



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA EDAR DE PINEDO EN LA FOIA DE BUNYOL

30 de noviembre de 2017

Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. DISPONIBILIDAD	5
3. ANTECEDENTES DE PLANEAMIENTO EN LA REUTILIZACIÓN	7
4. LOS REGADÍOS DEL ACUÍFERO DE BUNYOL-CHESTE.....	10
4.1 <u>Regadíos de Godelleta</u>	10
4.2 <u>Regadíos de Cheste-Chiva</u>	11
4.3 <u>Los regadíos según la planificación hidrológica</u>	12
5. EL ACUÍFERO DE CHESTE-BUÑOL.....	14
5.1 <u>Geología</u>	14
5.2 <u>Hidrogeología</u>	15
6. LÍNEAS BÁSICAS DE LA REUTILIZACIÓN	17
7. INFRAESTRUCTURAS PROYECTADAS	19
7.1 <u>Balsas de regulación</u>	19
7.2 <u>Conducciones</u>	21
8. CONCLUSIONES.....	29
PLANOS.....	30
ANEJO DE CÁLCULO DE LA DOTACIÓN	31
Introducción	32
Cultivos	32
Datos agroclimáticos.....	32
Metodología	32
Necesidades totales de riego o necesidades brutas	34
Resultados.....	35

LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE PINEDO EN LA FOIA DE BUÑOL

1. INTRODUCCIÓN

La comarca de la Foia de Bunyol se encuentra comprendida entre las cuencas hidrográficas de la Rambla del Poyo y el río Magro, y muy próxima al área metropolitana de Valencia. Está atravesada además por la autovía A-3. Estos dos factores han incrementado en las últimas décadas su población y actividad económica.

Sin embargo, las dos cuencas hidrográficas citadas tienen una notable escasez de recursos hídricos. La Rambla del Poyo sólo lleva agua en caso de crecidas y el río Magro ha visto reducidos a menos de la mitad los recursos disponibles en la cuenca media y baja por la explotación en la Plana de Utiel-Requena.

Los recursos comarcales se centran en el acuífero Buñol-Cheste 080.140, que ocupa casi toda la comarca, y en el acuífero carbonatado de las Serranías. Ambos acuíferos están conectados por sus extremidades norte y sur. Así mientras el acuífero de Buñol-Cheste está explotado y en un equilibrio bastante estricto, el acuífero de las Serranías no lo está y descarga por el norte al Turia y por el sur al Magro. Además, los extremos norte y sureste del acuífero de Buñol-Cheste reciben la recarga lateral del otro.

Por esta causa, los municipios de estas zonas extremas tienen adecuadamente resuelto el suministro de agua. No es así en la zona central de la comarca, precisamente la más dinámica.

Así pues, el déficit hídrico se refleja en los términos municipales de Cheste, Chiva y Godelleta, en particular en este último, así como en la parte norte de los términos municipales de Turís y Montserrat, situados en el borde sur impermeable del acuífero.

Así pues, el ámbito de nuestro estudio se centra en los términos municipales siguientes:

- Cheste
- Chiva
- Godelleta
- Turís
- Montserrat

Toda el área se sitúa sobre el acuífero 080.140, en su zona sur central.

En esta zona, se desarrolló en las últimas décadas del siglo pasado una importante superficie de regadío con aguas subterráneas, que en estos momentos tiene graves problemas de suministro por el agotamiento de los

recursos subterráneos y por su salinización con el contacto con las formaciones yesíferas que lo delimitan por el sur y el oeste.

Se pretende en este estudio determinar la factibilidad de aportar recursos de agua procedente de la EDAR de Pinedo a los regadíos deficitarios de la Foia de Bunyol para reducir las extracciones del acuífero y conseguir con ello la suficiente holgura en su explotación.

BORRADOR

2. DISPONIBILIDAD

La EDAR de Pinedo dispone de un tratamiento terciario con una capacidad de 3 m³/s. Esto supone una disponibilidad de 90 Hm³/año de agua susceptible de reutilización. En la actualidad existe una concesión sobre dichas aguas de 22,7 Hm³ anuales a la Acequia del Oro, que riega el arrozal del entorno norte de la Albufera. Esto corresponde en su práctica totalidad a los meses comprendidos entre mayo y agosto. Aun así, existe una disponibilidad no concedida de 1,8 hm³/mes en dichas fechas y de 7,5 hm³/mes en el resto del año.

En 2010 se construyó una conducción para la reutilización de dichos recursos con capacidad de 1,5 m³/s, es decir, 3,8 Hm³/mes hasta el tramo final de la Acequia Real del Júcar en Benifaió. Este conducto no ha sido puesto en servicio, ya que los usuarios no tienen una necesidad perentoria y, además, interfiere con los protocolos de seguridad del abastecimiento urbano a Valencia. Sin embargo, el citado conducto consigue rodear la conurbación de la capital, de modo que puede servir de base para el suministro a otras zonas más necesitadas sin más que disponer una infraestructura complementaria. La figura adjunta nos muestra un esquema de la conducción existente para reutilización.



Figura N° 1 Esquema de la conducción de reutilización Pinedo - Benifaió

La disponibilidad de agua para reutilización será, en este caso, por tanto, la siguiente:

Mes	Disponibilidad (Hm ³)
Enero	3,8
Febrero	3,8
Marzo	3,8
Abril	3,8
Mayo	1,8
Junio	1,8
Julio	1,8
Agosto	1,8
Septiembre	3,8
Octubre	3,8
Noviembre	3,8
Diciembre	3,8
Total	37,6

Tabla n° 1. Disponibilidad de agua regenerada en la EDAR de Pinedo

3. ANTECEDENTES DE PLANEAMIENTO EN LA REUTILIZACIÓN

No es tan sólo la Foia de Bunyol la comarca con necesidades de agua. Durante el 2016, en un estudio previo, se analizó un esquema de reutilización para cubrir el déficit del Magro medio y bajo. Dicho esquema consiste en el suministro a los sectores del canal Júcar-Turia comprendidos entre el acueducto sobre el río Magro y el sector X en Picassent, a la zona de riegos del Magro no cubierta por el citado canal en el Marquesat de Llombai, y a los riegos tanto con aguas superficiales como subterráneas del Magro medio en su margen izquierda en los términos de Turís, Montserrat y Montroi. De ese modo, quedaría como único usuario del embalse de Forata la Comunidad de Regantes del Canal del Magro.

Los sectores abastecidos son los siguientes:

Canal Júcar-Turia

Comunidad de Regantes	Margen	Superficie (has.)
Sector 4	Izquierda	3.319,85
Sector X	Derecha	1.958,46
Sector IX	Derecha	525,79
San Rafael	Derecha	725,75
San José – Carlet	Izquierda	120,60
Nova Comunitat	Derecha	621,67
San José Alginet	Izquierda	147,99
Massalet	Derecha	2.021,40
Alcudia	Derecha	452,77
Carlet	Derecha	1.367,15

Tabla nº 2. Canal Júcar-Turia

Riegos del Magro

Magro I-Vall d'Alcalans

	Superficie (has.)
Aguas Subterráneas - Turís	250
Aguas Subterráneas – Montserrat	170
Aguas Subterráneas – Montroy	280
Canal de Forata	600
Total	1.300

Magro II – Marquesat de Llombai

	Superficie (has.)
Acequia de Llombai	193
Acequia de Alcudia	292
Otros	105
Total	600

Tabla nº 3. Propuesta de Reutilización del Magro de 2016

Esto se consigue con un esquema que consta de dos conducciones. La primera parte de la actual conducción en Benifaió y asciende hasta el canal Júcar-Turía. A partir de dicho punto discurre por el camino de servicio de éste abasteciendo a todos los sectores del citado canal comprendidos entre la comunidad de regantes de San Rafael y las acequias de Masalet, Alcudia y Carlet. En el acueducto se ubicaría una impulsión que elevaría el agua a los regantes del Magro del Marquesat.

La otra conducción derivaría en Silla de la conducción actual elevando el agua hasta la Acequia Real del Júcar, en término de Picassent, donde rompe carga. Una nueva impulsión elevaría el agua hasta el canal Júcar-Turía abasteciendo en su toma a los sectores 4 y X. La conducción proyectada continúa hasta la balsa de Venta Cabrera en término de Montserrat, situada a la cota 197, y que se diseña con una capacidad de 1,75 Hm³.

La figura adjunta nos muestra un esquema de la solución propuesta previamente.

De estos regadíos hay que señalar que los correspondientes al canal Júcar-Turía que suponen la mayor parte del esquema, tienen como fuente habitual de aprovisionamiento las aportaciones del Júcar y sus pozos propios que explotan el acuífero de la Plana de Valencia. Para ellos, la dotación de reutilización es una mejora importante, pero no es imprescindible. Otro es el caso de los riegos del Magro. De ellos, los riegos del Marquesat tienen siempre disponibles los recursos del canal Júcar-Turía, si se ejecuta la elevación final y se permutan los recursos. Pueden integrarse, por tanto, en un sistema más amplio.

No así los riegos de la Vall d'Alcalans y muy singularmente los riegos con aguas subterráneas de Turís y Montserrat, que por su cota sólo disponen de sus pozos, y éstos se hallan en situación muy comprometida.

De hecho, estos riegos se han integrado con la comunidad de regantes de Godelleta, que como veremos también, se halla en una situación delicada.

Por lo tanto, siendo muy plausible este esquema, es la conducción norte y la elevación al Marquesat desde el canal, la parte prioritaria.

En el estudio que se presenta se va a partir, por tanto, de subordinar este esquema en su parte norte, segregando los riegos de aguas subterráneas e incluyéndolas en los riegos de la Foia de Bunyol.

Por último, se modificará la explotación concentrando el caudal a suministrar al canal Júcar-Turia, en los sectores 4 y X, que ya de por sí totalizan 5.278 Has.

4. LOS REGADÍOS DEL ACUÍFERO DE BUNYOL-CHESTE

Los regadíos de la Foia de Bunyol se estructuran en dos zonas principales que constituyen sendas comunidades de regantes.

4.1 Regadíos de Godelleta

Al sur, la comunidad de regantes de Godelleta reúne 1.825 Ha., de las cuales 1.405 pertenecen a dicho término municipal, 259 Ha. a Turís y 170 a Montserrat, estas últimas se sitúan en la cuenca del Magro medio.

Estos riegos, como después se verá, se sitúan en la zona más desfavorecida del acuífero de Bunyol-Cheste. Como consecuencia de su proximidad al borde impermeable los antiguos pozos están agotados y, en algunos casos, salinizados. Por esta causa, la comunidad ha realizado una gran inversión en desarrollar dos campos de pozos y un sistema de conducciones y bombeos que unifican el sistema.

El campo de pozos principal, denominado Tizón, se halla en el flanco norte de la sierra Perenchiza. Consta de 5 sondeos que explotan las calizas Cretácicas de dicha sierra. Esta formación actúa como un dren para el acuífero en su borde oriental, que es el de descarga. Por lo tanto, no aporta recursos nuevos al balance, aunque sí reduce las salidas a la Plana de Valencia.

En el lado occidental, otro grupo de 3 pozos explota los recursos del acuífero de la Serranía, en su contacto con el de la Foia de Bunyol. Al situarse en el borde de recarga anticipa los recursos que pueden transferirse en el futuro.

A estos pozos se añaden algunos sondeos que explotan el terciario Mioceno arenoso.

Una serie de 4 bombeos escalonados eleva el agua desde el campo Tizón hasta un punto al este de Godelleta.

Desde dicho punto hasta el extremo oriental del término municipal se desarrolla una malla que rodea las zonas más altas del término. Las zonas bajas se derivan desde los tres bombeos intermedios.

Por el oeste, una conducción eleva al anillo los caudales captados en el otro campo de pozos.

Del anillo, por último, sale un largo conducto que cruza la divisoria de aguas a los riegos de Turís y Montserrat, situados sobre la zona de yesos.

Todos estos pozos se hallan integrados en una red que se reproduce en la figura adjunta.

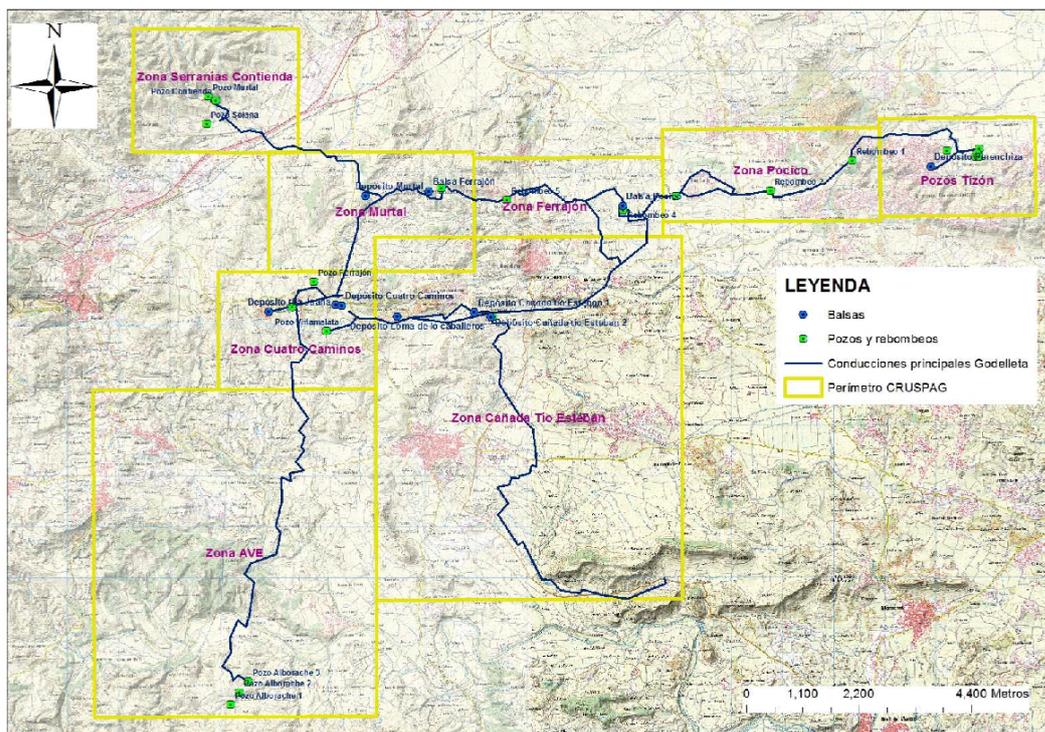


Figura N° 2 Red existente de la Comunidad de Regantes de Godolleta

Este sistema, muy moderno, ya arrastra un coste de elevación importante, ya que el nivel piezométrico en el campo de pozos se halla a la cota 60 m.s.n.m.

Por tanto, el aporte de agua de reutilización puede ser competitivo económicamente.

4.2 Regadíos de Cheste-Chiva

Las zonas regables de la mitad sur se hallan entre la cota 180 y la 280. La comunidad de regantes de Cheste-Chiva engloba 1.670 Ha. que forman una zona con riegos compacta en el llano que rodea ambas poblaciones, a menor cota que Godolleta, entre 170 y 200 m.s.n.m.

Su red no está mallada. Sin embargo, todos los pozos están unidos a una arteria que cruza la zona regable de noroeste a sureste. En su extremo noroeste se ubica una balsa de regulación, la balsa de Urrea, a la que se rebombee el agua con la impulsión de su mismo nombre. En el sureste, junto al polígono industrial se sitúa otra balsa, la de Pinos Veros, a la que también se bombea el agua con el rebombeo Horizontes.

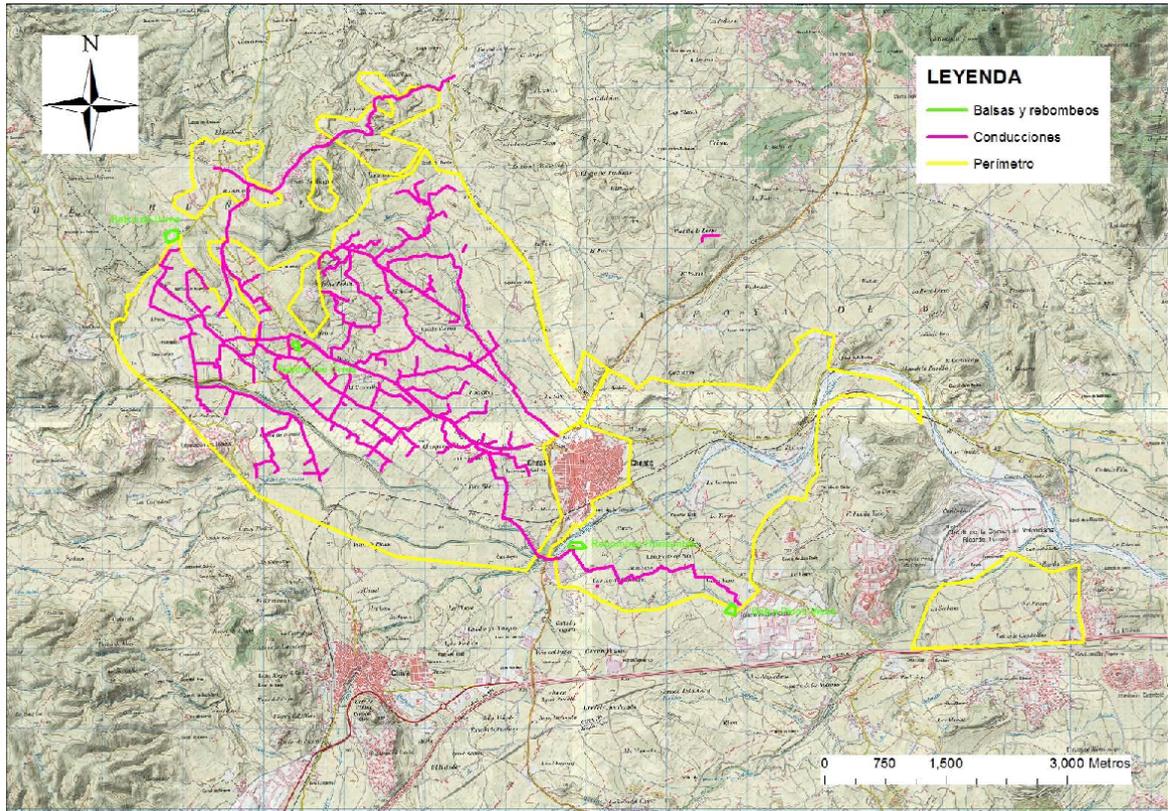


Figura N° 3 Red existente de la Comunidad de Regantes de Cheste - Chiva

El plano n° 1 nos muestra la superficie de regadío que se estudia.

4.3 Los regadíos según la planificación hidrológica

Según el Plan Hidrológico de Cuenca (C.H.J. 2015) vigente, estos regadíos conforman la UDA 082. 033A Hoya de Buñol y Chiva. Su extensión es de 3.469 Has. e incluye los riegos de Buñol, Yátova, Alborache y Macastre, que son muy reducidos y no tienen problemas de suministro.

En estos momentos, los cultivos presentes son los siguientes:

Cultivo	Superficie (%)	Dotación Neta (Ha)
Cítricos	67,1	4.451
Vid, uva, vinificación	10,7	2.708
Frutales no cítricos	8,3	5.485

Tabla n° 4. Cultivos presentes en la zona

El sistema de riego es mayoritariamente localizado, 83%, siendo el resto por gravedad. Se le estima una eficiencia global del 64,3%, lo que supone una dotación de 6.030 m³/Ha. año.

La figura adjunta nos muestra la zona correspondiente a la UDA 082.033A según la planificación hidrológica.

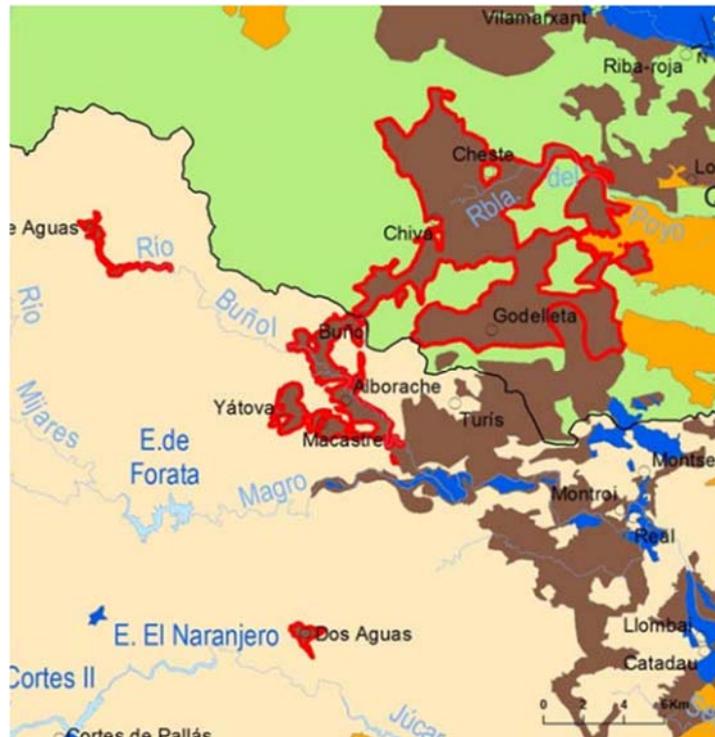


Figura Nº 4 Zona regable de la UDA 082.033 A (CHJ, 2015)

La curva de demanda de la zona es la siguiente:

Demanda Bruta

Mes	%	Zona Sur	Zona Norte	Total
Octubre	5,09	0,56	0,51	1,07
Noviembre	1,50	0,17	0,15	0,32
Diciembre	1,87	0,21	0,19	0,40
Enero	1,07	0,12	0,11	0,23
Febrero	1,03	0,11	0,10	0,21
Marzo	5,57	0,61	0,56	1,17
Abril	5,19	0,57	0,52	1,09
Mayo	5,57	0,61	0,56	1,17
Junio	15,91	1,75	1,60	3,35
Julio	23,21	2,55	2,34	4,89
Agosto	20,50	2,26	2,06	4,32
Septiembre	11,73	1,29	1,18	2,47
		11,00	10,07	21,07

Tabla nº 5. Curvas de Demanda (hm³/mes)

5. EL ACUÍFERO DE CHESTE-BUÑOL

El acuífero sobre el que se halla la zona está delimitado por el norte por el cauce del río Turia y por el sur por un gran diapiro de yesos, por el oeste por la sierra de la Contienda y las Cabrillas, y por el este que es el borde de descarga, por el cuaternario de la Plana de Valencia.

5.1 Geología

Al norte aparecen los estratos más antiguos correspondientes al Buntsandstein y Muschelkalk. Esta zona no es problemática y drena al Turia. En la zona de estudio, los sedimentos más antiguos corresponden con un gran diapiro de arcillas y yesos del Keuper que abarca desde Alborache y Macastre por el oeste hasta 2 Km. al este de Montserrat y en una banda de un ancho de 4 Km. de norte a sur. Sobre estos sedimentos blandos y solubles se ha desarrollado el fondo del valle dels Alcalans, por el cual discurre el río Magro. Justo en esta zona se halla la mayor parte de la zona regable del embalse de Forata. El espesor de esta formación es de unos 250 m.

Sobre el Keuper aflora invertido en algunas cumbres la serie caliza-dolomítica en forma de láminas rotas o escamas.

El Jurásico no aparece representado en la zona, pero sí el Cretácico Superior. Está constituido por un conjunto dolomítico de edad Cenomaniense al Coniacense, y sobre él, una serie de calizas micríticas del Santoniense al Campaniense siempre en una facies marina con un espesor cercano a los 200 m. y, finalmente, 70 m. de margo-calizas lacustres. Esta es la estructura de la sierra Perenchiza y los afloramientos del borde oeste.

El espacio comprendido entre la sierra Perenchiza y la masa triásica por el sur, está ocupado por un potente depósito neógeno que es el característico de la zona y que se extiende desde el Turia y Buñol hasta el cuaternario de la plana de Valencia.

Este espacio se genera a partir de una cubeta que se rellena con sedimentos continentales o lacustres y que más al este, en concreto en la zona de interés, se generan en un ambiente salobre.

En general, en la zona de interés al norte se presenta la facies que el IGME define como Mioceno de Chiva.

Consta de un primer tramo continental más impermeable y unos estratos marinos detríticos más permeables.

Esta formación constituye la mayor parte del acuífero de Buñol-Cheste. Más hacia el sur, la capa superior de la formación antes descrita evoluciona hacia una alternancia de areniscas y arenas con intercalaciones margosas

generadas en un ambiente marino de playa. En conjunto, su espesor y permeabilidad son mucho menores cuanto más hacia el sur.

Por último, hay que señalar una pequeña zona denominada Formación de Niñerola, al suroeste de Venta Cabrera. En dicho lugar, la columna estratigráfica consta de 300 m. de yesos bituminosos y calizas lacustres en bancos con intercalaciones margosas. Este conjunto también es relativamente poco permeable, aunque soluble y muy deformable, que pudiera pertenecer al Plioceno.

Por último, aparecen sedimentos cuaternarios en las zonas más llanas de escaso espesor. Se trata de limos rosados ricos en carbonatos y con cantos calizos.

La figura adjunta tomada de la cartografía 1:50.000 del IGME (1980) nos muestra la geología de esta zona.

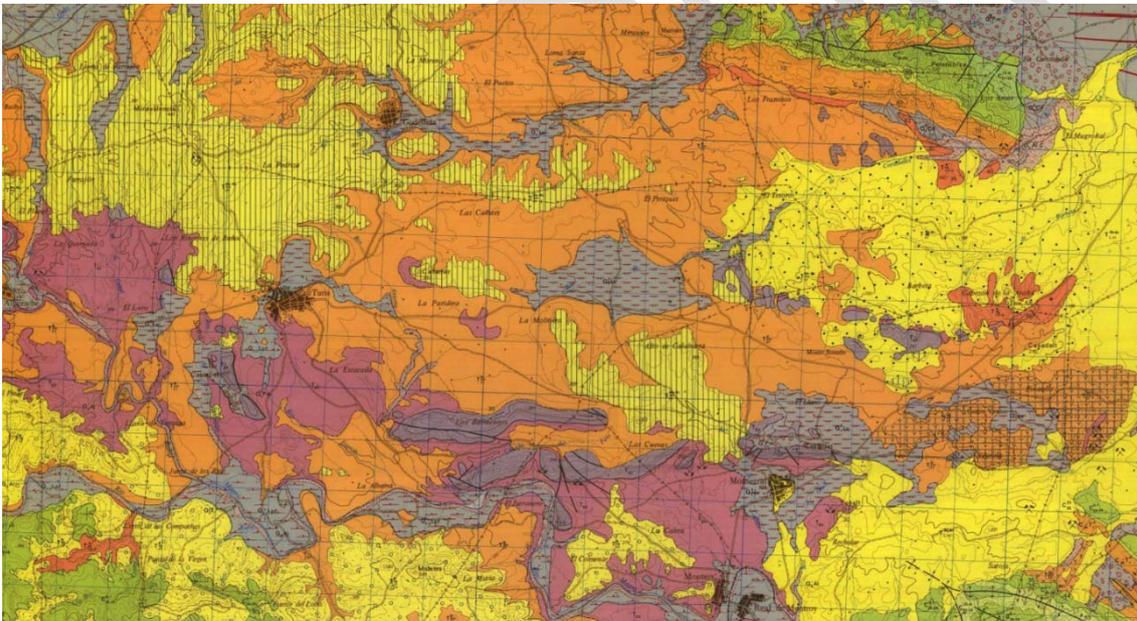


Figura Nº 5 Cartografía Geológica de la zona

5.2 Hidrogeología

En la zona de interés, la mayor parte de los terrenos son permeables. Únicamente la masa de arcillas y yesos triásicos forma una barrera impermeable de este a oeste.

Al norte de la misma se halla el extenso acuífero de Buñol-Cheste, que se desarrolla en el Mioceno detrítico. Este acuífero recibe una recarga lateral importante por el oeste y a su vez descarga hacia el este al acuífero detrítico cuaternario de la plana de Valencia Norte.

Por las características variables que tiene la formación Miocena en planta, su transmisividad hidráulica se va reduciendo hacia el sur. La barrera impermeable del Triásico se prolonga por el este hacia Picassent y las colinas de Espioca, donde se sitúa la presión y la factoría Ford, hasta la Albufera. Por tanto, esta banda separa dos ámbitos hidrológicos al norte y al sur de la misma.

La figura adjunta nos muestra el esquema del acuífero según el Plan Hidrológico de Cuenca (CHJ, 2015).

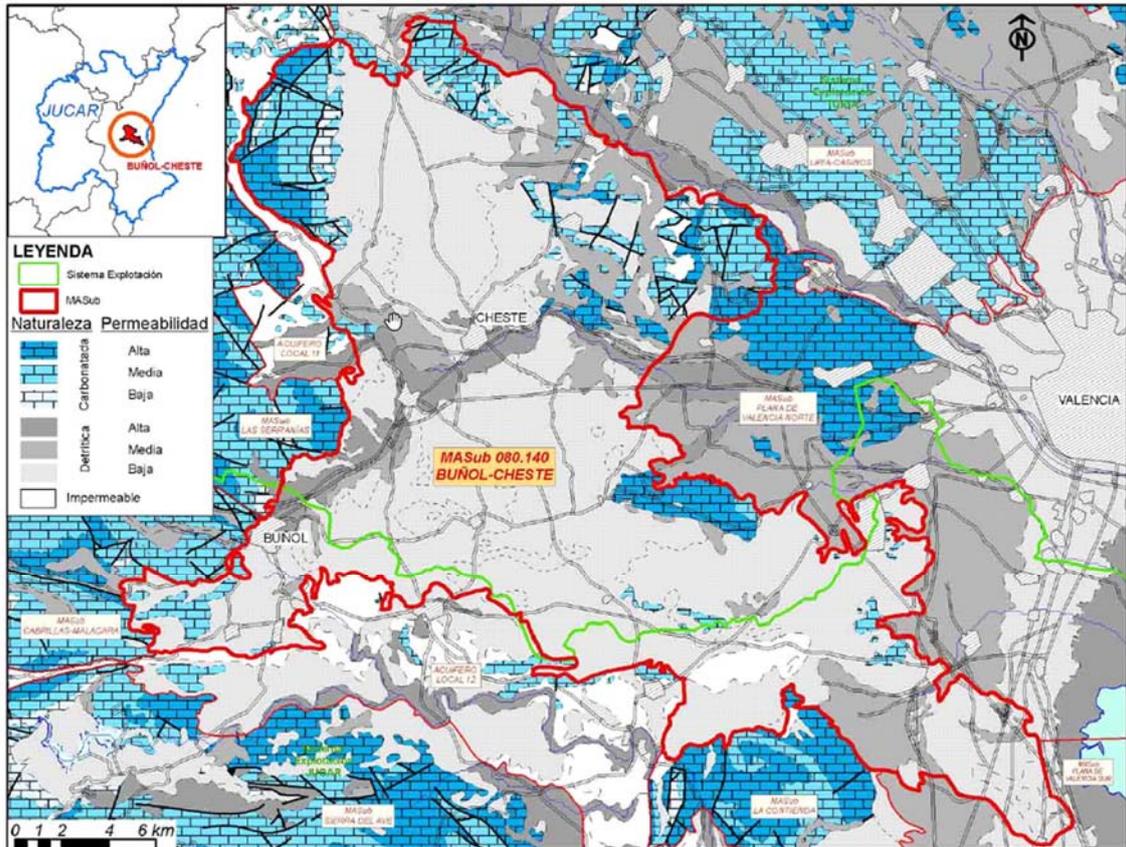


Figura N° 6 Mapa Hidrogeológico del acuífero de Buñol – Cheste (CHJ, 2015)

6. LÍNEAS BÁSICAS DE LA REUTILIZACIÓN

En la reutilización que se propone, es necesario adoptar algunas ideas básicas para el diseño de una solución factible.

La primera idea básica es la disponibilidad en Pinedo. La concesión a la Acequia del Oro, que es de 22,7 Hm³/año, se concentra en los meses de verano de mayo a agosto. Esto supone que en estos 4 meses la disponibilidad de agua regenerada es tan sólo de 1 Hm³/mes, cuando el resto de los meses es de 7,8 Hm³/mes.

Parece plausible aprovechar la infraestructura de impulsión ya construida y sin uso. Siendo su capacidad de 1,5 m³/s, esto supone una aportación máxima de 3,9 Hm³/mes. Sin embargo, como en los cuatro meses de verano ya están comprometidos los caudales para la acequia del Oro, la disponibilidad finalmente es de 1,8 Hm³/mes entre mayo y agosto y de 3,9 Hm³/año el resto del año. La reutilización máxima es por tanto de 38,4 Hm³/año.

Quiere esto decir que interesa aportar el agua regenerada en la forma más continua posible, haciendo uso de regulación en cola si se encuentra un almacenamiento.

Los recursos del verano es conveniente reservarlos para los usuarios con menos alternativas.

En esta situación vamos a limitar el suministro al máximo mes fuera de la estación de riegos, manteniendo esta cantidad durante el verano e intentando regular en cola del sistema los excedentes invernales. De este modo se maximiza el uso de la infraestructura y se consigue el mínimo coste del agua.

Vista la óptima estructura de bombeo y distribución existente, al menos en la mitad sur de la zona, parece lógico utilizar esta infraestructura de distribución al máximo, usando los bombes en uso conjunto para cubrir las puntas.

Con estas hipótesis, parece conveniente limitar al 6% de la demanda anual la cantidad de agua regenerada bombeada mensualmente.

Esto supone 1,32 Hm³/mes, como volumen de impulsión máximo.

Tomando dicha cifra como objetivo, el balance mensual sería el que presentamos en la tabla siguiente:

Mes	Demanda (Hm ³)	Bombeo de agua reutilizada	Déficit a cubrir	Volumen almacenado
Octubre	1,07	1,32	-	0,25
Noviembre	0,32	1,32	-	1,00
Diciembre	0,40	1,32	-	0,92
Enero	0,23	1,32	-	1,11
Febrero	0,21	1,32	-	1,11
Marzo	1,17	1,32	-	0,15
Abril	1,09	1,32	-	0,23
Mayo	1,55	1,32	0,23	-
Junio	3,35	1,32	2,03	-
Julio	4,89	1,32	3,57	-
Agosto	4,32	1,32	3,00	-
Septiembre	2,47	1,32	1,15	-
	21,07	15,84		4,77

Tabla nº 6. Reparto de la demanda en uso conjunto

Este esquema supone una necesidad de almacenamiento de 4,77 Hm³ y un aprovechamiento de 15,84 Hm³/año.

7. INFRAESTRUCTURAS PROYECTADAS

Con las premisas antes mencionadas se ha diseñado una solución para la redotación con agua regenerada y en uso conjunto.

Consta de 10 tramos de conducción y dos balsas de regulación en cola, además de mejoras en la red para el abastecimiento de Chestre.

7.1 Balsas de regulación

Se han proyectado dos embalses de regulación. El primero de ellos, se sitúa en la cola de la impulsión que lleva las aguas en tres tramos hasta la divisoria de aguas con el Magro, y el segundo en el centro de la zona, en el límite entre las zonas norte y sur.

La balsa de Venta Cabrera se diseña con una vaguada dominando la divisoria de aguas con el Magro, en término municipal de Montserrat. Esta balsa se propuso ya en 2016, en el contexto de la reutilización para el Magro medio y bajo. Por su situación, permite auxiliar tanto a estas zonas como a la Foia de Bunyol. De ella partirán dos conductos. Uno se dirige hacia el noroeste, hasta conectar con la red actual de Godelleta en el rebombado nº 3, contiguo a la segunda balsa. Otro conducto menor conecta con la cola del ramal de Turís y Montserrat de la red de Godelleta, cerrando una malla. De la cámara de rotura de carga de la conducción principal se deriva un conducto de auxilio que puede conectar de emergencia con los regadíos del canal del Magro, caso de sequía extrema en Forata.

La capacidad de la balsa es de 1,75 Hm³ y se halla entre las cotas 180 y 197, es decir, una altura de 17 m. Esto se consigue con un dique de cierre de 450 m. de desarrollo.



Figura N° 7 Balsa de Venta Cabrera

La balsa de Charco Bartolo se sitúa contigua a la carretera CV-417, en término municipal de Chiva. Se halla muy próxima al rebombeo n° 3 de Godelleta y al anillo de presión, de modo que éste puede alimentarse bien desde la balsa o directamente. Del mismo modo, domina por cota la mayor parte de la Comunidad de Regantes de Chiva y Cheste, por lo que desde ella puede partir el conducto que alimenta toda la zona norte.

La capacidad de la balsa es de 3 Hm³ y se halla entre las cotas 185 y 208, es decir, con una altura de 23 m. El dique de cierre tiene una longitud de 535 m.



Figura N° 8 Balsa de Charco Bartolo

En resumen, las características de las balsas son las siguientes:

Balsa	T.M.	Capacidad	Cota de coronación	Cota de fondo	Longitud de coronación	Altura
Venta Cabrera	Montserrat	1,75	197	180	450	17
Charco Bartolo	Chiva	3,00	208	185	535	23

Tabla n° 7. Características de los embalses

7.2 Conducciones

Se diseñan igualmente 10 conducciones.

El conducto general de impulsión parte de la conducción Catarroja-Benifaió en término de Silla y se dirige hasta la balsa de Venta Cabrera. Se dispone en 3 tramos, C-A1, C-A2 y C-A3.

El tramo C-A1 deriva del conjunto principal con una válvula que permite su funcionamiento alternativo o conjunto con el resto de la conducción. Se ha diseñado hasta la Acequia Real del Júcar, para posibilitar su uso aguas abajo de la toma de la elevación de emergencia al canal Júcar-Turia, rompiendo carga en una balsa de 10.000 m³. Por su cota, no necesita modificar los equipos de bombeo generales actualmente establecidos. Su capacidad y sección son en todo iguales a la conducción de la que deriva, es decir, 1,5 m³/s y sección de 1.200 mm. de diámetro.

El tramo C-A2 toma de la balsa anteriormente citada y eleva el agua hasta la balsa del sector X del canal Júcar-Turía, a cota 67. Se diseña para la totalidad del caudal disponible en la conducción, es decir, 1,5 m³/s, para su uso en los sectores 4 y X. Hay que resaltar que las aguas regeneradas no se mezclan en ningún momento con las del canal Júcar-Turía. Su sección será la misma que el tramo precedente, es decir, 1.200 mm.

El tramo C-A3 lleva el agua desde el canal Júcar-Turía hasta la balsa de Venta Cabrera, a la cota 197, por lo que su altura geométrica es considerable 130 m. Esta elevación puede fraccionarse según el coste. Se diseña para un caudal de 0,5 m³/s con una sección de 800 mm. de diámetro.

Del embalse de Venta Cabrera parten 2 conducciones:

La misión de la conducción D1 es conectar la balsa de Venta Cabrera con la red de Godelleta y la balsa de Charco Bartolo. Como la mayor parte de la zona se suministra desde dicho punto, se mantiene el caudal de diseño en 0,5 m³/s y el diámetro en 800 mm. Por su longitud, y por tener que superar varios puntos altos y vaguadas, resulta conveniente fraccionarla en dos, elevando en primer lugar el agua a una cámara de rotura de carga, y a continuación disponer el conducto para su funcionamiento por gravedad. Así pues, disponemos dos tramos.

La conducción C-D1.1 es una impulsión desde la toma de la balsa de Venta Cabrera, a cota 180, hasta una cumbre próxima a cota 240 donde rompe carga.

La conducción C-D1.2 tiene el agua de la cámara de rotura de carga a cota 240 y la lleva por su gravedad hasta la balsa de Charco Bartolo a cota 208. Al alcanzar el bombeo n° 3 de Godelleta, se dispone la conexión principal con la red de dicha comunidad de regantes.

El conducto C-D2.1 tiene como objetivo conectar la balsa de Venta Cabrera con la cola de la conducción de Godelleta que va a Turís y Montserrat, y a la zona de les Penyes Rojes. Se diseña para un caudal de 0,2 m³/s con un diámetro de 400 mm.

Adicionalmente, desde el conducto C-D1.2 se ha diseñado un conducto de emergencia a un punto intermedio del Canal del Magro. Aunque no se contempla su uso ordinario, es un elemento de conexión de emergencia, por si se produjera una sequía extrema en el embalse de Forata. Se le ha dado un caudal de 0,2 m³/s con diámetro de 400 mm.

A partir de la balsa de Charco Bartolo se desarrolla el conducto que conecta con la red de Cheste. Dicho conducto es una impulsión hasta la balsa de Pinos Veros, propiedad de dicha comunidad de regantes. Se diseña para el caudal total de la zona, para poder abastecer alternativamente a unos u otros sectores con la totalidad de la aportación. Por esa razón el conducto C-D4.1 se

ha diseñado para un caudal de 0,5 m³/s con una sección de 800 mm. de diámetro.

La red que conecta las diferentes balsas y pozos de la comunidad de Chiva-Cheste no está mallada. Por esta causa serán probablemente necesarias algunas actuaciones complementarias en la red.

La tabla N° 8 nos muestra en síntesis las características técnicas de los conductos, y las figuras adjuntas los trazados y las actuaciones propuestas.

BORRADOR

CONDUCTO	CLAVE	CAUDAL Q (m³/s)	LONGITUD (Km)	DIÁMETRO (mm)	COTAS (m.s.n.m)		ALTURA GEOMÉTRICA (m)
					INICIO	FINAL	
Prolongación de la conducción Catarroja-Benifaió hasta la Acequia Real del Júcar en Silla	C-A1	1,5	2,6	1.200	-	27	27
Impulsión Acequia Real – Canal Júcar-Turía	C-A2	1,5	4,7	1.200	27	67	40
Impulsión Canal Júcar-Turía a Balsa de Venta Cabrera	C-A3	0,5	9,7	800	67	197	130
Impulsión Balsa Venta Cabrera a Balsa Charca Bartolo							
Tramo I	C-D1.1	0,5	6,4	800	180	240	60
Tramo II	C-D1.2	0,5	10,0	800	240	208	-32
Impulsión Balsa Venta Cabrera a Penyes Rojas	C-D2.1	0,2	8,2	400	180	210	30
Conexión Rotura de carga con C-D2.1	C-D2.2	0,2	1,3	400	240	210	-30
Conexión de emergencia con el Canal del Magro	C-D3	0,2	3,4	400	199	230	31
Impulsión Balsa Charca Bartolo con balsa Pinos Veros y red de Cheste	C-D4.1	0,5	3,8	800	186	224	38
Ramal a riegos zona A-3 de Cheste	C-D4.2	0,1	1,8	300	190	172	-18

Tabla nº 8. Características técnicas de las conducciones diseñadas

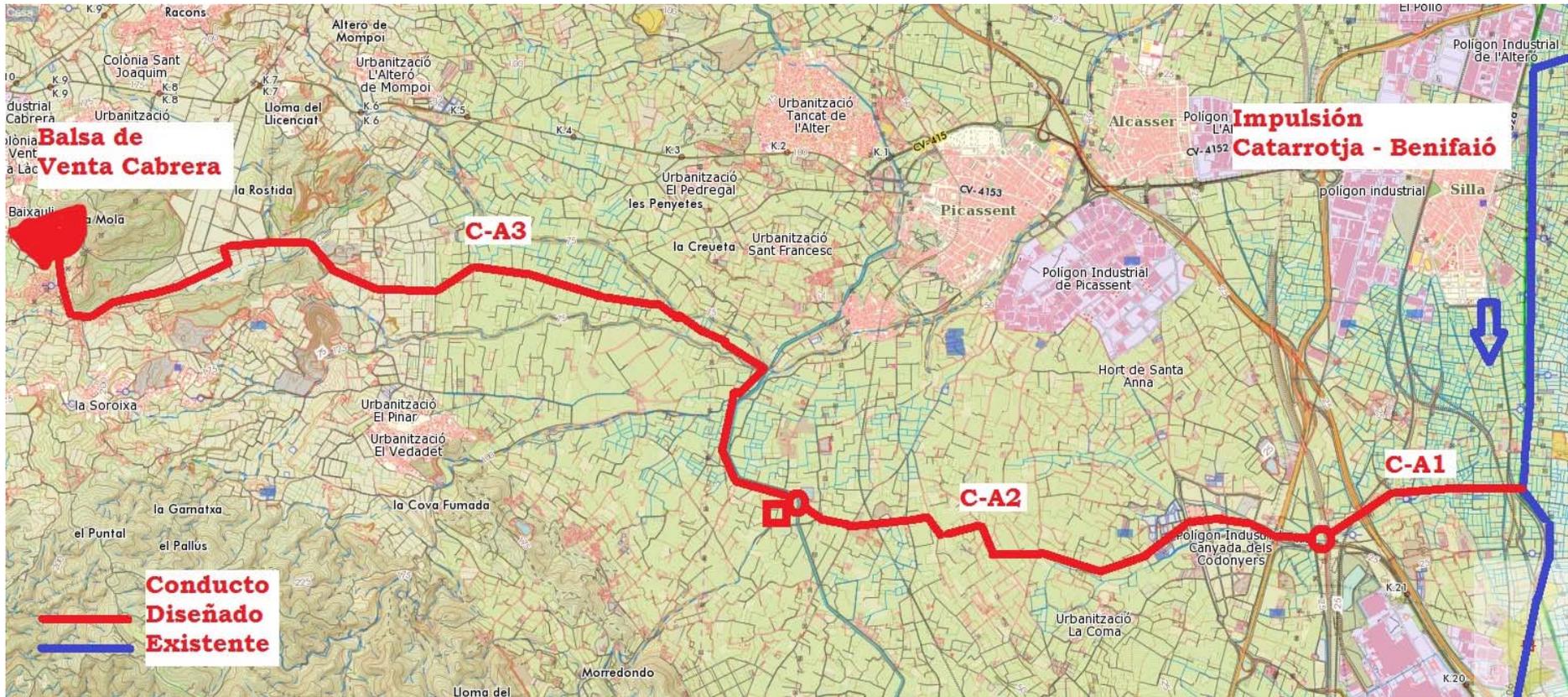


Figura N° 9 Trazado de la impulsión de alimentación.

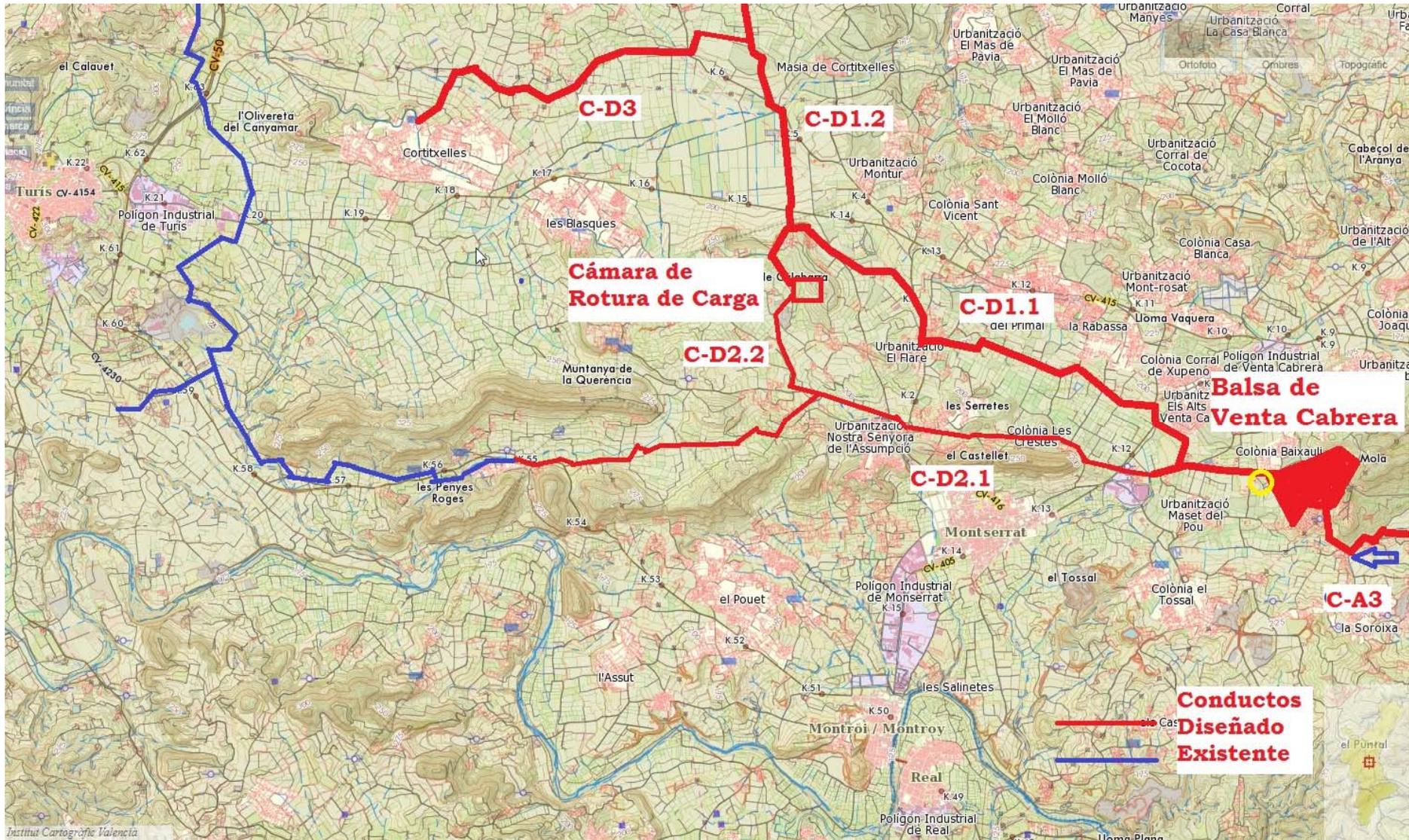


Figura Nº 10 Trazado de las infraestructuras diseñadas. Zona Turís – Monserrat

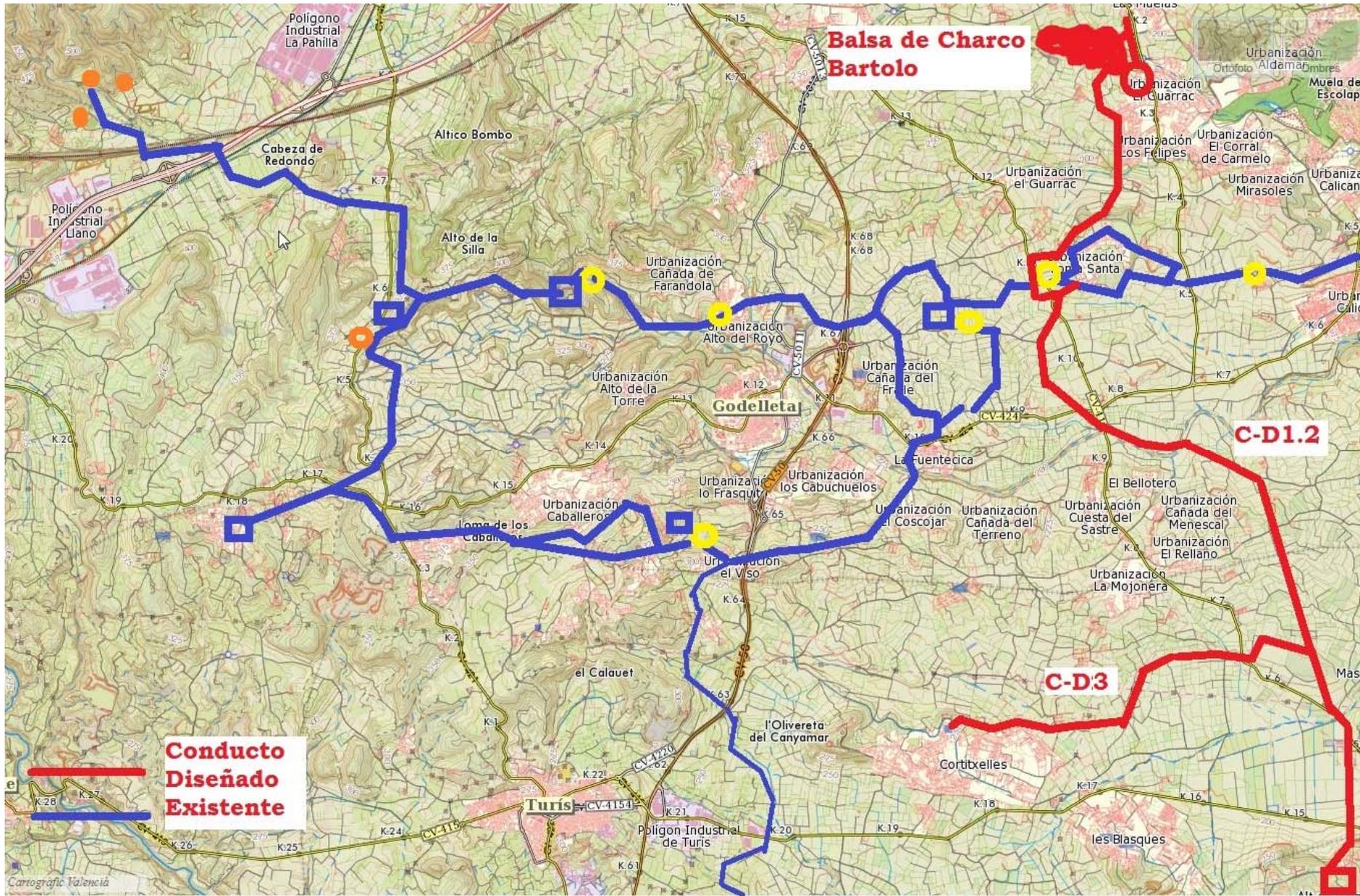


Figura N° 11 Trazado de las infraestructuras diseñadas. Zona Godolleta

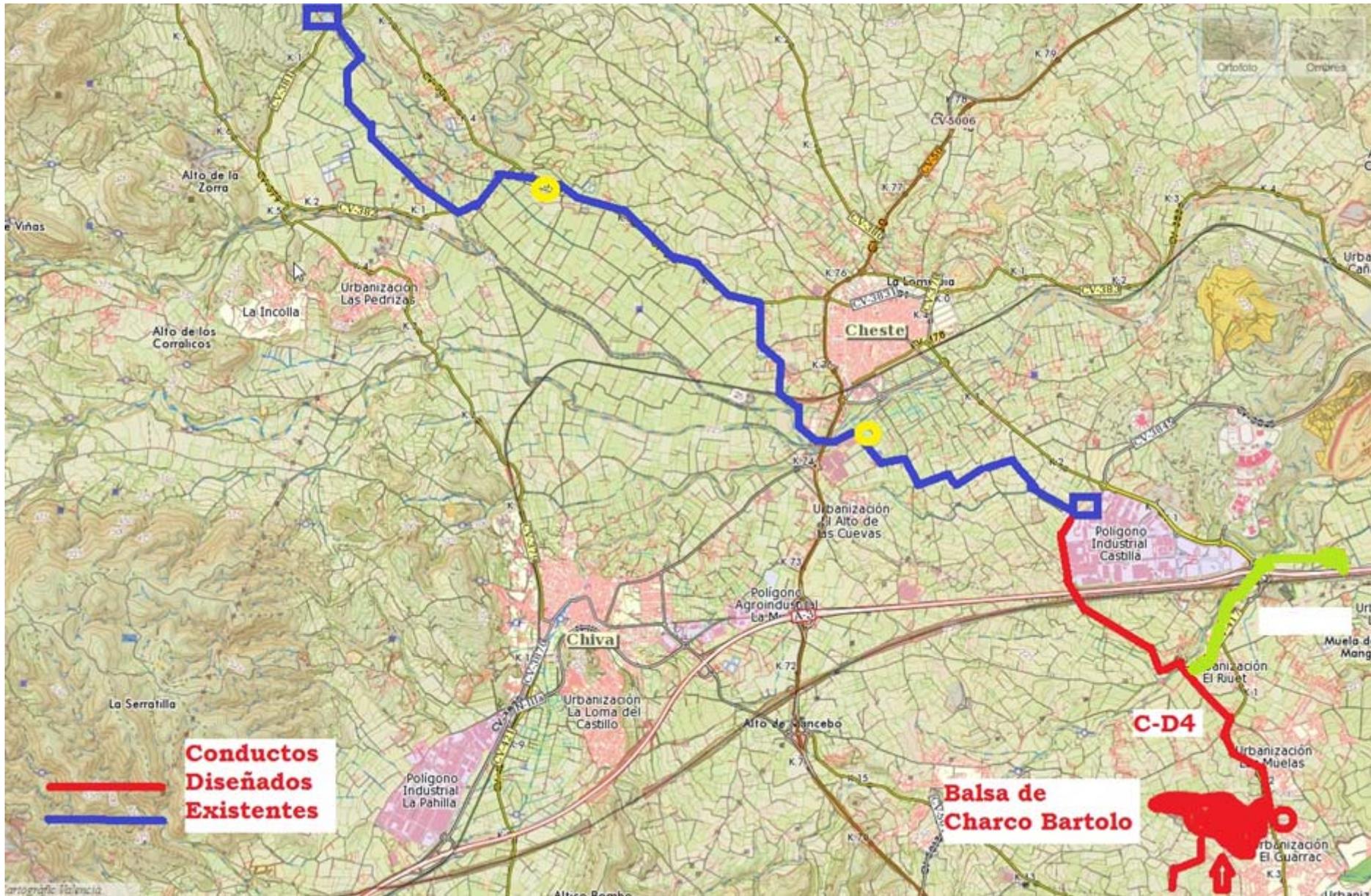


Figura N° 12 Trazado de las infraestructuras diseñadas. Zona Cheste - Chiva

8. CONCLUSIONES

Del presente estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La Foia de Bunyol se halla en un estado de penuria de recursos acentuada, que se refleja en el agotamiento y salinización de los pozos. Esta situación se centra en Godelleta y Cheste, así como en algunas zonas de Chiva, Turís y Monserrat.
2. Para resolver este problema se considera la posibilidad de utilizar las aguas residuales regeneradas de la EDAR de Pinedo, a través de la conducción ya construída y sin uso desde Catarrotja a Benifaió.
3. La disponibilidad de agua regenerada se evalúa en $37,6 \text{ Hm}^3$, pero a causa de la concesión existente al arrozal de la acequia del Oro, estas aguas se han de aprovechar de modo continuado a lo largo de todo el año, especialmente fuera de la estación de riegos.
4. Por esa causa es necesario dotar en cola de una regulación que se evalúa en $4,77 \text{ Hm}^3$.
5. La masa de agua que se halla en situación de escasez es fundamentalmente el acuífero de Buñol – Cheste, es decir, la masa de agua subterránea 080.140. Por esta razón los caudales a aportar lo han de ser en uso conjunto con los recursos del acuífero.
6. El sistema de riegos de la zona está constituido por las comunidades de regantes de Godelleta y de Cheste- Chiva, que totalizan 3500 has. Su demanda total es de $21,07 \text{ Hm}^3$ con una dotación de $6030 \text{ m}^3/\text{ha}$.
7. Estas comunidades, disponen de sendas redes muy modernizadas y conectadas, con campos de pozos, balsas y bombeos propios. En consecuencia, no es necesaria una red de distribución secundaria, basta con suministrar el agua en un punto del sistema. Por estas razones se ha desarrollado un sistema hidráulico para suministrar a la zona un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ derivando de la conducción a Benifaió en Silla y elevando las aguas a una balsa de regulación en Venta Cabrera de $1,75 \text{ Hm}^3$
8. A partir de dicha balsa una nueva impulsión suministra el agua a la comunidad de regantes de Godelleta y concluye en una nueva balsa, de Charco Bartolo con 3 Hm^3 de capacidad, a cota 208.
9. Por último, un nuevo conducto, suministra el agua a la red de Cheste – Chiva a partir de la balsa de Pinos Veros.
10. Este sistema es capaz de aprovechar un volumen anual de $15,84 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Valencia 30 de Noviembre de 2017



Fdo. Juan Bautista Marco Segura

BORRADOR

PLANOS

ANEJO DE CÁLCULO DE LA DOTACIÓN

Introducción

En este Anejo se procede al cálculo de las necesidades de riego medias de la zona regable con el objeto de obtener el caudal de diseño de las infraestructuras hidráulicas.

Para ello se empleará la metodología desarrollada por el Servicio de Tecnología del Riego (STR) del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

Cultivos

Según datos proporcionados por las propias comunidades de regantes, un 60% de la zona regable está dedicada al cultivo de cítricos, un 20% al cultivo de la vid y un 20% frutales (caqui principalmente y algo de albaricoque).

Datos agroclimáticos

El Servicio de Tecnología del Riego (STR) del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) cuenta con una red de estaciones meteorológicas que tienen como finalidad el cálculo de las necesidades de riego con datos meteorológicos reales tomados en las principales zonas de riego. En la comarca en cuestión cuenta con estaciones en la zona regable de Cheste y de Godelleta, siendo éstas las que emplearemos para realizar los cálculos de forma combinada. No se emplearán por separado, pues la estación de Godelleta solo opera desde 2013, por lo que los datos podrían no ser representativos, siendo mayor el error cometido por exceso o por defecto que el uso de otra estación más alejada de la zona regable. Empleando los datos de forma combinada, la programación anual resulta mucho más representativa.

Provincia: -- Provincia -- Estación Propia

	Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
<input checked="" type="checkbox"/>	Cheste	Valencia	Cheste	03/11/1999	03/11/1999	27/11/2017	Sin incidencias
<input checked="" type="checkbox"/>	Godelleta	Valencia	Godelleta	25/11/2013	26/11/2013	27/11/2017	Sin incidencias

Metodología

El objeto del cálculo es balancear las entradas y salidas de agua al suelo de forma diaria, en la que el riego es la variable a determinar (Ver figura 1). Posteriormente los resultados se agregan a la escala deseada que para el objeto que nos ocupa de diseño y dimensionado de infraestructuras hidráulicas, que será a escala mensual.

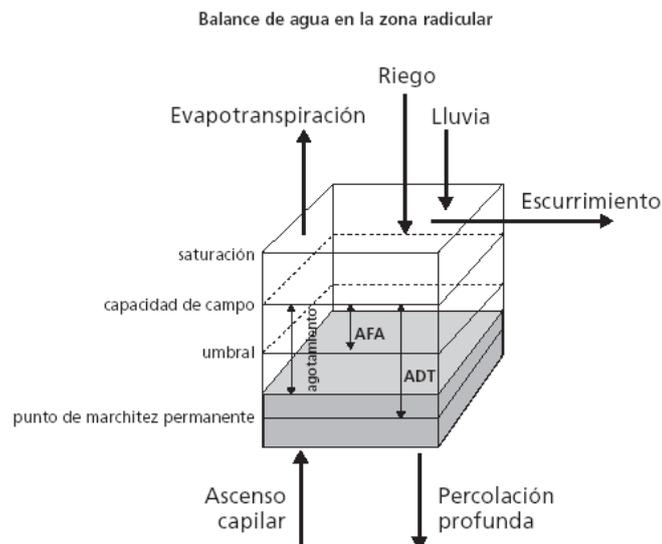


Figura 1. Balance de agua en el suelo. Fuente: Manual FAO-56.

Las necesidades de riego de un cultivo se obtienen a partir de la expresión:

$$ET_c = K_c ET_o$$

donde:

- ET_c : Evaporación de cultivo, en mm/día
- ET_o = Evapotranspiración de referencia, en $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$
- K_c : Coeficiente de cultivo.

La evapotranspiración de referencia se obtiene a partir de la fórmula de Penman-Montheith siguiendo las indicaciones del manual FAO-56, mediante la expresión:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Donde:

- ET_o = Evapotranspiración de referencia, en $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$
- Δ = pendiente de la curva que relaciona la presión de vapor con la temperatura del aire, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$.
- R_n = radiación neta en la superficie del cultivo, $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$.
- G = flujo térmico del suelo, $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$.
- U_z = velocidad del viento a la altura z , m s^{-1} .
- γ = constante psicrométrica, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$.
- $(e_s - e_a)$ = déficit de presión de vapor, kPa .
- T_{med} , temperatura media diaria, en $^\circ\text{C}$.
- λ = calor latente de vaporización, MJ kg^{-1} .

Tanto los valores de ET_c como de K_c son proporcionados por el STR. El primero procede de la aplicación del método FAO-56 a partir de las variables meteorológicas que registra la estación, y el segundo son el resultado de investigaciones específicas de cada cultivo en nuestras latitudes.

Una vez obtenida la evapotranspiración del cultivo, las necesidades de riego netas vienen dadas por el balance:

$$NR_n = ET_c - P_e - \Delta G \pm \Delta W$$

donde:

- ET_c : Evaporación de cultivo, en mm/día
- P_e : Precipitación efectiva, en mm/día
- ΔG : Aporte hídrico capilar, en mm/día
- ΔW : Variación de humedad del suelo entre dos riegos consecutivos, en mm/día

El aporte capilar en zonas como las que no ocupa con el nivel freático a mucha mayor profundidad que la zona de raíces es despreciable, por lo que se elimina de la ecuación.

La escorrentía no se obtiene de forma explícita, pues no es el objetivo, sino que se evalúa a partir de la precipitación que finalmente entra al suelo, denominada precipitación efectiva P_e , la cual se obtiene de la expresión:

$$P_e = P_u \cdot F_{pe}$$

donde:

- P_e , precipitación efectiva, en mm
- P_u , precipitación utilizable, en mm
- F_{pe} , factor de precipitación efectiva

F_{pe} es un factor que depende del área sombreada por el cultivo A_s , con un valor máximo para F_{pe} de 0,8 en cítricos, 0,75 en frutales y hortícolas en verano, y 0,25 en invierno.

$$F_{pe} = 1.25 \times A_s / 100$$

- A_s , fracción de área sombreada obtenido a partir de:

$$A_s = \frac{\pi D^2}{4 a x b}$$

siendo:

- D , diámetro de la sombra creada por la copa de los árboles, en m
- axb , marco de plantación, en m

Dado que el riego evaluado es localizado de alta frecuencia, la variación de humedad de suelo es pequeña, por lo que finalmente las necesidades de riego netas provienen de la simplificación:

$$NR_n = ET_c - P_e$$

Necesidades totales de riego o necesidades brutas

La percolación profunda no debería producirse, sin embargo, dado que los sistemas de riego no pueden aplicar exactamente la misma cantidad de agua en todos sus puntos de emisión, al aplicar la dosis neta en los puntos de menor descarga, se produce una cierta pérdida por percolación en

los puntos de mayor aporte de agua. Estas pérdidas se tendrán en cuenta mediante un coeficiente que denominaremos **eficiencia del riego (ER)**, y que el STR cifra para riego por goteo en un 90%.

Por otro lado, debemos tener en cuenta que si se emplean aguas salinas, es necesario aplicar una fracción de lavado para evitar la acumulación de sales en la zona de raíces.

En riego por goteo:

$$LR = \frac{CE_r}{2 \cdot CE_{max}}$$

donde:

- CE_r , conductividad eléctrica del agua de riego, en mmhos/cm
- CE_{max} , conductividad eléctrica que producirá en el cultivo unas pérdidas del 100% de la cosecha.

En función de la conductividad eléctrica del agua de riego, puede ocurrir que el exceso de agua aplicado por la falta de eficiencia sea suficiente para cubrir las necesidades de lavado, o por el contrario sea necesario aplicar una dosis adicional por este concepto, por lo que finalmente las necesidades de riego brutas o totales vendrán dadas por la expresión:

$$NT_r = \max \left[\frac{NR_n}{ER}; \frac{NR_n}{1-LR} \right]$$

donde:

- NT_r , necesidades totales de riego, en mm·dia⁻¹

Resultados

De la aplicación práctica de la metodología expuesta, se obtienen los resultados que a continuación se detallan por cultivos. Para su obtención se ha empleado la aplicación web del STR.

Cítricos:

Mes	ETo mm	Kc	ETc mm	P mm	Pu mm	Pe mm	Nec. Riego Netas mm	Nec. Riego brutas mm	m ³ /ha
Enero	47,8	0,623	29,8	34,57	29,73	23,36	6,44	7,96	79,58
Febrero	56,81	0,614	34,87	28,31	27,21	21,38	13,49	16,67	166,66
Marzo	86,61	0,623	53,99	64,44	47,69	37,47	16,53	20,41	204,14
Abril	107,06	0,586	62,68	48,66	42,83	33,65	29,04	35,87	358,69
Mayo	137,18	0,519	71,25	48,83	37,42	29,4	41,85	51,7	516,99
Junio	155,93	0,586	91,3	24,65	23,4	18,38	72,91	90,07	900,71
Julio	163,46	0,642	104,94	18,26	17,27	13,57	91,37	112,87	1128,74
Agosto	139,59	0,746	104,13	16,92	16,77	13,17	90,96	112,36	1123,63
Septiembre	102,39	0,698	71,52	51,13	43,78	34,39	37,13	45,86	458,61
Octubre	69,86	0,793	55,39	60,81	37,07	29,12	26,27	32,45	324,48
Noviembre	40,45	0,69	27,89	45,76	39,09	30,71	0	0	0

Diciembre	33,64	0,594	20	48,58	35,34	27,76	0	0	0
TOTALES	1140,78	0,643	727,76	490,92	397,6	312,35	425,99	526,22	5262,24

Vid

Mes	ETo mm	Kc	ETc mm	P mm	Pu mm	Pe mm	Nec. Riego Netas mm	Nec. Riego brutas mm	m ³ /ha
Enero	47,8	0	0	34,57	29,73	22,3	0	0	0
Febrero	56,81	0	0	28,31	27,21	20,41	0	0	0
Marzo	86,61	0	0	64,44	47,69	35,77	0	0	0
Abril	107,06	0,149	15,95	48,66	42,83	32,12	0	0	0
Mayo	137,18	0,248	34,05	48,83	37,42	28,07	5,99	7,4	73,99
Junio	155,93	0,351	54,71	24,65	23,4	5,85	48,86	60,36	603,56
Julio	163,46	0,549	89,81	18,26	17,27	4,32	85,5	105,61	1056,15
Agosto	139,59	0,549	76,7	16,92	16,77	4,19	72,51	89,57	895,67
Septiembre	102,39	0,401	41,01	51,13	43,78	10,95	30,06	37,14	371,37
Octubre	69,86	0,248	17,34	60,81	37,07	27,8	0	0	0
Noviembre	40,45	0,149	6,03	45,76	39,09	29,32	0	0	0
Diciembre	33,64	0	0	48,58	35,34	26,51	0	0	0
TOTALES	1140,78	0,22	335,6	490,92	397,6	247,59	242,92	300,07	3000,75

Caqui

Mes	ETo mm	Kc	ETc mm	P mm	Pu mm	Pe mm	Nec. Riego Netas mm	Nec. Riego brutas mm	m ³ /ha
Enero	47,8	0	0	34,57	29,73	20,43	0	0	0
Febrero	56,81	0	0	28,31	27,21	18,7	0	0	0
Marzo	86,61	0,247	21,37	64,44	47,69	32,77	0	0	0
Abril	107,06	0,58	62,06	48,66	42,83	29,43	32,63	40,31	403,09
Mayo	137,18	0,723	99,18	48,83	37,42	25,71	73,47	90,75	907,54
Junio	155,93	0,913	142,31	24,65	23,4	16,08	126,23	155,93	1559,32
Julio	163,46	1,156	188,92	18,26	17,27	11,87	177,06	218,72	2187,18
Agosto	139,59	1,229	171,59	16,92	16,77	11,52	160,06	197,73	1977,26
Septiembre	102,39	1,499	153,53	51,13	43,78	30,08	123,45	152,49	1524,93
Octubre	69,86	1,454	101,56	60,81	37,07	25,47	76,09	94	939,97
Noviembre	40,45	0,766	31	45,76	39,09	26,86	4,15	5,12	51,21
Diciembre	33,64	0	0	48,58	35,34	24,28	0	0	0
TOTALES	1140,78	0,714	971,52	490,92	397,6	273,19	773,13	955,05	9550,49

Albaricoque

Mes	ETo mm	Kc	ETc mm	P mm	Pu mm	Pe mm	Nec. Riego Netas mm	Nec. Riego brutas mm	m ³ /ha
Enero	47,8	0	0	34,57	29,73	20,43	0	0	0
Febrero	56,81	0	0	28,31	27,21	18,7	0	0	0
Marzo	86,61	0,293	25,4	64,44	47,69	32,77	0	0	0
Abril	107,06	0,468	50,05	48,66	42,83	29,43	20,62	25,47	254,74
Mayo	137,18	0,604	82,79	48,83	37,42	25,71	57,08	70,51	705,07
Junio	155,93	0,429	66,93	24,65	23,4	16,08	50,85	62,82	628,21
Julio	163,46	0,404	66	18,26	17,27	11,87	54,13	66,87	668,68
Agosto	139,59	0,404	56,36	16,92	16,77	11,52	44,84	55,39	553,87

Septiembre	102,39	0,404	41,34	51,13	43,78	30,08	11,26	13,91	139,08
Octubre	69,86	0,404	28,21	60,81	37,07	25,47	2,74	3,38	33,79
Noviembre	40,45	0	0	45,76	39,09	26,86	0	0	0
Diciembre	33,64	0	0	48,58	35,34	24,28	0	0	0
TOTALES	1140,78	0,284	417,07	490,92	397,6	273,19	241,52	298,34	2983,44

Teniendo en cuenta los porcentajes de cada cultivo, las necesidades medias ponderadas por hectárea resultan:

	Vid	Cítricos	Caqui	Albaricoque	TOTAL PONDERADO
Mes	m ³ /Ha				
Enero	0	79,58	0	0	51,73
Febrero	0	166,66	0	0	108,33
Marzo	0	204,14	0	0	132,69
Abril	0	358,69	403,09	254,74	286,19
Mayo	73,99	516,99	907,54	705,07	476,85
Junio	603,56	900,71	1559,32	628,21	893,52
Julio	1056,15	1128,74	2187,18	668,68	1197,06
Agosto	895,67	1123,63	1977,26	553,87	1134,91
Septiembre	371,37	458,61	1524,93	139,08	531,82
Octubre	0	324,48	939,97	33,79	306,60
Noviembre	0	0	51,21	0	5,12
Diciembre	0	0	0	0	0,00
TOTALES	3000,75	5262,24	9550,49	2983,44	5339,24