



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



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

31 de marzo de 2018

Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. DISPONIBILIDAD	5
3. ANTECEDENTES DE PLANEAMIENTO EN LA REUTILIZACIÓN	7
4. LOS REGADÍOS DEL ACUÍFERO DE BUNYOL-CHESTE.....	11
4.1 <u>Regadíos de Godelleta y Turís</u>	11
4.2 <u>Regadíos de Cheste-Chiva</u>	13
4.3 <u>Los regadíos según la planificación hidrológica</u>	14
5. EL ACUÍFERO DE CHESTE-BUÑOL.....	17
5.1 <u>Geología</u>	17
5.2 <u>Hidrogeología</u>	18
6. LÍNEAS BÁSICAS DE LA REUTILIZACIÓN	20
7. INFRAESTRUCTURAS PROYECTADAS.....	24
7.1 <u>Balsas de regulación</u>	24
7.2 <u>Conducciones</u>	26
8. EVALUACIÓN ENERGÉTICA	37
9. ESTUDIO ECONÓMICO	41
10. CONCLUSIONES.....	47
ANEJO DE CÁLCULO DE LA DOTACIÓN	

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 Godella, en particular en este último, así como en la parte norte de los términos municipales de Turis 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
- Godella
- Turis
- 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.

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 Nº 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

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 2. 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-Turia. 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-Turia abasteciendo en su toma a los sectores 4 y X. La conducción proyectada continúa hasta la balsa de Venta Cabrera en término de Monserrat, situada a la cota 197, y que se diseña con una capacidad de 1,75 Hm³. Una cubicación más detallada indica que la capacidad de esta balsa puede incrementarse hasta 2,25 Hm³.

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

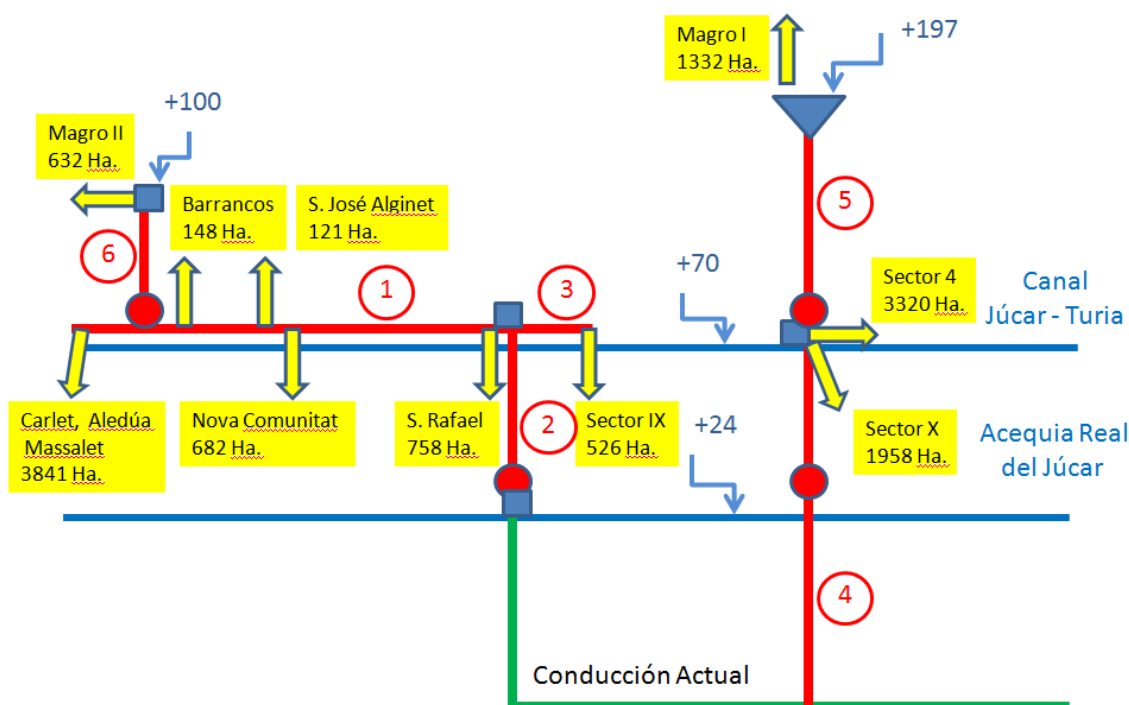


Figura Nº 2. Esquema previo propuesto para reutilización (IIAMA, 2016)

De estos regadíos hay que señalar que los correspondientes al canal Júcar-Turia 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-Turia, 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 Godella, 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 y Turís

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.

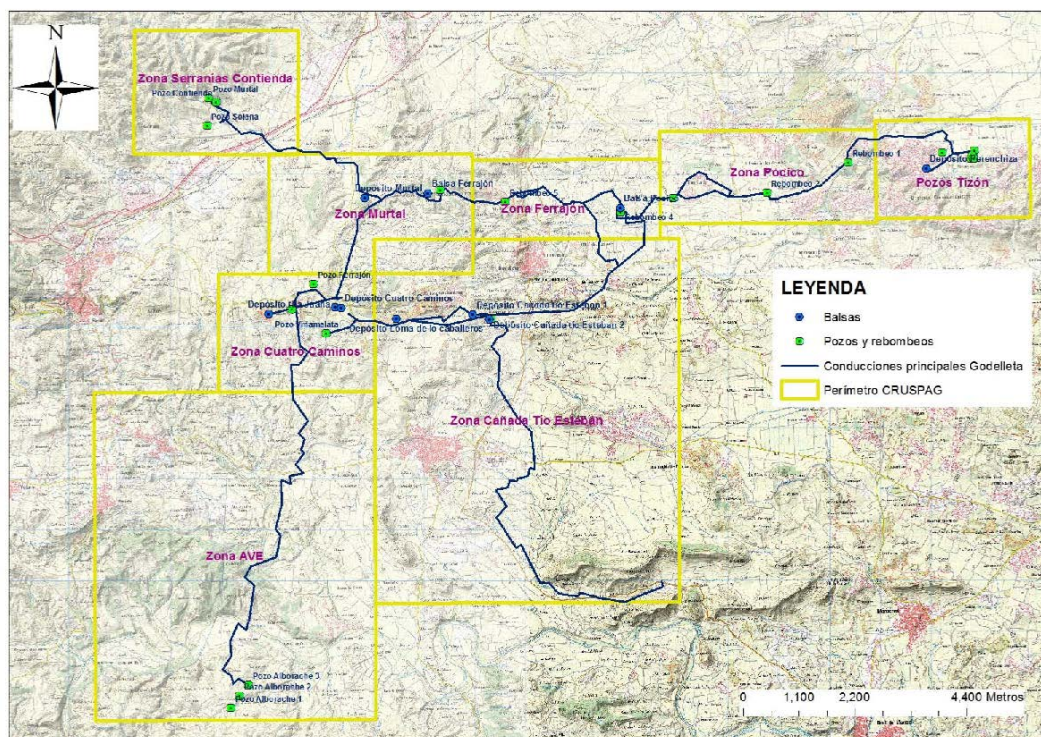


Figura Nº 3 Red existente de la Comunidad de Regantes de Godelleta

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.

Dentro de la comunidad de regantes de Godelleta se integra una parte de los regadíos de Turís. Los regadíos de este municipio son muy complejos y fraccionados dada la situación de su término municipal a caballo entre dos cuencas. Aparte de los regadíos integrados con Godelleta, hay que contar con los riegos del Canal del Magro, y los riegos tradicionales de dicho río, integrados en la comunidad de Regantes del embalse de Forata, así como regadíos dispersos con aguas subterráneas.

La figura adjunta nos muestra un esquema de los riegos de Turís.

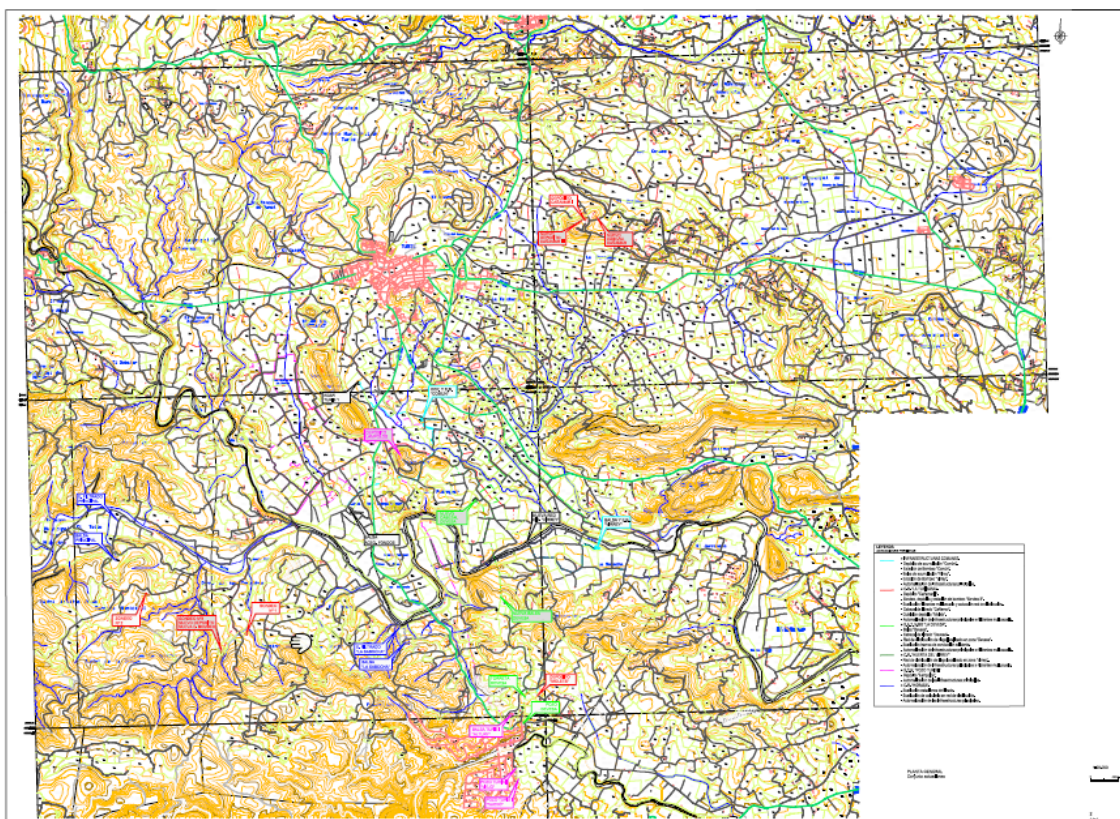


Figura N° 4 Regadíos de Turis.

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 Godelleta, 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 rebombea 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 de La Herencia.

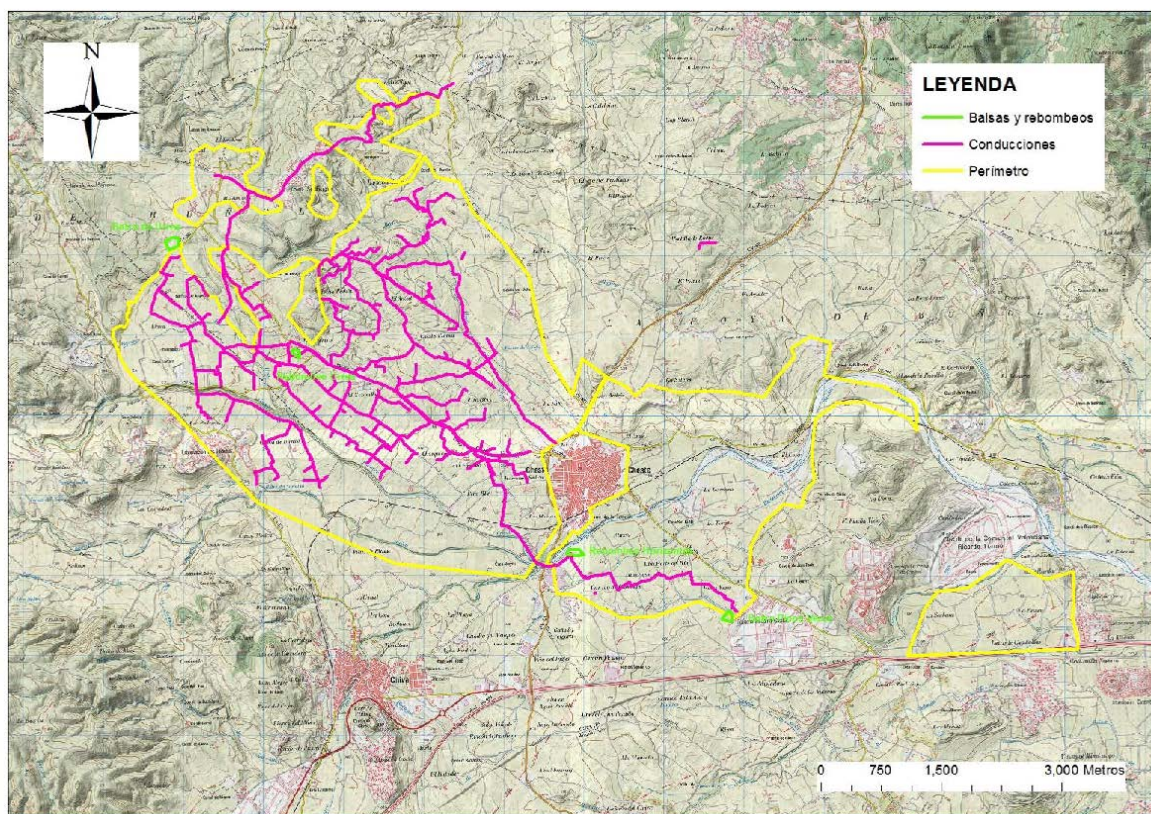


Figura Nº 5 Red existente de la Comunidad de Regantes de Cheste - Chiva

El plano nº 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 nº 3. 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 N° 6 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 n° 4. Curvas de Demanda (hm³/mes)

De igual modo, calculamos la demanda de los sectores 4 y X del Canal Júcar-Turisa. Consideramos la curva de demanda de cítricos y frutal con una demanda bruta anual de 63,19 m³/ha-año. La curva de demanda se presenta en la tabla adjunta.

Mes	Demanda (m ³ /ha)	Demanda (Hm ³)
Enero	201	1,06
Febrero	396	1,83
Marzo	604	3,19
Abril	580	3,06
Mayo	799	4,22
Junio	966	9,10
Julio	1.053	5,56
Agosto	892	4,71
Septiembre	557	2,94
Octubre	259	1,37
Noviembre	46	0,24
Diciembre	46	0,24
	6.395	33,51

Tabla nº 5 . Curva de demanda de los riegos del canal Júcar – Turisa. Sectores X y 4 (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 estatigráfica 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.

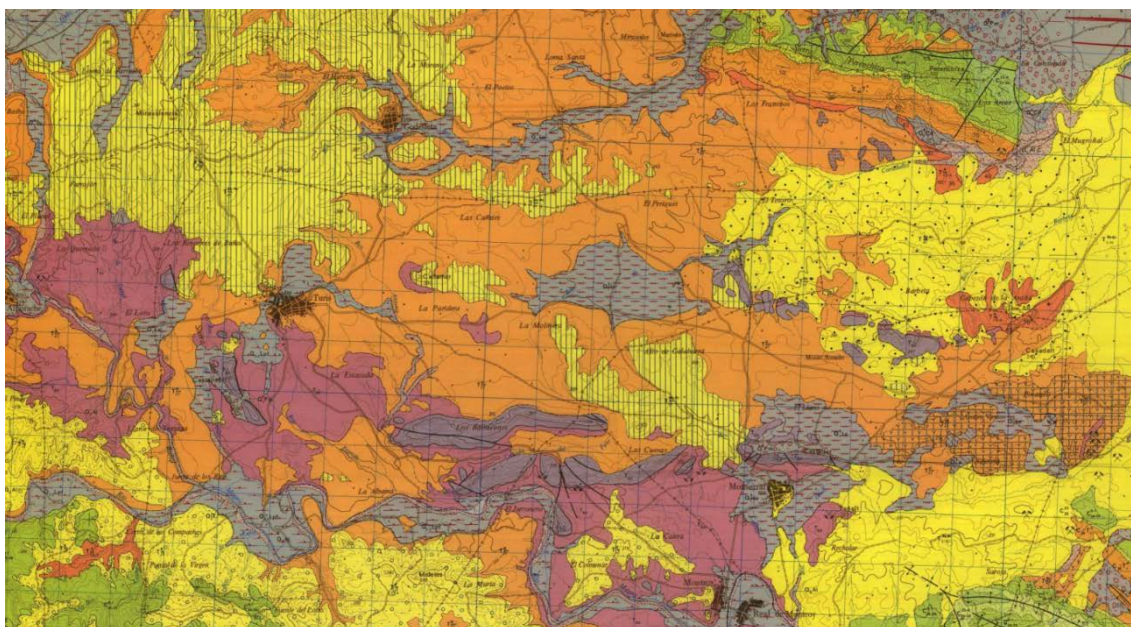


Figura Nº 7 Cartografía Geológica de la zona

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 prisión 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).

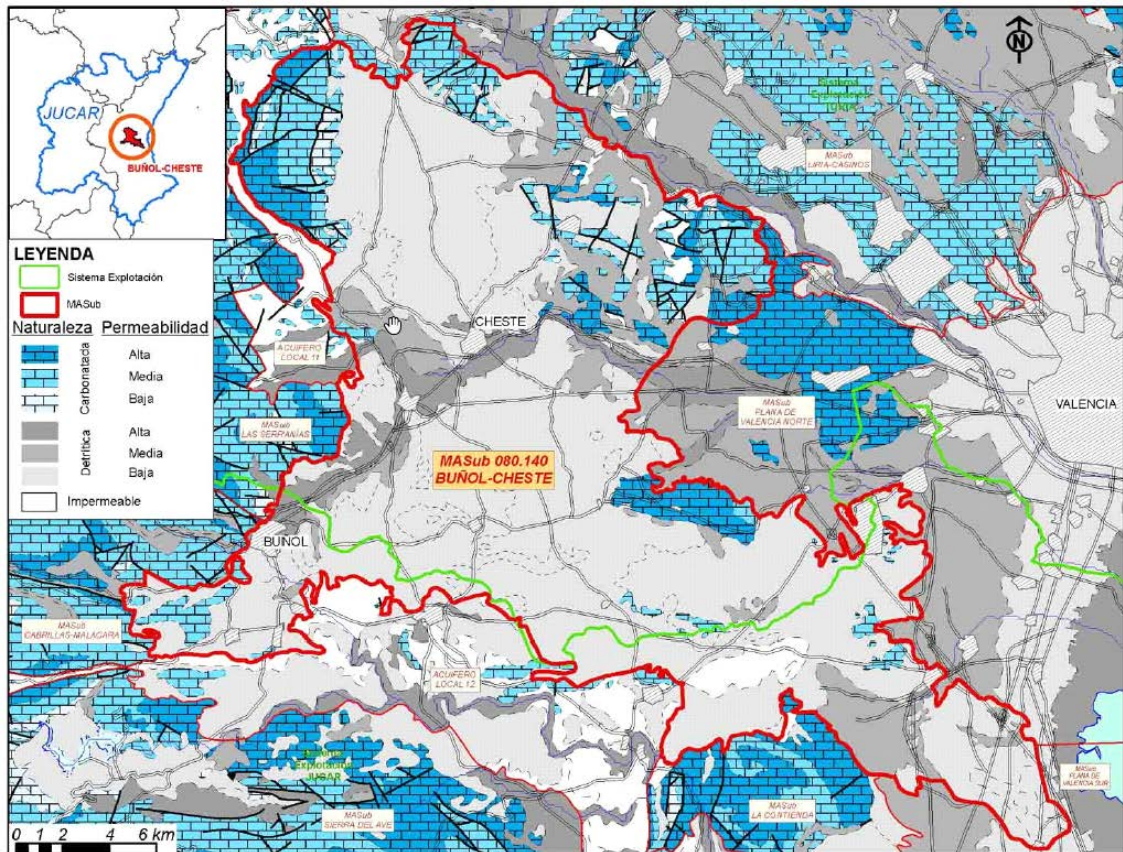


Figura N° 8 Mapa Hidrogeológico del acuífero de Buñol – Cheste (CHJ, 2015)

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 bombeos 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 para los regantes de la Foia de Bunyol que son los prioritarios.

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	9.98	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 en esta zona.

Para las 5.278 has. de los sectores 4 y X del canal Júcar - Turia la demanda de agua es de 33,51 hm³. Procederemos a continuación a determinar la parte de esta demanda que puede suministrarse con el esquema de reutilización que se diseña.

Asumiremos que el bombeo a la Foia de Bunyol tiene preferencia, ya que carece de fuentes alternativas de suministro. Para ello, descontaremos mes a mes de la disponibilidad precedente de Pinedo, el volumen enviado a la Foia de Bunyol a caudal continuo. El cálculo se presenta en la tabla adjunta.

Mes	Disponibilidad en Pinedo (Hm ³)	Enviado a la Foia de Bunyol (Hm ³)	Disponible para el canal Júcar-Turia (Hm ³)
Enero	3,8	1,32	2,48
Febrero	3,8	1,32	2,48
Marzo	3,8	1,32	2,48
Abril	3,8	1,32	2,48
Mayo	1,8	1,32	0,48
Junio	1,8	1,32	0,48
Julio	1,8	1,32	0,48
Agosto	1,8	1,32	0,48
Septiembre	3,8	1,32	2,48
Octubre	3,8	1,32	2,48
Noviembre	3,8	1,32	2,48
Diciembre	3,8	1,32	2,48
Total	37.6	15.84	21.76

Tabla nº 7. Disponibilidad de recursos para el canal Júcar-Turia sectores X y 4

La disponibilidad se compara con la demanda de los sectores X y 4 del Canal Júcar-Turia, y con la capacidad de bombeo de la impulsión B1 en dos

situaciones, en primer lugar considerando suministro eléctrico conectado a red, como se presenta en la tabla adjunta.

Mes	Disponibilidad	Demanda	Capacidad de impulsión	Volumen reutilizado canal Júcar-Turía
Enero	2,48	1,06	2,57	1,06
Febrero	2,48	1,83	2,57	1,83
Marzo	2,48	3,19	2,57	2,48
Abril	2,48	3,06	2,57	2,48
Mayo	0,48	4,22	2,57	0,48
Junio	0,48	5,10	2,57	0,48
Julio	0,48	5,56	2,57	0,48
Agosto	0,48	9,71	2,57	0,48
Septiembre	2,48	2,99	2,57	2,98
Octubre	2,48	1,37	2,57	1,37
Noviembre	2,48	0,24	2,57	0,24
Diciembre	2,48	0,24	2,57	0,24
Total	21.76	33.51	30,84	13,70 Hm³

Tabla nº 8 Recursos reutilizables en el canal Júcar – Turia. Sectores X y 4 (hm³/mes). Situación con los bombeos conectados a red eléctrica.

El volumen reutilizable es la menor de las tres cantidades. Durante los meses de octubre a febrero la reutilización viene dada por la demanda del sector. Entre marzo y abril y septiembre la limita la disponibilidad y la capacidad del bombeo y entre mayo y agosto la disponibilidad en Pinedo. La capacidad de bombeo es óptima.

Repetiremos el cálculo, considerando que sólo disponemos de energía solar para el bombeo produciendo la capacidad según la curva de insolación. El cálculo se muestra en la tabla Nº 9.

Vemos que, en este caso, la reutilización viene limitada por la disponibilidad del recurso entre mayo y agosto y por la disponibilidad de energía el resto del año, de modo muy drástico, por lo que el volumen reutilizado se reduce a 4,65 Hm³/año y se encarece en exceso. Para este caso, y ya que no se dispone de lugares aptos para regulación en cola, parece evidente que la impulsión nº 1 precisa estar conectada a la red a diferencia del resto, que podrían no estarlo.

En síntesis, el esquema propuesto es capaz de suministrar a la Foia de Bunyol la mayor parte de la demanda, es decir, 15,84 Hm³ y a los sectores X y 4 del canal Júcar-Turía, un suplemento de 13,7 Hm³, es decir, el 40% de su demanda. El volumen máximo reutilizable ascendería a 29,54 Hm³/año.

Mes	Disponibilidad	Demanda	Capacidad de impulsión no utilizada	Volumen reutilizado canal Júcar-Turia
Enero	2,48	1,06	-	-
Febrero	2,48	1,83	-	-
Marzo	2,48	3,19	0,30	0,30
Abril	2,48	3,06	0,62	0,62
Mayo	0,48	4,22	0,95	0,48
Junio	0,48	5,10	1,25	0,48
Julio	0,48	5,56	1,25	0,48
Agosto	0,48	4,71	1,25	0,48
Septiembre	2,48	2,94	0,95	0,95
Octubre	2,48	1,37	0,62	0,62
Noviembre	2,48	0,24	0,30	0,24
Diciembre	2,48	0,24	-	-
Total	21.76	33.51	7.49	4,65 Hm³

Tabla nº 9 Recursos reutilizables en el canal Júcar – Turia. Sectores X y 4 (hm³/mes). Situación con los bombeos exclusivamente con energía solar,

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 9 tramos de conducción y dos balsas de regulación en cola, además de mejoras en la red para el abastecimiento de Cheste.

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 rebombeo 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 2,53 Hm³ y se halla entre las cotas 182,5 y 200, es decir, una altura de 17,5 m. Esto se consigue con un dique de cierre de 717 m. de desarrollo y un volumen de 218.100 m³



Figura N° 9 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 $2,28 \text{ Hm}^3$ y se halla entre las cotas 185 y 203, es decir, con una altura de 18 m. El dique de cierre tiene una longitud de 697 m. y una cubicación de 163.300 m^3

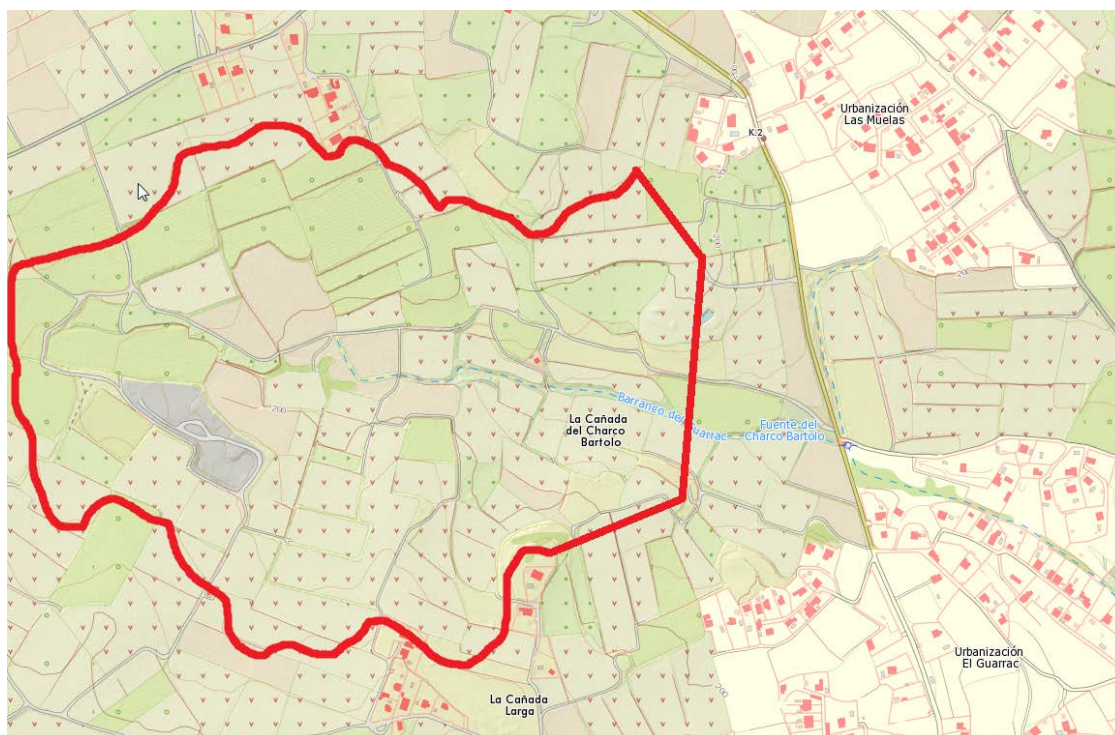


Figura N° 10 Balsa de Charco Bartolo

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	2.53	200	182.50	717	17.5
Charco Bartolo	Chiva	2.28	203	185	697	18

Tabla n° 10. Características de los embalses

7.2 Conducciones

Se diseñan igualmente 9 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 4 tramos, C-A1, C-A2 , C-A3.1 y C-A3.2

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-Turía, 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 desarrollo de la conducción es de 2.256 m.

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 70. Se diseña para la totalidad del caudal disponible en la conducción, es decir, $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, 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. y su desarrollo es de 5.432 m.

El tramo C-A3 lleva el agua desde el canal Júcar-Turía hasta la balsa de Venta Cabrera, a la cota 200, por lo que su altura geométrica es considerable 130 m. Esta elevación puede fraccionarse en dos C-A3.1 y C-A3.2 ya que en su trazado previsto existe un lugar muy apto para construir una balsa de rotura de carga, contigua al barranco de Niñerola y a la balsa de acumulación del sector 4 de elevación del Canal Júcar –Turía. Se diseña para un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ con una sección de 700 mm. de diámetro. El conducto C-A3.1 tiene un desarrollo de 6.365 m. y eleva el agua desde la cota 70m hasta la 145m. El conducto C-A3.2 lo toma desde dicha cota hasta la balsa de Venta Cabrera a cota 200,. Su desarrollo es de 2.707 m. De este modo ambas conducciones pueden construirse de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Aparte de las ventajas funcionales que tiene el poder auxiliar al sector cuatro, una sola conducción requeriría su construcción en acero.

Del embalse de Venta Cabrera parten una conducción que eleva el agua hasta una balsa de rotura de carga a la cota 240. Esto nos permite el que la distribución pueda realizarse a menor presión, con conductos más flexibles de polietileno de alta densidad, y a menor presión, así como evitar los golpes de ariete en el resto de los conductos.

La misión de la conducción D1 es conectar la balsa de Venta Cabrera con la citada cámara de rotura de carga. Como la totalidad de la zona se suministra desde dicho punto, se mantiene el caudal de diseño en $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y el diámetro en 700 mm.

La conducción D1 es una impulsión desde la toma de la balsa de Venta Cabrera, a cota 182, hasta una cumbre próxima a cota 240 donde rompe carga. Se diseña al igual que las otras impulsiones en Poliéster reforzado con fibra de vidrio. Su desarrollo es de 6.508 m.

La conducción D2 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 203. Al alcanzar el bombeo nº 3 de Godelleta, se dispone la conexión principal con la red de dicha comunidad de regantes. La tubería es de 620 mm. De diámetro en Polietileno de alta densidad, y su desarrollo es de 11.766 m.

El conducto D3 tiene como objetivo conectar la cámara de rotura de carga 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 $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ con un diámetro de 400 mm. En tubería de polietileno de alta densidad. El desarrollo es de 4.410 m. y se diseña por gravedad, desde la cota 235 hasta la 210, con

Adicionalmente, desde la balsa de rotura de carga, se ha diseñado un conducto de emergencia D4 por gravedad 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 $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ con diámetro de 400 mm., en polietileno de alta densidad.

A partir de la balsa de Charco Bartolo se desarrolla el conducto D5 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 D5 se ha diseñado para un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ con una sección de 620 mm. de diámetro. Su desarrollo es de 3.981 m. desde la cota 185 hasta la 223 m. Se ha diseñado en polietileno de alta densidad.

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° 11 nos muestra en síntesis las características técnicas de los conductos, cuyo cálculo se puede ver en el anejo N° 2. Las figuras adjuntas muestran los trazados y las actuaciones propuestas. Los planos que se adjuntan muestran su trazado en detalle.

CONDUCTO	CLAVE	CAUDAL Q (m³/s)	LONGITUD (m)	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	2.256	1.200	-	27	27
Impulsión Acequia Real – Canal Júcar-Turia	C-A2	1,5	5.432	1.200	27	70	43
Impulsión Canal Júcar-Turia a Balsa de rotura de carga de Niñerola	C-A3.1	0,5	6.365	700	70	145	75
Impulsión Balsa de rotura de carga de Niñerola a balsa de Venta Cabrera	C-A3.2	0.5	2.707	700	145	200	55
Impulsión de Balsa de Venta Cabrera a Cámara de rotura de carga de Penyes Rojes	D1	0,5	6.508	700	182	240	58
Conducto de cámara de rotura de carga a Balsa de Charco Bartolol	D2	0,5	11.166	620	238	203	-35
Conducto de cámara de rotura de carga a Penyes Rojes	D3	0,2	4.410	400	238	210	-28
Conexión de emergencia con el Canal del Magro	D4	0.2	3.400	400	238	230	-8
Impulsión Balsa Charca Bartolo con balsa Pinos Veros y red de Cheste	D5	0.5	3.981	620	186	224	38

Tabla nº 11. Características técnicas de las conducciones diseñadas

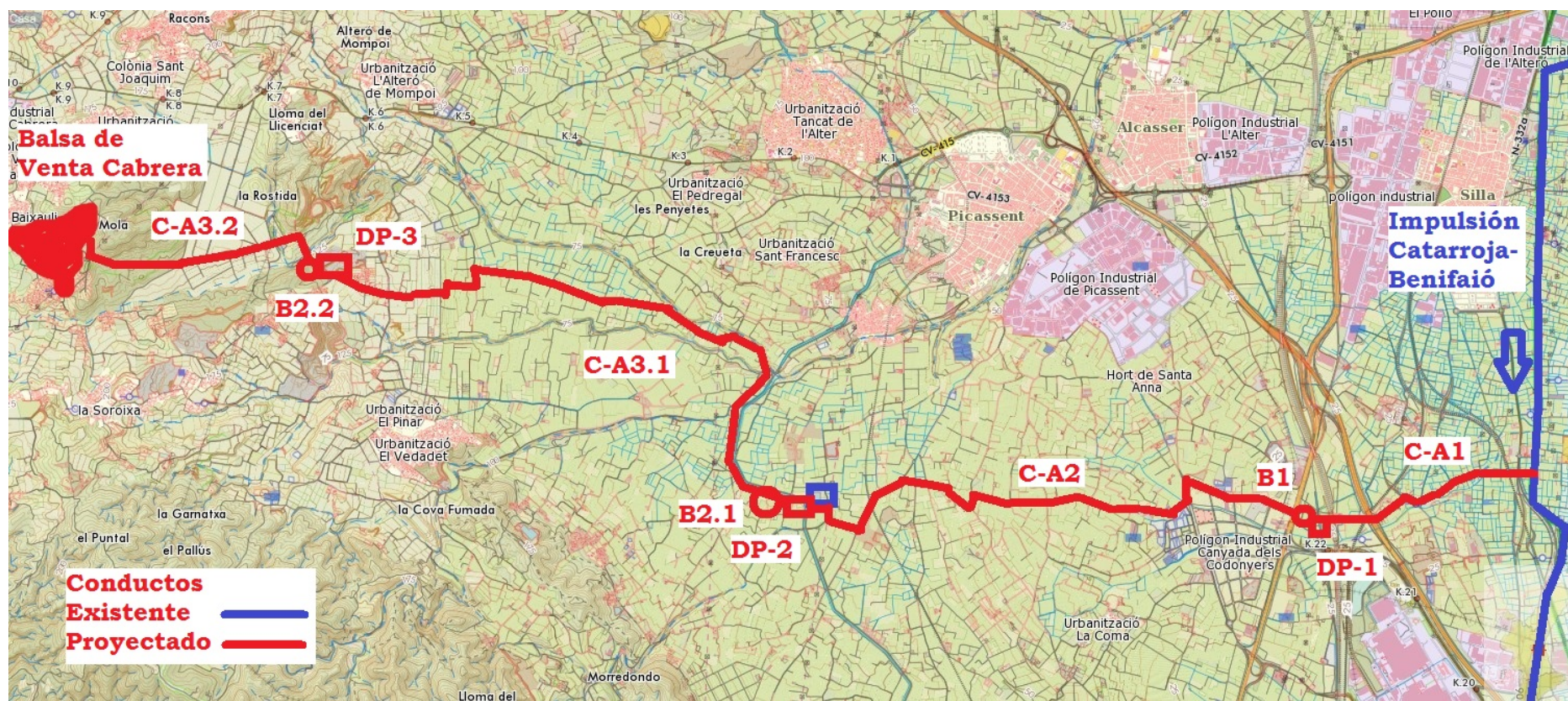


Figura N° 11 Trazado de la impulsión de alimentación.

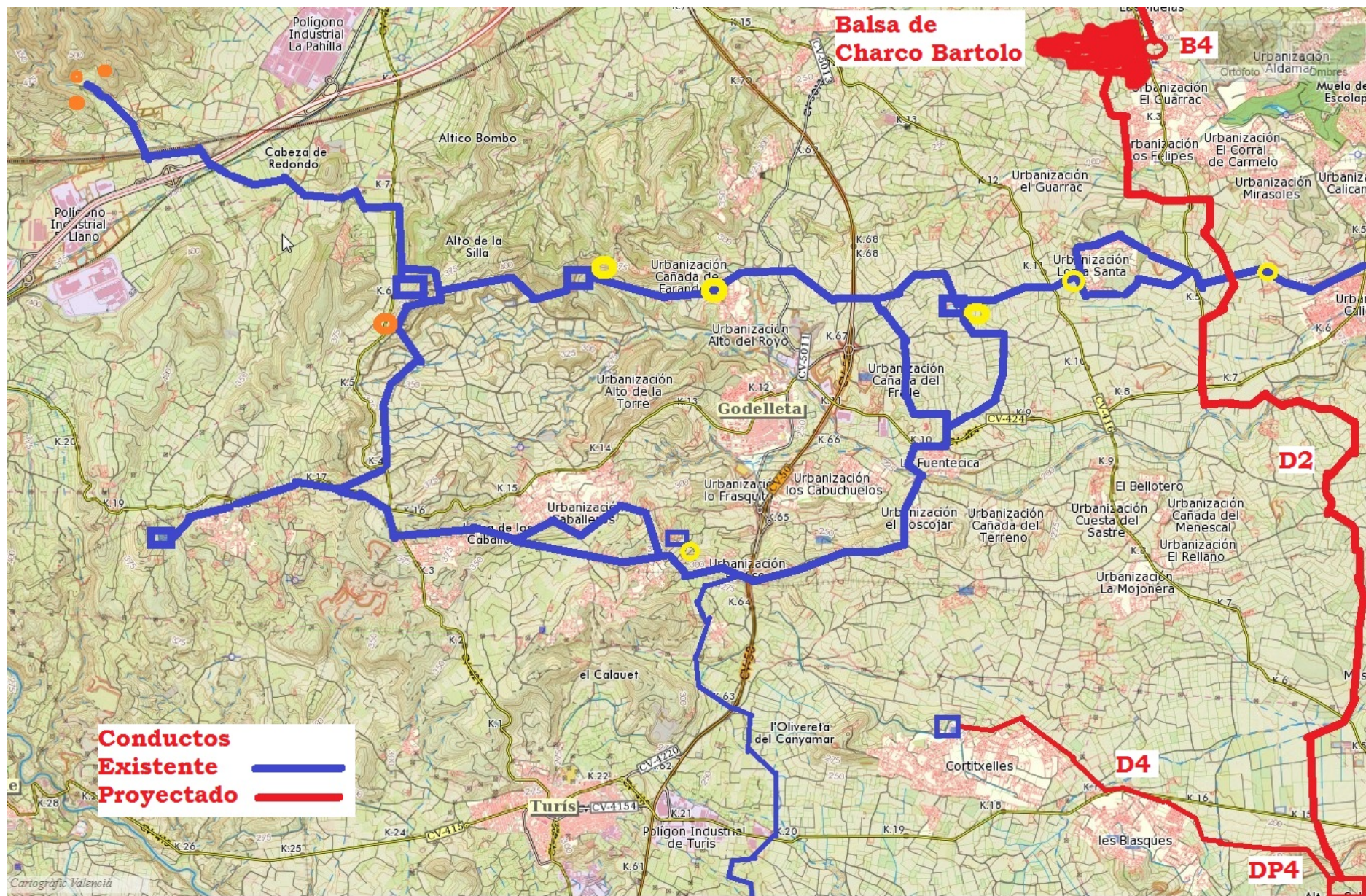


Figura N° 13 Trazado de las infraestructuras diseñadas. Zona Godelleta

7.3 Depósitos y cámaras de rotura de carga

En el diseño del sistema de impulsiones es necesario disponer de elementos de almacenamiento intermedios para cubrir eventualidades de posibles averías o desajustes en el caudal. Estos elementos no son necesarios donde exista una balsa de regulación, más bien corresponden a los bombeos que se inician o finalizan en serie con otra impulsión.

El criterio de dimensionamiento es el de recoger una jornada de riego del caudal máximo para permitir las reparaciones necesarias.

Los lugares seleccionados son:

DP-1	Rotura de carga del conducto A1
DP-2	Rotura de carga de la impulsión A2
DP-3	Rotura de carga de la impulsión AB.1
DP-4	Rotura de carga de la impulsión D1

El depósito DP-1 se sitúa contiguo a la Acequia Real del Júcar. Recibe los caudales impulsados por el conducto A1. Su capacidad debe ser de 440.000 m³.

El depósito DP-2 se sitúa contiguo al canal Júcar-Turia y a la balsa de regulación que dispone el sector X de dicho canal. Por tanto, en caso de eventual accidente, no es necesario disponer de la totalidad del volumen necesario, tan sólo del caudal que va a ser bombeado hacia la Foia de Bunyol. Su capacidad, por tanto, es complementaria de la balsa del canal, 15.000 m³.

El depósito DP-3 se sitúa en Niñerola, contiguo al barranco y cerca de la balsa de acumulación del sector 4 del canal Júcar-Turia, aunque es independiente de la misma. Corresponde a la rotura de carga de la impulsión A3.1 y de él toma la impulsión A3.2. Su capacidad, análoga a la anterior, sería de 15.000 m³.

Por último, el depósito DP-4 se sitúa en el cerro de Cortichelles, en Montserrat. De él parten los tres conductos de distribución por gravedad y recibe el bombeo desde la balsa de Venta Cabrera. A diferencia de los anteriores, debe de ser capaz para un día de punta el riego del sector Godelleta-Turis, ya que el sector Cheste, en caso de avería es autónomo desde la otra balsa. Según esto, la capacidad necesaria sería de 80.000 m³, pero por la ubicación, en un lugar elevado, esto resulta imposible. Por tanto, caso de avería habría de recurrirse a los bombeos desde el acuífero. No obstante, se dimensionará con el mismo criterio que los anteriores para cubrir el funcionamiento hidráulico invernal de la mitad de la demanda, puesto que en dicha época la acumulación se reparte entre las dos balsas. Por tanto, el volumen mínimo sería de 8.000 m³. Si las posibilidades constructivas del lugar lo permiten, debería ser mayor.

7.4 Estaciones de bombeo

El esquema de aprovechamiento propuesto necesita cinco estaciones de bombeo para impulsar las aguas. No incluimos entre ellas el bombeo de cabecera de la impulsión de Catarroja a Benifaió, que ya fue construida por Acuamed, aunque no ha entrado en funcionamiento.

La estación de bombeo B1 se ubica en Silla, contigua a la Acequia Real del Júcar. Debe de ser capaz para un caudal de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Para este caudal, la altura geométrica es de 40 m. y la altura manométrica de 45,21 m. Toma el agua del depósito DP-1 e impulsa el agua con el conducto A2 hasta la balsa de rotura de carga DP-2.

Estimando un rendimiento global de $\eta = 0,8$, la potencia necesaria es de 832 Kw. Esto puede lograrse con 8 bombas más 2 de reserva.

La estación de bombeo B2-A se sitúa en Picassent, contigua al canal Júcar-Turia. Toma sus aguas del depósito DP2 y las eleva a través del conducto A3.1 al depósito de rotura de carga DP3 intermedio. Debe de ser capaz para un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. La altura geométrica es de 75 m. y para este caudal la altura manométrica es de 85,41 m. Estimando un rendimiento global de $\eta = 0,8$, la potencia necesaria es de 524 Kw. Esto puede lograrse mediante 3 bombas más una de reserva.

La estación de bombeo B2-B se sitúa igualmente en término de Picassent, junto al barranco de Niñerola. Debe tomar el agua desde el depósito de rotura de carga DP3 hasta la balsa de Venta Cabrera, a través del conducto A3.2.

Al igual que el bombeo B2-A, su caudal de diseño es de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y la altura geométrica es de 50 m. Para el caudal citado, la altura manométrica es de 54,48 m. Estimando un rendimiento $\eta = 0,8$, global, la potencia necesaria es de 334 Kw.

Las estaciones de bombeo B2-A y B pueden agruparse. En tal caso, no sería preciso el depósito de rotura de carga intermedio DP-3. La impulsión necesaria precisaría una altura geométrica de 130 m. y una altura manométrica de 146,8 m. A priori, resulta un bombeo de una entidad tal que parece una solución menos favorable que la propuesta. Sin embargo, debe de ser analizada como una alternativa factible.

El bombeo B3 eleva el agua desde la balsa de Venta Cabrera con toma directa desde la misma y la eleva al depósito de rotura de carga DP-4, a través del conducto D1. Toda la instalación se sitúa en término de Montserrat. El caudal de diseño es de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, con una altura geométrica de 58 m. Para este caudal la altura manométrica sería de 69,98 m. lo que exige una potencia global de 430 Kw. Sin embargo, esta instalación debe de diseñarse para poder trabajar con una importante flexibilidad, ya que el bombeo puede realizarse con la balsa llena o vacía, lo cual provoca una oscilación de 17 m. Sería recomendable la elevación de bombas con una curva característica que mantenga la eficiencia en un rango amplio de cargas. Esto puede lograrse mediante la instalación de variadores de frecuencia. Una solución razonable sería disponer de 3 bombas más una de apoyo, dotadas todas ellas de variaciones de frecuencia para lograr la máxima flexibilidad.

El bombeo B4 eleva el agua desde la balsa de Charco Bartolo, en término de Chiva, hasta la balsa de Pinos Veros, a través del conducto D5. El caudal de diseño es de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Se trata del caudal máximo, pero éste no será habitual, siendo normalmente del orden de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$.

La altura geométrica de la impulsión es de 38 m. que para el caudal indicado, y suponiendo eficiencia global $\eta = 0,8$, supone una potencia de 306 Kw para una altura manométrica de 49,81 m. No obstante, como toma el agua del embalse de Charco Bartolo, que puede oscilar de nivel cerca de 19 m., la instalación ha de ser capaz de funcionar en condiciones muy diversas, con caudales de 0,25 m³/s. y altura de 27 m. Esto implica una instalación muy flexible que puede lograrse con 4 bombas y una de reserva, dotadas con variaciones de frecuencia.

8. EVALUACIÓN ENERGÉTICA

El estudio incluye 4 impulsiones, con una de ellas dividida en dos subtramos (Canal Júcar Turia a la balsa de Venta Cabrera 1 y 2), además de la utilización de la actual estación de bombeo situada en el puerto de Catarroja. La elevación geométrica total es de aproximadamente 300 m con una impulsión necesaria de 340 m. En base a la altura necesaria, el máximo caudal previsto, y teniendo en cuenta una eficiencia global de las bombas del 0.85, la potencia necesaria es de 2,880 kW (incluyendo la estación existente del Puerto de Catarroja), correspondiendo 2,240 kW a potencia nueva necesaria.

Bombeo	Tramo	H geométrica (m)	Perdidas (m)	H total (m)	Q (m3/s)	Potencia (kW)
B0	Catarroja => ARJ	22	15	37	1.5	641
B1	ARJ => CJT	40	4	44	1.5	762
B21	CJT => B. Cabrera 01	70	6	76	0.5	439
B22	CJT => B. Cabrera 02	60	4	64	0.5	369
B3	B Cabrera. => punto rotura	58	10	68	0.5	392
B4	B. Charco => Cheste	38	10	48	0.5	277
	Total	288		337		2,880

Tabla nº 12. Características de las impulsiones

La determinación del coste energético se ha realizado teniendo en cuenta el volumen de agua elevado (para las impulsiones B0 y B1: caudal de 1.5 m3/s de septiembre hasta abril y caudal de 0.7 m3/s de mayo a agosto y para el resto de impulsiones caudal constante de 0.5 m3/s), y el coste medio de la energía en España para los consumidores industriales con un consumo anual medio entre 0.5 GWh y 2 GWh al año. El coste medio de la energía para este tipo de consumidores según el informe de la Comisión Europea, del primer trimestre de 2017, es de 120 €/MWh.

Con estas hipótesis, el coste energético de elevar el agua desde el puerto de Catarroja hasta el Canal Júcar Turia es de 3.2 cts€/m3, con un coste energético anual de 1.2 Millones de euros. El coste medio final de elevar el agua hasta Cheste se sitúa en 13.2 cts€/m3.

Bombeo	Tramo	Volumen (hm3/año)	Energía GWh-año	Coste energético €/año	Coste medio cts€/m3	Acumul. €/año	Acumul. cts€/m3
B0	Catarroja => ARJ	37.6	4.54	544,218	1.45	544,218	1.45
B1	ARJ => CJT	37.6	5.39	647,178	1.72	1,191,396	3.17
B21	CJT => B. Cabrera 01	15.8	3.91	469,557	2.96	1,660,952	6.13
B22	CJT => B. Cabrera 02	15.8	3.30	395,416	2.50	2,056,368	8.63
B3	B Cabrera. => punto rotura	15.8	3.50	420,130	2.65	2,476,498	11.28
B4	B. Charco => Cheste	15.8	2.47	296,562	1.87	2,773,060	13.15
	Total		23.11	2,773,060	13.15		

Tabla nº 13. Coste energético de las impulsiones.

El diseño de las instalaciones de energía fotovoltaica para cada impulsión se ha realizado con el objetivo de maximizar el autoabastecimiento de energía reduciendo al mínimo el vertido de energía a la red (situación cuando la producción supera la demanda). El elemento básico de la instalación fotovoltaica es el módulo solar, para el cual se han seleccionado unas características similares a las que existen en el mercado, potencia nominal de 335 W en condiciones estándar (STC) y 250 W en condiciones de operación normal (NOCT) y una eficiencia global del 17%.

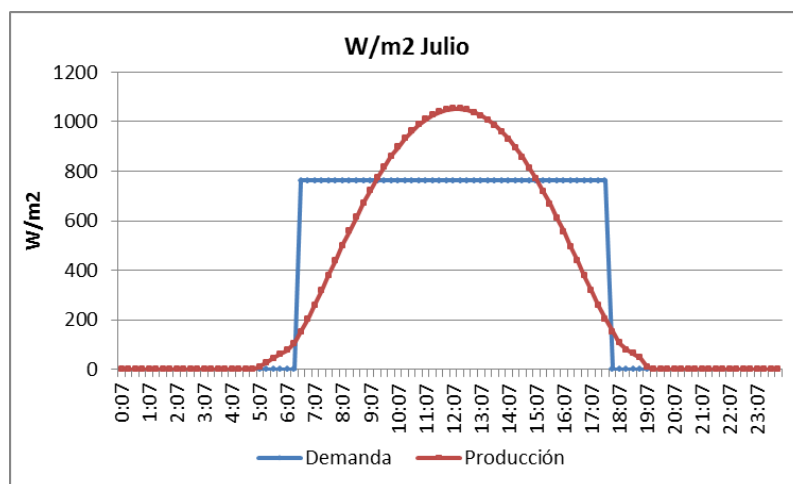


Figura nº 15. Curva de demanda y producción de energía (kW) para la el mes de julio en la impulsión desde la acequia Real del Júcar al Canal Júcar - Turia.

En el caso del bombeo desde la Acequia Real del Júcar hasta el Canal Júcar Turia, la potencia requerida del bombeo es del 760 kW, proponiéndose la instalación de un sistema fotovoltaico formado por 5120 módulos solares que abastecería mediante autoconsumo (2.25 GWh) el 42% de las necesidades totales de energía (5.36 GWh-año). Esta instalación formada por paneles inclinados a 36° (Ratio occupation terrain ROT=2) ocuparía una superficie total correspondiente a un cuadrado de 129 m de lado. Este cálculo se ha realizado considerando una superficie del módulo de 1.94 m².

Bomb.	Tramo	Pot. Deman. kW	Nº modulos	Lado m	Pot. PV kW	Deman. MWh	Autocon. MWh	Compra MWh	Venta MWh
B0	Catarroja => ARJ	641	4280	129	1070	4,511	1,887	2,624	199
B1	ARJ => CJT	762	5120	141	1280	5,365	2,250	3,115	246
B21	CJT => B. Cabrera 01	439	2860	105	715	3,913	1,322	2,591	106
B22	CJT => B. Cabrera 02	369	2380	96	595	3,295	1,106	2,189	82
B3	B Cabrera. => punto rotura	392	2400	97	600	3,501	1,143	2,358	58
B4	B. Charco => Cheste	277	1600	79	400	2,471	779	1,693	23
	Total	2,880	18,640		4,660	23,057	8,486	14,570	713

Tabla nº 14. Dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas.

La inversión necesaria de las instalaciones fotovoltaicas propuestas es de 5 millones de euros. Esta inversión se ha obtenido teniendo en cuenta los actuales precios de los módulos fotovoltaicos en el mercado y los costes de instalación, considerando un coste total por vatio instalado de 0.8€/W. Para la evaluación económica se ha considerado una tasa de descuento del 4% y una pérdida de

eficiencia de los módulos solares del 0.5% por año. También se han considerado unos costes anuales de mantenimiento y limpieza del 2% de la inversión. Los resultados obtenidos muestran que la inversión se recupera (Payback) entre 5 y 6 años, teniendo una tasa interna de retorno (TIR) entre el 17%-19%, por lo que se considera que todas las inversiones son viables.

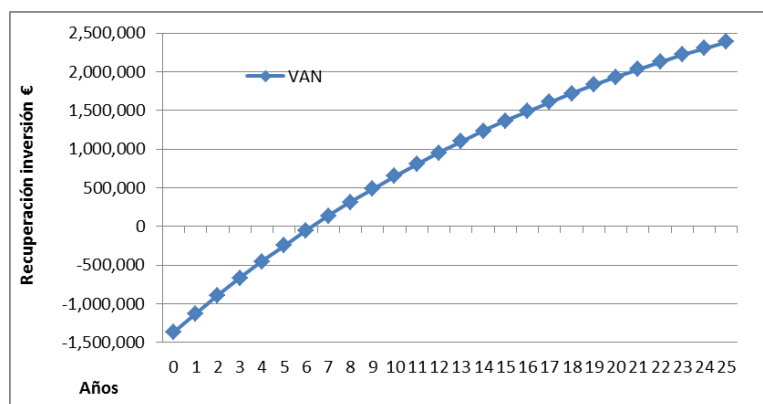


Figura nº 16. Valor actualizado neto y recuperación de la inversión, 6 años, en la impulsión de la Acequia Real del Júcar al Canal Júcar - Turia .

En el bombeo del puerto de Catarroja y de la Acequia Real del Júcar se obtiene una reducción en el coste energético del 40%, pasando de un coste energético hasta el Canal Júcar Turia de 3.2 cts€/m³ a 1.8 cts€/m³, siendo el coste de amortización de las instalaciones fotovoltaicas de 0.4 cts€/m³. La reducción global en los costes por metro cubico de elevar el agua incluyendo la amortización de las instalaciones fotovoltaicas alcanza el 30%.

Bomb.	Tramo	Inversión	Payback años	TIR	Inicial Cts€/m3	Coste energ cts€/m3	Amortiza cts€/m2	Total €/m3	Reducción coste energético
B0	Catarroja => ARJ	1,147,040	6	17.4%	1.45	0.84	0.20	1.03	42%
B1	ARJ => CJT	1,372,160	6	17.7%	1.72	0.99	0.23	1.23	42%
B21	CJT => B. Cabrera 01	766,480	6	18.3%	2.96	1.96	0.31	2.27	34%
B22	CJT => B. Cabrera 02	637,840	6	18.4%	2.50	1.66	0.26	1.92	34%
B3	B Cabrera. => punto rotura	643,200	5	18.8%	2.65	1.79	0.26	2.05	33%
B4	B. Charco => Cheste	428,800	5	19.2%	1.87	1.28	0.17	1.46	32%
	Total	4,995,520			13.15	8.52	1.43	9.95	35%

Tabla nº 15. Costes energéticos medios de la instalación.

La estimación de la inversión necesaria no incluye los costes de ocupación ni de expropiación de terrenos correspondiente a los módulos fotovoltaicos. Por otra parte también existe la posibilidad de disponer los paneles fotovoltaicos flotando dentro de las balsas, experiencias que ya han sido realizadas ampliamente en otros lugares. Esta solución es viable en los bombeos B1, B3 y B4, mientras que en el resto es necesaria la adquisición de los terrenos, 3,66 ha. adicionales de expropiación.

El coste de adquisición de los terrenos para la instalación fotovoltaica se puede calcular según esto y se presenta en la tabla siguiente.

Bombeo	Superficie (ha.)	Inversión (€)	Amortización (€)
B0	1.66	66.400	2.656
B1	-----	-----	-----
B2,1	1.10	44.000	1.760
B2.2	0.99	36.000	1.440
B3	-----	-----	-----
B4	-----	-----	-----
Total	3.66	146.400	5.856

Tabla Nº 16. Costo de adquisición de los terrenos para las instalaciones fotovoltaicas

Con este coste de expropiación, el precio del metro cúbico de agua se debe incrementar en 0,01 cts€/m³ para los regantes del canal Júcar – Turia y en 0,03 cts€/m³. Para los de la Foia de Bunyol.

Integramos estos costos con el coste energético y con la amortización de la instalación fotovoltaica, corrigiendo los primeros por el volumen realmente bombeado.

Bombeo	Coste Energético	Amortización	Expropiaciones	Coste Energético Total
B0	0,011	0,0025	0,0001	0,014
B1	0,013	0,0029	-----	0,016
B2,1	0,020	0,0031	0,0001	0,023
B2.2	0,017	0,0026	0,0001	0,020
B3	0,018	0,0026	-----	0,021
B4	0,013	0,0017	-----	0,015
Total	0,092	0,0154	0,003	0,0157

Tabla Nº 17. Coste energético (cts€/m³.)

En estas condiciones el coste energético total para los regantes del Canal Júcar – Turia sería de 0,030 cts€/m³., y para los regantes de la Foia de Bunyol de 0,109 cts€/m³.

9. ESTUDIO ECONÓMICO

Definidas las componentes del plan de actuaciones expuesto en sus parámetros fundamentales, se ha procedido a realizar un estudio económico del mismo. La propuesta se ha dividido en dos fases, una primera hasta el canal Júcar-Turía y una segunda a la Foia de Bunyol.

Las obras de la primera fase logran un aprovechamiento de 29,54 Hm³/año, mientras que las de la segunda sólo beneficiarían a una parte de los usuarios, reutilizando 15,84 Hm³/año del total citado, como se vio con anterioridad.

9.1 Coste de las obras

Se ha realizado un análisis de costos de las infraestructuras diseñadas. En la tabla adjunta se presentan los costos estimados de ejecución material, ejecución por contrata y costo de ejecución con IVA al 21%, así como la fase de ejecución.

CONDUCTOS	Ejecución material	Ejecución por contrata	Presupuesto total con IVA	FASE
A1	2,02	2,40	2,91	1
A2	3,20	3,81	4,61	1
A-3.1	2,05	2,44	2,95	2
A-3.2	0,87	1,03	1,25	2
D-1	2,10	2,50	3,03	2
D-2	3,34	3,97	4,81	2
D-3	0,78	0,93	1,12	2
D-4	0,82	0,98	1,18	2
D-5	1,28	1,52	1,89	2
	16,46	19,58	23,70	

BALSAS	Ejecución material	Ejecución por contrata	Presupuesto total con IVA	FASE
B1 Venta Cabrera	3,90	4,64	5,62	2
B2 Charco Bartolo	3,18	3,78	4,58	2
	7,08	8,42	10,20	

DEPÓSITOS	Ejecución material	Ejecución por contrata	Presupuesto total con IVA	FASE
DP1	0,44	0,52	0,63	1
DP2	0,20	0,24	0,29	1
DP3	0,20	0,24	0,29	2
DP4	0,32	0,38	0,46	2
	1,16	1,38	1,67	

BOMBEOS	Ejecución material	Ejecución por contrata	Presupuesto total con IVA	FASE
B1	0,90	1,07	1,30	1
B2.A	0,50	0,60	0,72	2
B2.B	0,32	0,38	0,46	2
B3	0,40	0,48	0,58	2
B4	0,30	0,36	0,43	2
	2,42	2,89	3,49	

TOTAL	27,12	32,27	39,06	
--------------	--------------	--------------	--------------	--

Tabla nº 18. Costes de ejecución de las obras (M€)

A estos costes hay que añadir el coste de las expropiaciones. Para ello se han estimado las superficies de ocupación y se distingue entre expropiación total, para balsas, depósitos y bombeos; y ocupación temporal con servidumbre de paso para los conductos.

Los costos de expropiación se acompañan en la tabla adjunta.

CONDUCTOS	Superficie	Expropiación	Ocupación temporal	Costo
A1	0,72	-	12.000	8.640
A2	1,74	-	12.000	20.880
A-3.1	1,34	-	12.000	16.080
A-3.2	0,57	-	12.000	6.840
D-1	1,37	-	12.000	16.440
D-2	2,47	-	12.000	29.640
D-3	0,62	-	12.000	7.440
D-4	0,64	-	12.000	7.680
D-5	0,84	-	12.000	10.080
				123.720

BALSAS	Superficie	Expropiación	Ocupación temporal	Costo
B1 Venta Cabrera	22,40	20.000	-	448.000
B2 Charco Bartolo	30,42	20.000	-	608.400
				1.056.400

DEPÓSITOS	Superficie	Expropiación	Ocupación temporal	Costo
DP1	1,1	40.000	-	44.000
DP2	0,5	40.000	-	20.000
DP3	0,5	20.000	-	10.000
DP4	0,3	20.000	-	6.000
				80.000

BOMBEO	Superficie	Expropiación	Ocupación temporal	Costo
B1	0,2	40.000	-	8.000
B2.A	0,2	40.000	-	8.000
B2.B	0,2	20.000	-	4.000
B3	0,2	20.000	-	4.000
B4	0,2	20.000	-	4.000
				28.000

TOTAL	1.288.120			
--------------	------------------	--	--	--

Tabla n° 19 Costes de expropiaciones (€)

9.2 Distribución en fases

De acuerdo con los costos expuestos y las fases de ejecución, podemos desglosar en fases y componentes el plan. La tabla adjunta presenta el resumen económico de las actuaciones.

FASE I	C. Material	C.L.	C.L. + IVA	Expropiaciones	Coste Total
Conductos	5,22	6,21	7,52	0,03	7,55
Depósitos	0,64	0,76	0,92	0,06	0,98
Bombeos	0,90	1,07	1,30	0,01	1,31
	6,76	8,04	9,74	0,10	9,84

FASE II	C. Material	C.L.	C.L. + IVA	Expropiaciones	Coste Total
Conductos	11,21	13,37	16,18	0,09	16,27
Balsas	7,08	8,42	10,20	1,00	11,26
Depósitos	0,52	0,62	0,75	0,02	0,77
Bombeos	1,52	1,82	2,19	0,02	2,21
	20,36	24,23	29,32	1,19	30,51

TOTAL	27,12	32,27	39,06	1,29	40,35
--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	--------------

Tabla nº20 Resumen de costes y distribución en fases (M€)

Se advierte que la primera fase totaliza una inversión de 9,84 millones de euros, y la segunda 30,51 millones de euros. Por la cota de los regadíos beneficiarios es evidente que la primera fase es mucho más rentable, sin embargo, es la segunda fase la que tiene mayor necesidad y carece de fuentes alternativas.

9.3 Amortización de las infraestructuras

Para obtener el coste de amortización de las infraestructuras se ha considerado una tasa de descuento del 4%. El periodo de amortización considerado ha sido de 20 años para las conducciones y depósitos, de 10 años para los bombeos y de 50 años para las grandes balsas. Las expropiaciones se amortizan a perpetuidad.

El cálculo se ha realizado sobre el costo de ejecución por contrata, excluidos impuestos.

Las amortizaciones se han desglosado por fases y se presentan en la tabla adjunta.

FASE I	INVERSIÓN	X	ANUALIDAD
Conductos	7,52	0,0736	553.472
Depósitos	0,92	0,0736	67.712
Bombeos	1,30	0,1233	160.290
Expropiaciones	0,10	0,0400	4.000
			785.474

FASE II	INVERSIÓN	X	ANUALIDAD
Conductos	16,18	0,0736	1.190.848
Balsas	10,20	0,0466	475.320
Depósitos	0,75	0,0736	55.200
Bombeos	2,19	0,1233	270.027
Expropiaciones	1,29	0,0400	47.600
			2.038.995

Tabla nº 21 Amortización de las infraestructuras

Si consideramos que los regantes del canal Júcar-Turía sólo utilizan la primera fase, mientras que los de la Foia de Bunyol utilizan ambas, el gasto del agua de la fase I es de:

$$C_1 = \frac{785.474}{29.540.000} = 0,027€/m^3$$

y el costo para la fase II:

$$C_2 = \frac{2.038.995}{15.840.000} = 0,129€/m^3$$

El costo que deben abonar los regantes de la Foia de Bunyol por la amortización de las infraestructuras es de:

$$C_B = 0,156€/m^3$$

En este coste no se ha incluido la amortización del conducto desde Catarroja a Benifaió ya construido. Si se incluye la amortización de dicho conducto hay que incrementar estos precios.

El coste de construcción del conducto Cararroja – Benifaió, ha sido de 22.500.000 €. Por tanto la amortización en 20 años será de 1.656.000 €. Por lo tanto,

$$C_3 = \frac{1.656.000}{329.540.000} = 0,056€/m^3$$

Esta cantidad corresponde abonarla a todos los usuarios. Por tanto el costo del bombeo para la Foia de Bunyol pasará a ser de 0,212 €/m³ y para los sectores del Canal Júcar – Turia de 0,083 €/m³.

9.4 Coste de explotación y mantenimiento

El coste de explotación se compone del coste energético y el coste de mantenimiento y gestión. El coste energético ha sido calculado con anterioridad.

Para el coste de mantenimiento y gestión, consideramos el coste de la plantilla de personal necesaria. Se considera necesaria una plantilla de 8 personas, un Técnico de grado medio, 2 oficiales de 1ª mecánico y eléctrico, dos peones, dos vigilantes y 1 oficial administrativo. Esto supone un costo anual de personal que se valora en 290.000 €/año. Los costos materiales se valoran en un 0,5 % anual de la inversión, es decir 314.250 €/año.

Estos costes repartidos entre el volumen de agua total suministrado suponen un coste de 0,020 €/m³

Si este coste se integra con el coste energético, tenemos el siguiente coste de explotación.

Usuario	Coste energético	Coste de mantenimiento y gestión	Coste de explotación
Canal Júcar - Turia	0,030	0,020	0,050
Regantes de la Foia de Bunyol	0,109	0,020	0,129

Tabla nº 22 Coste unitario de explotación (€/m³)

9.5 Coste del agua

Por último, se ha calculado el coste del agua reutilizada en las dos zonas receptoras. Para se integran los costes de amortización de las infraestructuras con el coste de explotación y mantenimiento incluido sobre todo el costo energético que es la componente más importante.

El coste final del agua reutilizada se presenta en la tabla adjunta:

Zona Regable	Canal Júcar - Turia	Riegos de la Foia de Bunyol
Amortización de las Infraestructura	0,027	0,156
Amortización de la Conducción Existente	0,056	0,056
Coste de Explotación	0,050	0,129
Coste Total del Agua	0,133	0,341

Tabla nº 23 Coste unitario total del agua reutilizada. (€/m³)

10. 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 $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ derivando de la conducción a Benifaió en Silla y elevando las aguas hasta un punto contiguo al Canal Júcar – Turia. Se suministra allí una dotación a los sectores 4 y X de dicho canal.
8. De dicho punto parte una impulsión con capacidad para $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en dos etapas que alcanza una balsa de regulación en Venta Cabrera de $1,75 \text{ Hm}^3$
9. A partir de dicha balsa una nueva impulsión conduce el agua a un depósito de rotura de carga en los cerros de Calabarra. De allí parten tres conductos por gravedad que suministran agua a la zona de Penyes Rotjes, al final del canal del Magro, y el más importante 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.

10. Por último, una nueva impulsión, suministra el agua a la red de Cheste – Chiva a partir de la balsa de Pinos Veros.
11. Este sistema es capaz de aprovechar un volumen anual total de 29,54 Hm³/año., de los cuales se suministra un volumen anual de 15,84 Hm³/año a la Foia de Bunyol y 13,70 Hm³/año al Canal Júcar –Turia.
12. Se ha diseñado un sistema de instalaciones fotovoltaicas con una potencia instalada de 4880 kW. Con dicho sistema se reduce un 40% el coste energético respecto de un bombeo convencional. El coste de estas instalaciones se evalúa en 5 M€, estimándose que el coste energético será para los regantes del Canal Júcar – Turia de 0,030 cts€/m³., y para los regantes de la Foia de Bunyol de 0,109 cts€/m³.
13. El coste de las infraestructuras proyectadas se estima en 40,35 M€. de los cuales 9,84 M€ corresponden a las instalaciones comunes y 30,51 M€ a las específicas para la Foia de Bunyol.
14. El coste final del agua, considerando la amortización de las instalaciones excluido impuestos, la amortización del conducto actualmente existente y los costes de explotación y mantenimiento, incluido el energético, resulta de 0,133 €/m³ para el Canal Júcar – Turia, y de 0,341 €/m³ para la Foia de Bunyol.

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 Godella, siendo éstas las que emplearemos para realizar los cálculos de forma combinada. No se emplearán por separado, pues la estación de Godella 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 Seleccionar

☒	Estación	Provincia	Término	Instalación	Fecha primer dato	Fecha último dato	Estado
☒	Cheste 	Valencia	Cheste	03/11/1999	03/11/1999	27/11/2017	Sin incidencias
☒	Godella 	Valencia	Godella	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.

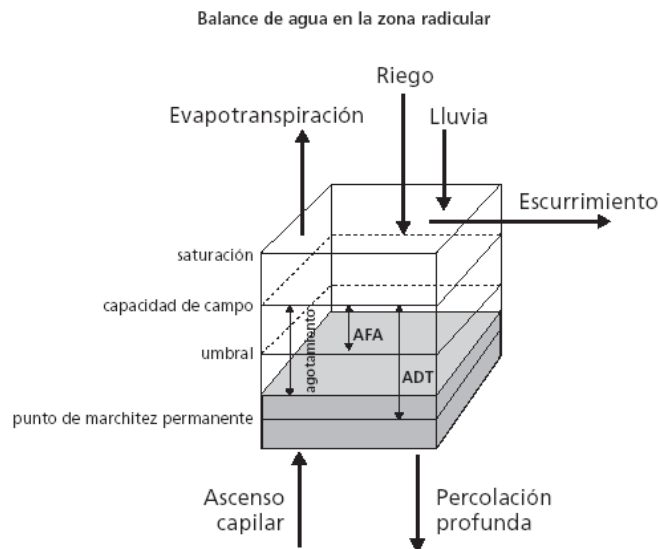


Figura 1. Balance de agua en el suelo. Fuente: Manual FAO-56.

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_o 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:

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

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	ET _o mm	Kc	ET _c mm	P mm	P _u mm	P _e 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	m³/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	m³/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	m³/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	m ³ /Ha	m ³ /Ha	m ³ /Ha	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