piso 7, Copilco El Bajo, C.P. 04340, Ciudad de México.

Resumen

El Distrito de Riego 024 (DR-024) Ciénega de Chapala surgió a partir de la desecación de la parte oriental del lago de Chapala mediante la construcción de un bordo de contención que actualmente corre desde la localidad de La Palma extendiéndose hasta el límite oeste del Distrito de Riego siguiendo el cauce del río Duero. Cuenta con un título de concesión de aguas superficiales con un volumen total de 122.9 millones de metros cúbicos y tiene una superficie de RIEGO DE 46,742 hectáreas, cuenta con un total de 14,940 usuarios. El D.R. se integra por tres módulos de riego legalmente conformados en Asociaciones Civiles: módulo de Riego No.01 “La Palma de la Ciénega, A.C.”, módulo de Riego No. 02 “Cumuato”, A.C., módulo de Riego No. 03 Ballesteros de San Cristóbal, A.C. El Módulo de riego Ballesteros de San Cristóbal se distribuye en la parte noreste del Distrito, en los municipios de Ixtlán de los Hervores, Pajacuarán y Vista Hermosa. En el D.R. el Módulo 03 abarca un 29.63% de la superficie de riego con una superficie física de 13,848 hectáreas y cuenta con 4,524 usuarios que agrupa el 30.28% del padrón de usuarios del D.R. El nivel tecnológico del D.R. ha mostrado poco avance, los cambios registrados en cuanto a la instalación de los sistemas de riego asciende solamente a un total de 570 hectáreas, e incluye tanto presurizados como multi-compuestas y la mayor parte de ella se localiza en el Módulo 01, en el Módulo 03 se tienen 120 hectáreas con riego presurizado, utilizado en el cultivo de granos. El riego aplicado mayormente es a gravedad, generando grandes pérdidas de volúmenes de agua en tiempos de estiaje. Realizar un diseño de riego utilizando el modelo EPANET 2.0, adecuado para estos diseños; es gratuito y no es complejo en su uso, con el objetivo final es la modernización del modelo de riego aplicado en el Módulo 03 del D.R. 024 “Ciénega de Chapala” en Michoacán México para finalmente cuantificar los ahorros de agua y aumentar la producción.

Palabras claves: Riego, EPANET, agricultura

Introducción

La modernización y tecnificación parcelaria del Módulo 03 del D.R. 024 “Ciénega de Chapala” en Michoacán México, a través, de la implementación de un módulo de riego por goteo permitirá el ahorro de importantes volúmenes de agua, mejorando la productividad en beneficio de los usuarios.

Materiales y Métodos

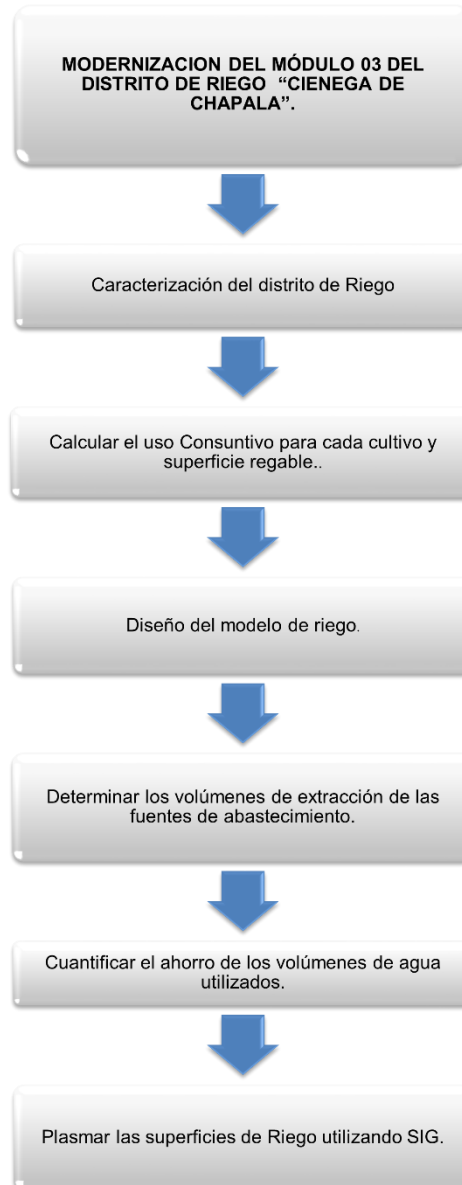


Figura 1. Metodología

La metodología desarrollada en esta investigación comienza con la caracterización del Módulo 03, que consiste en obtener la información general, zona geográfica, conjunto de



los canales de riego y drenaje, las fuentes de abastecimiento de agua y las áreas de cultivo, infraestructura hidroagrícola y todo lo necesario para entender la sinergia de los elementos para considerar en el diseño del riego por goteo. A continuación, se procede a calcular el uso consuntivo para cada cultivo y superficie regable para el Módulo 03, El uso consuntivo es un factor determinante en el diseño de sistemas de riego, para su cálculo se utilizará el método de Blaney-Criadle, ya que además de tomar en cuenta la temperatura también toma en cuenta las horas de sol diarias, el tipo de cultivo, la duración del ciclo vegetativo, la temporada de siembra y zona. El valor de evapotranspiración que se obtiene representa la cantidad de agua que requieren las plantas para un desarrollo normal. (Aparicio, 1992).

Para la modernización del módulo 03 se propone el riego por goteo, dado que es uno de los sistemas más eficientes, presenta ventajas como eficiencia de conducción y aplicación, uniformidad de distribución y emisión, así como eficiencia en el uso del agua, el diseño de sistemas de riego por goteo consta de tres fases: diseño agronómico, diseño geométrico y diseño hidráulico; utilizando EPANET.

Una vez propuesto el nuevo modelo de riego se procederá a cuantificar los volúmenes de extracción considerando los ahorros teóricos que implicaría el modelo de riego tecnificado por goteo. Se realizará una comparación con el cálculo de los volúmenes de extracción calculados con el plan de riegos considerando los volúmenes concesionados del riego preliminar 2020-2021. Finalmente, una vez establecidas las nuevas superficies de riego, se plasmarán en un SIG, buscando automatizar la obtención de datos que ayuden a la operación del distrito de riego, empleando QGIS.

Resultados y Discusión

Caracterización del Distrito de Riego.

El objetivo de la caracterización es entender la sinergia entre la infraestructura hidroagrícola y las fuentes de abastecimiento y de drenaje del D.R. Para la caracterización del sitio se trabajó con el software Q Gis y archivos shape para generar los siguientes mapas con el objetivo de ubicar los puntos de control, parcelas, canales, drenajes y finalmente ubicar la parcela piloto para la modelación de riego.

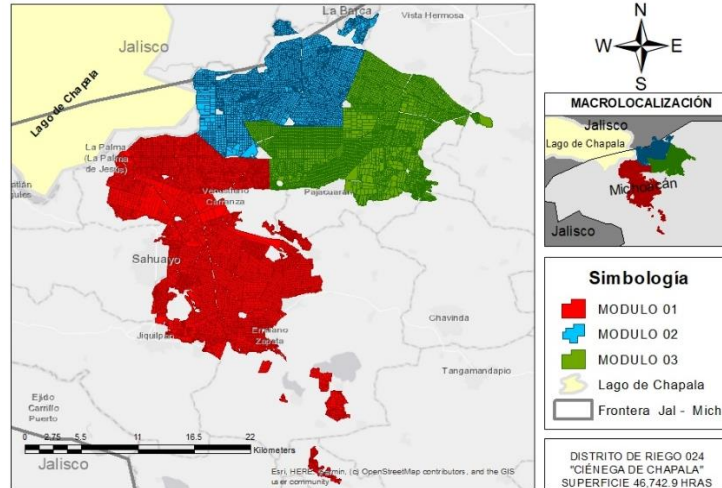


Figura 2. Mapa de Distrito de Riego 024 "Ciénega de Chapala".

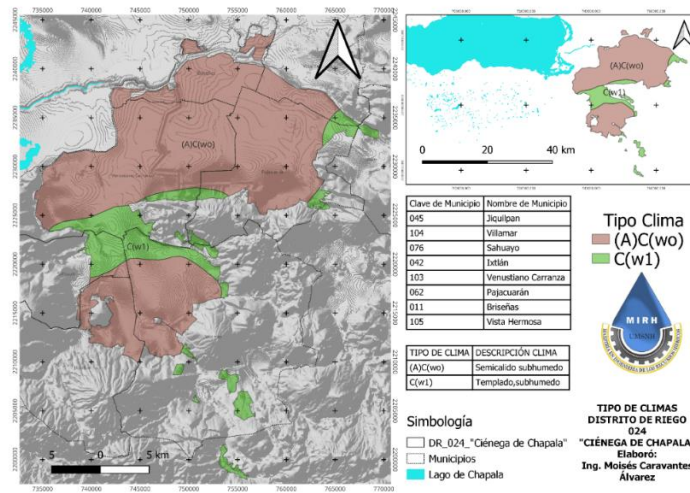


Figura 3. Tipos de Climas D.R. 024

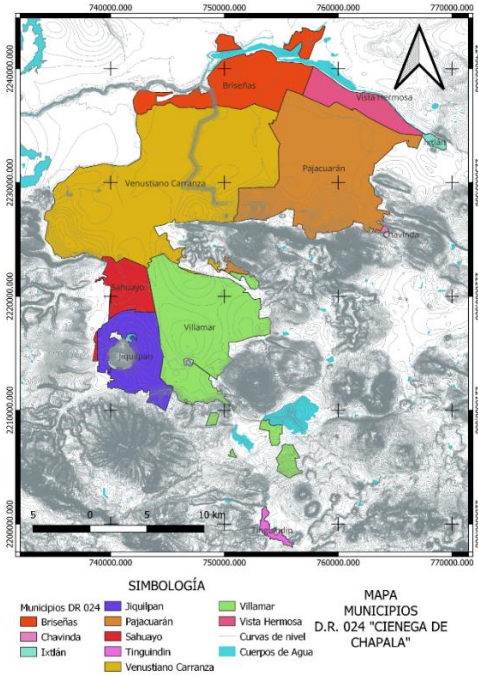


Figura 4. Municipios D.R. 024

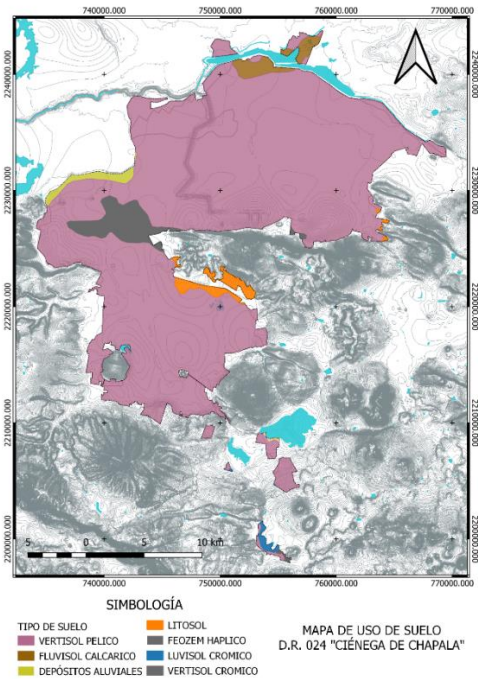


Figura 5. Mapa de Uso de Suelo D.R. 024

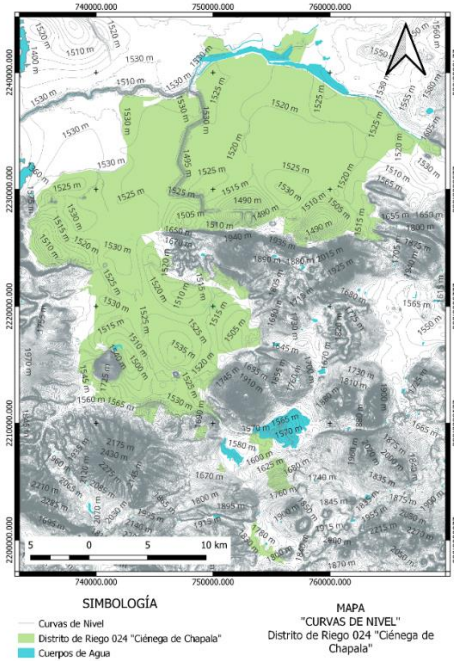


Figura 6. Curvas de Nivel D.R. 024

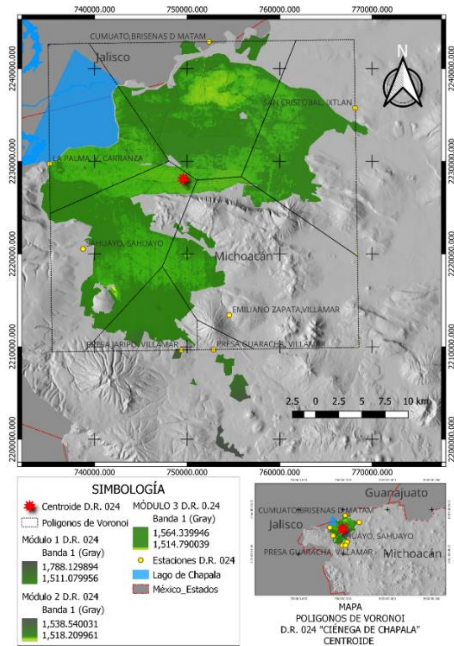


Figura 6. Mapa de Estaciones climatológicas D.R. 024

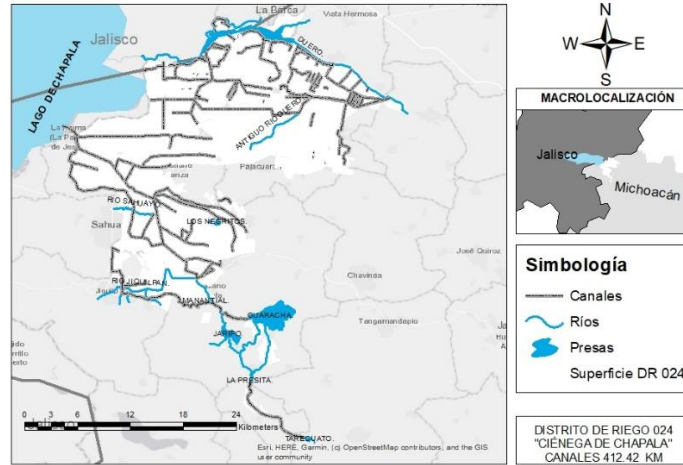


Figura 7. Canales D.R. 024

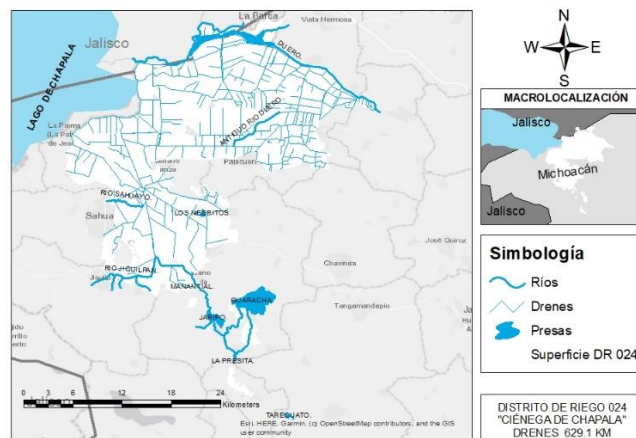


Figura 8. Drenes D.R. 024 "Ciénega de Chapala"

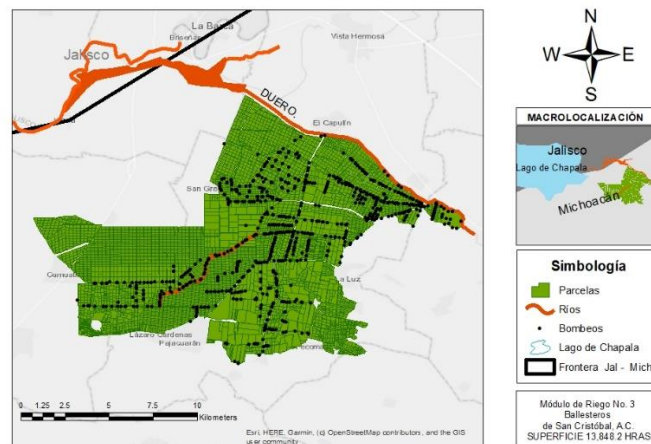


Figura 9. Ríos y Bombeos en Modulo 3 D.R. 024

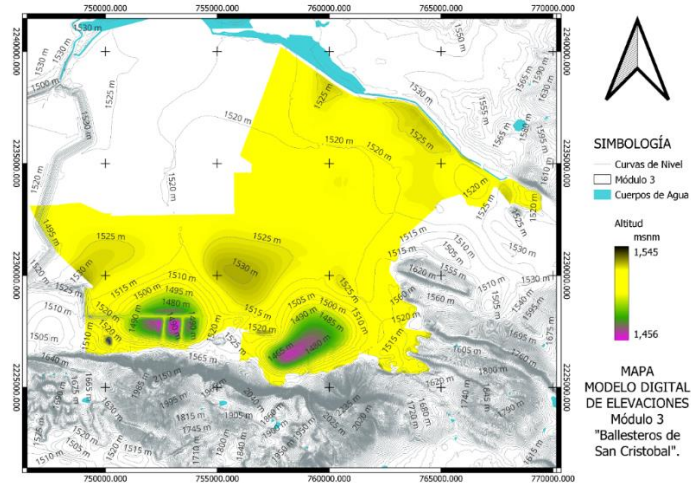


Figura 10. MDE con curvas de nivel del Módulo 03 D.R. 024

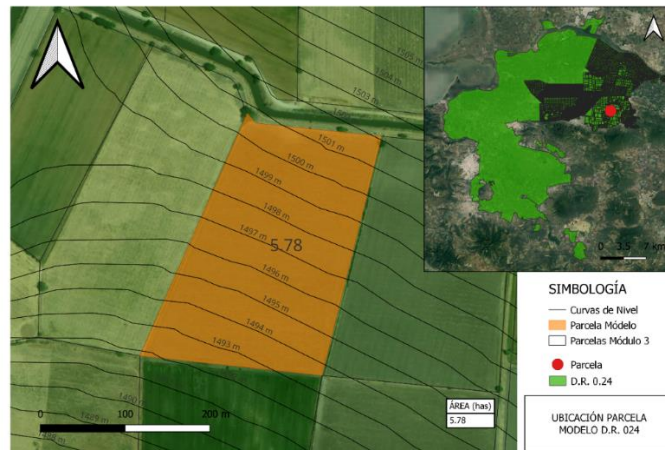


Figura 11. Macro localización Parcela Piloto Módulo 03



Figura 12. Parcela Piloto Módulo 03 D.R. 024



De la investigación del D.R. y de los mapas generados se observa lo siguiente:

- El clima predominante en el D.R. 024 corresponda al subtipo semicálido subhúmedo con lluvias en verano, según la clasificación climática Koppen.
- De las 14 estaciones meteorológicas que se ubican dentro de el área de influencia solo 7 cuentan con registros de más de 20 años para observar el comportamiento climatológico.
- En todo el D.R. los suelos son Vertisoles y Luvisoles, son suelos arcillosos cuya característica principal es que son suelos fértiles, por lo que tienen gran potencial agrícola.
- Las fuentes de aprovechamiento en el Distrito son las aguas que escurren de los ríos Tarecuato y Jaripo, que se captan en los embalses del mismo nombre (Presas Tarecuato y Jaripo), de los arroyos Las Liebres y El Bajío, captadas en la Presa Guaracha, las aguas confinadas en el Lago de Chapala y bombeadas mediante el Equipo de Bombeo Abraham Guerra, aquellas del drenaje interno y las aguas de retorno, levantadas con el Equipo de Bombeo Pajacuarán, las que escurren por el Río Lerma y el Río Duero, que se extraen a través del Equipo de Bombeo Río Lerma y del Barraje de Ibarra, respectivamente.
- El agua de reúso tiene una gran importancia en el abastecimiento de recurso para un gran número de hectáreas en el distrito, ya sea por el bombeo mediante bombas charqueras que extraen el agua directamente de los drenes o por el riego a través del manejo de los niveles de agua en los drenes, regando las parcelas de abajo hacia arriba con la elevación del manto freático. Sin embargo, sólo el agua utilizada por el equipo de bombeo Pajacuarán, que utiliza agua del dren del mismo nombre, se considera como recurso entregado al módulo I por parte de la CNA.
- En el Distrito se aprovechan las aguas subterráneas mediante la explotación de 338 pozos particulares.
- Dentro del Distrito existe un total de 16 plantas de bombeo, de las cuales en los Módulos de La Palma y Cumuato existen 7 en cada uno y en el de Ballesteros se localizan 2, las cuales cumplen funciones de riego, de drenaje o ambas
- En el Módulo 03 existen dos plantas de bombeo cuya única función es drenar los excesos de precipitación, así como los excedentes de riego y de drenaje generados en el Módulo IV del Distrito de riego de Zamora.
- El Distrito cuenta con una red total de 412.4 km de canales. De la longitud total de canales principales (170.31 km) sólo 2.8 km se encuentran revestidos de concreto (1.64%), el resto, es decir, 167.51 km están sin revestir.
- El Distrito cuenta con una longitud total de 629 km de drenes, de los cuales la mayor parte se ubica en el Módulo La Palma de la Ciénega.
- Los cultivos y volúmenes demandados son los siguientes:



Cuadro 1. Distribución de agua del Distrito 024 Ciénega de Chapala

Cultivos	Superficie Total Has	Volumen Bruto Miles de M3	Volumen Miles de M3 / Ha
Riegos Aux:	898	4,428	4.9
Hortalizas	821	4,079	5.0
Maíz	77	349	4.5
O/I:	7,879	44,517	5.7
Cártamo	2,321	8,325	3.6
Forrajes	535	4,290	8.0
Trigo	4,446	27,601	6.2
Hortalizas	577	4,301	7.5
P/V:	7,051	22,116	3.1
Maíz	5,167	15,584	3.0
Sorgo	1,884	6,532	3.5
Perennes:	637	7,759	12.2
Alfalfa	538	4,053	7.5
Fresa	26	956	36.6

Fuente: Cierre de los ejercicios anuales de los informes de distribución de agua del Distrito 024 Ciénega de Chapala

Calculo del uso consuntivo para cada cultivo y superficie regable.

El uso consuntivo es un factor determinante en el diseño de sistemas de riego, para su cálculo se utilizó el método de Blaney-Criadle, ya que además de tomar en cuenta la temperatura también toma en cuenta las horas de sol diarias, el tipo de cultivo, la duración del ciclo vegetativo, la temporada de siembra y zona. El valor de evapotranspiración que se obtiene representa la cantidad de agua que requieren las plantas para un desarrollo normal. (Aparicio, 1992).

Los usos consuntivos de los principales cultivos establecidos en el Distrito se calcularon a partir de la información de las estaciones meteorológicas La Palma, San Gregorio, Venustiano Carranza, Sahuayo, Jiquilpan y Casa Fuerte.

Cuadro 2. Periodo de uso consuntivo para cada cultivo

Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Total
Cártamo Otoño-Invierno													
UC	2.25	4.93	7.56	9.05	10.56	7.53	1.49						43.38
UC Ac	2.25	7.18	14.74	23.80	34.36	41.89	43.38						
Garbanzo Otoño-Invierno													
UC	2.56	6.38	8.62	7.50	3.23								28.29
UC Ac	2.56	8.94	17.56	25.06	28.29								



Chile Otoño-Invierno													
UC	2.02	4.93	10.26	13.04	12.32	1.82							44.39
Acum	2.02	6.95	17.21	30.25	42.58	44.39							
Trigo Otoño-Invierno													
UC	4.00	6.74	9.12	11.18	8.97	2.85							42.86
Acum	4.00	10.74	19.85	31.04	40.01	42.86							
Cebolla Primavera-Verano													
UC	2.06	7.34	12.80	14.20	4.95								41.35
Acum	2.06	9.40	22.20	36.40	41.35								
Fríjol Primavera-Verano													
UC	3.98	9.98	12.55	8.63									35.14
Acum	3.98	13.96	26.51	35.14									
Jitomate Primavera-Verano													
UC	1.81	6.47	11.39	12.90	10.68	3.21							46.46
Acum	1.81	8.27	19.67	32.57	43.24	46.46							
Maíz Primavera-Verano													
UC	3.15	7.31	11.60	14.08	13.11	10.02	2.84						62.10
Acum	3.15	10.45	22.06	36.14	49.25	59.27	62.10						
Alfalfa Perenne													
UC	8.65	7.41	3.38	4.48	7.55	10.23	14.22	15.01	14.62	14.22	12.79	11.25	123.79
Acum	8.65	16.05	19.43	23.92	31.47	41.70	55.92	70.93	85.55	99.76	112.55	123.79	
Fresa perenne													
UC	2.44	4.24	5.22	6.72	7.77	8.88	11.74	12.49	12.74	4.67			76.91
Acum	2.44	6.68	11.90	18.62	26.39	35.27	47.02	59.50	72.24	76.91			

Diseño del modelo de riego.

De la caracterización del D.R. y del Módulo 03, se escogió una parcela representativa para fungir como parcela piloto para diseñar el sistema de riego por goteo, el diseño de este se consideró inicialmente un marco de plantación de 0.8 m por 0.10 m (maíz) utilizando “Cintilla de Riego por goteo” a cada 10 cm, con 16 mm de apertura y con un flujo 1 LPH, cal 8000.

Para modelar el sistema de riego se están utilizando los softwares Civil 3D, EPACAD, EPANET e Irrigateplus para el diseño óptimo del sistema de riego por goteo de la parcela piloto. Una vez definido el diámetro económico, se hará un diseño en la misma parcela pero considerando el marco de plantación de cada cultivo, con el objetivo de poder extrapolar el gasto necesario por superficie de riego, considerando que los terrenos son relativamente planos dado que están ubicados en una ciénega, se propondrán secciones de riego, se procederá a trazar la línea de conducción en función de las obras de toma del Modulo 3 respetando los canales y drenes para ubicar el bombeo principal, el sistema

de riego debe considerar todos los elementos de la imagen siguiente y las perdidas que generan .

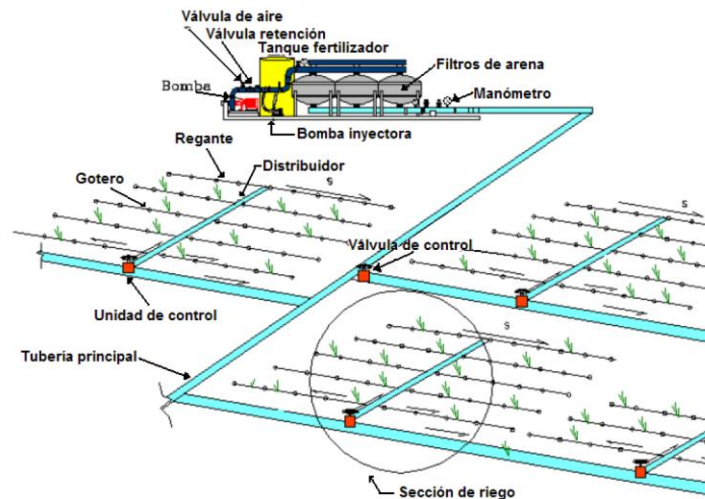


Figura 13. Elementos de un sistema de riego por goteo.

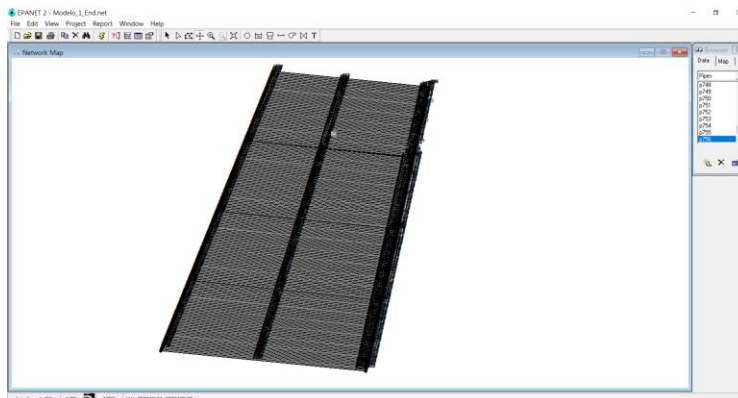


Figura 14. Trazo de sistema de Riego en EPANET utilizando Epcacad

Conclusiones

La modernización del Módulo 03 depende de varios factores que impone la topografía de la zona y las costumbres de riego, una característica de las practicas de riego es que los usuarios reutilizan las aguas de los drenes, razón por la que se propone colocar un elemento adicional en los puntos de control que permita aparte de ser abastecida por la línea de conducción propuesta que le permita conectar sus bombas charqueras a cada parcela, se considera tambien un estanque de agua que permita la sedimentación de los sólidos, para evitar el taponamiento de los goteros.

La modernización de las aplicaciones de riego permitirá ahorros considerables de agua asi como un mayor control en pro a mejorar a la operación del Modulo en cuestión.



Referencias Bibliográficas

- A. Rossman, L. (2001). *EPANET 2 MANUAL DE USUARIO*. CINCINNATI, OH: EPA.
- Anabel Altamirano- Aguilar, J. B.-T. (2017). Clasificación y evaluación de los distritos de riego en México con base en indicadores de desempeño. *Tecnología y Ciencias del Agua, vol VIII, núm. 4*, 21.
- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de superficie*. CDMX: LIMUSA.
- Ardila León, J. F., & Quintero Delgado, O. Y. (Diciembre de 2013). Aplicación de la Teledetección y los sistemas de Información Geográfica en la interpretación de zonas inundables. Caso de Estudio: Río Soagapa, Sector Paz de Río, Boyacá. Bogotá, Colombia.
- Conagua. (Diciembre de 2002). Manual para la elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario. CDMX, Estado de México, México.
- Conagua. (2003). *Distrito de Riego 024, Plan de acciones para la rehabilitación y modernización de los distritos de riego*.
- Conagua. (2004). *Distrito de Riego 024, Informe de Distribución de Aguas 1994-2004*.
- Conagua. (2005). *Distrito de Riego 024, Padrón de Usuarios 2004-2005*.
- Conagua. (2005). *Plan Director DR 024*.
- Conagua. (s.f.). *CNA, Distrito de Riego 024, Estaciones Climatológicas*.
- David Ortega-Gaucin, E. M. (2006). MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS PARA UN DISTRITO DE RIEGO. *TERRA Latinoamericana*, 8.
- de León Mojarro, B., & Robles Rubio, B. D. (2007). *Manual para diseño de zonas de riego pequeñas*. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Díaz Delgado, C. (Septiembre de 2015). La infraestructura hidroagrícola ante los escenarios del cambio climático. *TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DEL AGUA*, págs. 89-101.
- Elizondo, R. M. (1991). *Riego Localizado: Diseño y Evaluación*. Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo Departamento de Irrigación.
- Garcés-Restrepo, W. H. (1998). *Evaluación del Desempeño del Riego con Indicadores Comparativos: El Caso del Distrito de Riego Alto Río Lerma, México*. P.O. Box 2075, Colombo, Sri Lanka: Instituto Internacional del Manejo del Agua.



- Gómez, I. H. (2013). *ANÁLISIS Y EVALUACION DEL PROGRAMA DE REHABILITACION Y MODERNIZACION EN DISTRITOS DE RIEGO*. Montecillo, Texcoco, Estado de México.: COLEGIO DE POSTGRADUADOSO.
- Intagri. (2019). *Diseño Agronómico del Ssistema de Riego por Goteo*. CDMX: Equipo Editorial Intagri.
- intagri. (Enero de 2019). <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/algunos-aspectos-de-diseno-operacion-mantenimiento>.
- Iñiguez, M., Ojeda-Bustamante, W., & Díaz Delgado, C. (2015). La infraestructura hidroagrícola ante escenarios del cambio climático. *TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DEL AGUA*, 14.
- Laurean, J. G. (2013). *ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA REHABILITACIÓN Y MODERNIZACIÓN INTEGRAL DEL DISTRITO DE RIEGO 024, CIÉNEGA DE CHAPALA*. MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO: COLEGIO DE POSTGRADUADOS.
- Marroquín-De, J., Olivares-Ramírez, Á., Ventura-Ovalle, J., Cruz-Carpio, D., & Luis Eduardo. (2021). *Handbook T-XVI CIERMMI Women in Science Engineering and Technology*. CDMX: ECORFAN-México.
- Martínez C, L., Álvarez R, V., Montemayor T, J., Orozco V, J., Frías R, J., CP, Y., . . . MA, S. (2015). Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de plantas. *REVISTA INTERNACIONAL DE BOTÁNICA EXPERIMENTAL INTERNATIONAL JOURNAL OF EXPERIMENTAL BOTANY*, 272-279.
- MC. Guillermo Benjamín Pérez Morales, M. J. (2009). *OBRAS HIDRÁULICAS*. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Mejía-Saenz, E., Exebio-García, A., Palacios-Vélez, E., Santos-Hernández, A. L., & Delgadillo-Piñon, M. E. (2003). Mejoramiento del manejo de distritos y módulos de riego utilizando Sistemas de Información Geográfica. *TERRA LATINOAMERICANA*, 11.
- Pedroza González, E., & Hinojosa Cuéllar, G. A. (2014). *Manejo y distribución del agua en distritos de riego. Breve introducción didáctica*. Jiutepec, Morelos.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Pérez, A. S. (2015). La conformación de una región productiva contenciosa: el Distrito de Riego 024 Ciénega de Chapala, Michoacán, México. *Desacatos* 47, 18.
- Sánchez-Tienda, J. (1999). *USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO AGUACATE: METODOLOGÍA BLANEY Y CRIDDLE MODIFICADA RELACIONANDO*



FENOLOGÍA Y PERCIPITACIÓN. Coyoacán, Ciudad de México.: Universidad Autónoma Metropolitana.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (21 de Marzo de 2019). *Y tú, ¿conoces los beneficios del riego tecnificado?* Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural : <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/y-tu-conoces-los-beneficios-del-riego-tecnificado>.

Urquía-Fernández, N. (2014). *La seguridad alimentaria en México.* CDMX: Seguridad Pública Mex.

Victor Manuel Peinado Guevara, H. J. (2015). *Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México.* Sinaloa, México.: Universidad Autónoma de Sinaloa.