ANEJO Nº 4

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

ÍNDICE

1 INTRODUCCION 1

2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ACTUALES 1

3 DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 2

3.1 DEFINICION DE ALTERNATIVAS 2
3.2 EXAMEN MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS 4
3.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA 9

4 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA 9

5 COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA ZONA REGABLE TRAS LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO FRENTE A LA ACTUAL 12

6 ESTUDIO DE MATERIALES DE LAS TUBERÍAS 13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Altura de bombeo para cada mes. Alternativa 1. 6
Tabla 2.Cálculo de ahorro de energía. Alternativa 1. 6
Tabla 3. Altura de bombeo para cada mes. Alternativa 2. 8
Tabla 4.Cálculo de ahorro de energía. Alternativa 2. 8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Opción 1: Nueva estación de bombeo fuera del recinto del actual bombeo (dentro de parcela de la balsa) 10
Figura 2. Opción 2: Nueva estación de bombeo dentro del recinto del bombeo 11
Figura 3. Opción 3: Nueva estación de bombeo dentro del recinto del bombeo 11
Figura 4. Esquema hidráulico de la alternativa seleccionada 12

1 INTRODUCCION

Con el estudio de alternativas se plantearán y estudiarán distintas soluciones, a priori técnicamente viables, con el objetivo de escoger la mejor opción posible para realizar el proyecto de "Modernización integral e implantación de nuevas tecnologías en la zona regable de la Comunidad de Regantes de Guadiana (Badajoz)".

2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ACTUALES

La comunidad de regantes de Guadiana, abarca los términos municipales de Guadiana, Pueblonuevo, Montijo, Mérida y Badajoz, gestionando actualmente 3.045 hectáreas presurizadas con un total de 300 comuneros.

La Comunidad de Regantes de Guadiana es el Sector e-1 de la Comunidad General del Canal de Montijo. Desde dicho canal existe una derivación que abastece al mencionado Sector e-1, que está completamente presurizado.

Tras la derivación del Canal de Montijo existe una reja de desbaste autolimpiante y un filtro rotativo que impide en paso de elementos que transporte el agua y algas de gran tamaño, pasando a continuación a un foso paralelo al edificio de la estación de bombeo, al cual están conectadas las bombas.

La comunidad de regantes de Guadiana (Sector E-1 de la zona regable del Canal de Montijo) cuenta con una red de riego completamente presurizada. De los sistemas de riego existentes en la comunidad, aproximadamente el 80 % es riego por goteo y el 20% aspersión.

Desde la estación de bombeo se eleva el agua desde el Canal de Montijo hasta una torre de elevación, que es un pequeño depósito elevado, se pone en carga la red de riego.

La estación elevadora e-1 del Canal de Montijo cuenta con siete bombas iguales de 1.350 m3/h (375 l/s) a 80 m.c.a. con motor de 400 kW a 500 V y alimentadas tanto de energía eléctrica convencional (de las instalaciones eléctricas existentes desde la transformación en regadío en el año 1970) como desde un campo fotovoltaico de 2,4 MW de reciente construcción.

Estas bombas están actuadas por arrancadores progresivos, no disponiendo de variadores de frecuencia.

La comunidad de regantes, mediante convenios con SEIASA (Plan Nacional de Regadíos) y decretos y órdenes de modernización de la Junta de Extremadura, ha ido implementando mejoras para la modernización de las infraestructuras de regadío. Recientemente se han

acometido la modernización parcial al cambio de tuberías de fibrocemento por tuberías de PVC, y la instalación de hidrantes en parcelas, filtros en cabeceras de las tuberías secundarias dándole al regante un agua de 130 micras en los hidrantes, un sistema de telecontrol vía radio para un mayor control y sostenibilidad del recurso.

3 DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

3.1 DEFINICION DE ALTERNATIVAS

Básicamente se han planteado tres alternativas:

1. **Alternativa 0**.- Consistente en no acometer ninguna mejora sobre las infraestructuras, manteniendo las infraestructuras en su estado actual en cuanto a eficiencia energética e implantación de nuevas tecnologías, manteniendo la situación actual del sistema.

   La estación de bombeo existente envía toda el agua a un depósito elevado por lo que todo el agua consumida en la Comunidad de Regantes es bombeada a 80 mca, sin posibilidad de disminuir dicha altura de bombeo aunque las necesidades de presión de los regantes sea menor. Al mismo tiempo se están produciendo constantes atranques en los filtros de cabecera de los ramales que la comunidad tiene instalados, por lo que se generan muchas pérdidas de carga con la consiguiente caída de presión (pérdida de energía).

   Esta situación de altos consumos de energía se puede optimizar, ya que no son sostenibles ni ambiental ni económicamente. Por tanto, no se considera viable no hacer nada y mantener las instalaciones conforme están en la actualidad. Es necesario acometer actuaciones que optimicen el consumo de energía.

2. **Alternativa 1.-** Con el objeto de buscar la reducción del consumo energético y para ello se acometerán dos tipos de actuaciones distintas para conseguir el fin perseguido:

   1. Actuaciones de disminución de la presión de bombeo a la salida de bombas.
   2. Actuaciones de disminución de las pérdidas de carga en los filtrados existentes en la red.

   Para ello se plantea la sustitución de algunas bombas de las existentes en la estación de bombeo actual para ajustar el punto de funcionamiento a distintas presiones y caudales demandados, junto con la instalación de variadores en las bombas en la actual estación de bombeo, con el fin de eliminar las constantes paradas-arranques y poder regular el caudal de funcionamiento en la medida de lo posible.

Se proyecta instalar unos filtros para eliminar la almeja asiática en cabecera de las redes principales, para eliminar los constantes colapsos de la red. Además, de esta forma, se podrá reducir la presión de bombeo en la red y por consiguiente disminuir el consumo energético.

Para la poder bajar la presión en la red de riego es necesarias la ejecución de un by-pass en la base de la torre de elevación, para evitar que toda el agua bombeada tenga que pasar obligatoriamente por la copa de la torre de elevación.

Se proyectará un sistema de automatización y telecontrol que permita conocer el estado de las instalaciones de bombeo existentes con actuación directa sobre las bombas, pudiendo actuar en el arranque o parada de las mismas, así como en la variación de la relación de las consignas de caudal-presión para ajustarlas a las demandas de la red con el menor consumo energético posible. También se realizará la lectura de presiones en la red de riego mediante la instalación de transductores de presión para optimizar la consigan de presiones de la red bajándolas al mínimo necesario en cada momento.

Esta alternativa se ha descartado por dos motivos:

- Usar alguna de las bombas existentes con variador de velocidad.- Estas bombas son las existentes desde la puesta en riego de la zona regable (hace más de 50 años), si bien han sido reparados los elementos hidráulicos y sustituidos los motores. Debido a la curva de funcionamiento de las bombas existentes, seleccionadas en su día para funcionar en un punto fijo de 375 l/s a 80 mca, no se adaptan bien a los variadores de velocidad, ya que sólo se podrá actuar en la presión de salida (reduciendo el rendimiento) pero no en la regulación de caudal, que es fundamental. De esta forma se podría ahorrar algo de energía, pero se quedaría lejos del ahorro potencial que se podría obtener con otras soluciones. Hace unos años la Comunidad de Regantes General del Canal de Montijo y la Confederación Hidrográfica del Guadiana, instalaron sobre estas bombas arrancadores electrónicos progresivos y descartaron la instalación de variadores de frecuencia. Habría que añadir que al ser las bombas bastante antiguas, podrían no tener buen rendimiento a pesar de haber sido reparadas (nunca se llega a obtener el rendimiento original).
- Sustituir alguna de las bombas existentes por otras que tenga una curva de funcionamiento que se adapte a las necesidades proyectadas.- Esta opción se descarta, ya que habría que colocar bombas de menor caudal y altura manométrica, con lo que se perdería capacidad de bombeo y en los periodos punta podría no poder abastecerse en las condiciones adecuadas la demanda de los regantes. Es la propia Comunidad de Regantes la que afirma que no pueden prescindir de ninguna de las bombas actuales.

3. **Alternativa 2.-** Se plantea la construcción de una nueva estación de bombeo para instalar las nuevas bombas, sin tener que cambiar ninguna de la ya existentes, con objeto de no perder potencia de bombeo, pero a su vez, tener la posibilidad de tener más opciones de variar caudal-presión en la red.

   Al igual que en la alternativa anterior, se instalan variadores en bombas nuevas, con el fin de eliminar las constantes paradas-arranques y poder regular el caudal de funcionamiento en la medida de lo posible.

   Se proyecta instalar unos filtros para eliminar la almeja asiática en cabecera de las redes principales, para eliminar los constantes colapsos de la red. Además, de esta forma, se podrá reducir la presión de bombeo en la red y por consiguiente disminuir el consumo energético.

   Para la poder bajar la presión en la red de riego es necesarias la ejecución de un by-pass en la base de la torre de elevación, para evitar que toda el agua bombeada tenga que pasar obligatoriamente por la copa de la torre de elevación.

   Se proyectará un sistema de automatización y telecontrol que permita conocer el estado de las instalaciones de bombeo existentes con actuación directa sobre las bombas, pudiendo actuar en el arranque o parada de las mismas, así como en la variación de la relación de las consignas de caudal-presión para ajustarlas a las demandas de la red con el menor consumo energético posible. También se realizará la lectura de presiones en la red de riego mediante la instalación de transductores de presión para optimizar la consigan de presiones de la red bajándolas al mínimo necesario en cada momento.

3.2 EXAMEN MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS

Se exponen a continuación las ventajas y desventajas de cada alternativa.

<u>Alternativa 0</u>

Ventajas:

- La no actuación tiene un coste cero desde el punto de vista del gasto
- No requiere el uso de materiales, consumo de recursos naturales, ni mano de obra, puesto que no se realiza ninguna actuación.
- No genera ningún impacto ambiental ni social.

Desventajas:

- El consumo de energía es muy elevado (4.006.295 kWh/año), lo que se traduce en altas emisiones de CO2

- Los costes energéticos son altos
- Las bombas existentes experimentan arranques continuos y bruscos, con los consecuentes golpes de ariete y desgastes mecánicos que esto conlleva.
- Dificultad de regular el caudal bombeado para adaptarlo a la demanda.
- No existe la posibilidad de trabajar con presiones más bajas cuando la demanda es menor.
- Toda el agua bombeada tiene que pasar obligatoriamente por la copa de la torre de elevación y, por tanto, bombearse a 80 mca.
- Se dispone de cabezales de filtrado a la entrada de los ramales principales, los cuales están reteniendo mucha suciedad dada la cantidad de arrastres que contiene el agua de riego (principalmente almeja asiática). Esto hace que los prefiltros de protección de dichos sistemas de filtrado queden colmatados produciendo unas grandes pérdidas de carga puntuales y que obligan a mantener una presión en la red de riego superior a la necesaria, lo cual implica directamente un mayor gasto energético.
- Dificultad para conocer el estado de las instalaciones de bombeo existentes, no pudiendo actuar sobre las variables caudal-presión para ajustarlas a las demandas de la red.
- No se monitoriza la lectura de presiones en la red de riego para poder actuar en consecuencia.

Alternativa 1

Ventajas:

- Se disminuye el consumo de energía eléctrica por la implantación de los variadores de frecuencia en el bombeo
- Se consigue ajustar en parte el caudal bombeado a la demanda, pero no en su totalidad ya que las bombas existentes sólo pueden bajar hasta una presión de 70 mca y sólo con altos caudales (por su curva de funcionamiento ya que fueron diseñadas para funcionamiento en condiciones fijas).
- Existe la posibilidad de trabajar con presiones más bajas cuando la demanda es menor.
- Considerando una presión de funcionamiento de 70 mca en los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre más parte de junio y julio, se conseguiría un ahorro de unos 233.246 kWh/año frente al consumo actual.
- El ahorro energético se estimará de forma proporcional a la disminución de la altura de bombeo que se produce con las nuevas bombas frente a los 80 mca de altura de bombeo fijo actual, lo cual equivale a suponer que las bombas actuales y las futuras tienen el mismo rendimiento. Se podría haber considerado el ahorro energético que se produce por usar las bombas nuevas frente a las antiguas, por los mejores rendimientos que aportan las nuevas bombas, pero se ha preferido no hacerlo pues no se conocen los rendimientos reales de las bombas existentes y, de este modo, la estimación realizada

queda del lado de la seguridad. Para cada mes se fijará una altura de bombeo en función de las necesidades de agua (proporcional al consumo de energía) y se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 1. Altura de bombeo para cada mes. Alternativa 1.

MES	CONSUMO ACTUAL (kWh)	ALTURA DE BOMBEO FUTURA (mca)
ENERO	11.150	Sin riego
FEBRERO	9.603	Sin riego
MARZO	25.574	70 mca
ABRIL	133.699	70 mca
MAYO	366.531	70 mca
JUNIO	735.356	80 mca menos 8 horas al día que se bombeo a 70 mca
JULIO	1.015.015	80 mca todo el mes
AGOSTO	951.703	80 mca menos 8 horas al día que se bombeo a 70 mca
SEPTIEMBRE	498.607	70 mca
OCTUBRE	207.453	70 mca
NOVIEMBRE	36.235	70 mca
DICIEMBRE	15.367	Sin riego
TOTAL	**4.006.295**	

Detrayendo del consumo actual (media de los años 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020), el ahorro de energía conseguido por la disminución de la altura de bombeo sería:

Tabla 2.Cálculo de ahorro de energía. Alternativa 1.

MES	CONSUMO ACTUAL (kWh)	AHORRO ENERGIA (kWh)	CONSUMO FUTURO (kWh)
ENERO	11.150	0	11.150
FEBRERO	9.603	0	9.603
MARZO	25.574	3.197	22.378
ABRIL	133.699	16.712	116.987
MAYO	366.531	45.816	320.714
JUNIO	735.356	35.469	699.887
JULIO	1.015.015	0	1.015.015
AGOSTO	951.703	39.264	912.439
SEPTIEMBRE	498.607	62.326	436.281
OCTUBRE	207.453	25.932	181.522
NOVIEMBRE	36.235	4.529	31.706
DICIEMBRE	15.367	0	15.367
TOTAL	**4.006.295**	**233.246**	**3.773.049**

- Se alarga la vida de las bombas por la implantación de los variadores de frecuencia.
- Se disminuyen las pérdidas de carga por colmatación de filtros.
- Monitorización del estado de las instalaciones de bombeo existentes, pudiendo actuar sobre las variables caudal-presión para ajustarlas a las demandas de la red, pero con una regulación limitada
- Disminución del consumo de recursos naturales por el ahorro de energía.

Desventajas:

- Se disminuye el caudal máximo en la época de máxima demanda (se sustituyen algunas de las bombas existentes por otras de menor caudal-potencia), lo cual podría afectar al sistema de riego a la demanda implantado.
- El coste de la implantación no supone una desventaja ya que se amortiza con el ahorro de energía, teniendo la posibilidad de aprovecharse de las ayudas del "Plan para la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en regadíos" incluido en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR).

Alternativa 2

Ventajas:

- Se consigue ajustar completamente el caudal bombeado a la demanda con las bombas nuevas accionadas todas por variadores de frecuencia. Se podrá trabajar con presiones de 60, 70 y 80 mca. Se conseguiría un ahorro de unos 353.170 kWh/año frente al consumo actual. El ahorro energético se estimará de forma proporcional a la disminución de la altura de bombeo que se produce con las nuevas bombas frente a los 80 mca de altura de bombeo fijo actual, lo cual equivale a suponer que las bombas actuales y las futuras tienen el mismo rendimiento
- Para cada mes se fijará una altura de bombeo en función de las necesidades de agua (proporcional al consumo de energía) y se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 3. Altura de bombeo para cada mes. Alternativa 2.

MES	CONSUMO ACTUAL (kWh)	ALTURA DE BOMBEO FUTURA (mca)
ENERO	11.150	Sin riego
FEBRERO	9.603	Sin riego
MARZO	25.574	60 mca
ABRIL	133.699	60 mca
MAYO	366.531	63 mca (se toma 60 mca los primeros 10 días del mes y el resto del mes 70 mca)
JUNIO	735.356	80 mca menos 8 horas al día que se bombeo a 70 mca
JULIO	1.015.015	80 mca todo el mes
AGOSTO	951.703	80 mca menos 8 horas al día que se bombeo a 70 mca
SEPTIEMBRE	498.607	63 mca (se toma 60 mca los últimos 10 días del mes y el resto del mes 70 mca)
OCTUBRE	207.453	60
NOVIEMBRE	36.235	60
DICIEMBRE	15.367	Sin riego
TOTAL	**4.006.295**	

Detrayendo del consumo actual (media de los años 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020), el ahorro de energía conseguido por la disminución de la altura de bombeo sería:

Tabla 4.Cálculo de ahorro de energía. Alternativa 2.

MES	CONSUMO ACTUAL (kWh)	AHORRO ENERGIA (kWh)	CONSUMO FUTURO (kWh)
ENERO	11.150	0	11.150
FEBRERO	9.603	0	9.603
MARZO	25.574	6.394	19.181
ABRIL	133.699	33.425	100.274
MAYO	366.531	77.888	288.643
JUNIO	735.356	29.319	706.037
JULIO	1.015.015	0	1.015.015
AGOSTO	951.703	39.268	912.436
SEPTIEMBRE	498.607	105.954	392.653
OCTUBRE	207.453	51.863	155.590
NOVIEMBRE	36.235	9.059	27.177
DICIEMBRE	15.367	0	15.367
TOTAL	**4.006.295**	**353.170**	**3.653.125**

- Se alarga la vida de las bombas por la implantación de los variadores de frecuencia evitando las constantes paradas y arranques.
- Existe la posibilidad de trabajar con presiones más bajas cuando la demanda es menor.
- Se aumenta la garantía de suministro al tener más bombas y totalmente nuevas
- Se disminuyen las pérdidas de carga por colmatación de filtros.
- Monitorización del estado de las instalaciones de bombeo existentes, pudiendo actuar sobre las variables caudal-presión para ajustarlas a las demandas de la red.
- La lectura de caudalímetros se realiza de forma automática.
- Disminución del consumo de recursos naturales por el ahorro de energía.

Desventajas:

- El coste económico es más elevado que en la Alternativa 1.
- El coste de la implantación no supone una desventaja, ya que se amortiza con el ahorro, el aumento de la garantía de suministro y la flexibilidad de funcionamiento del sistema conseguido.

3.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Atendiendo a las diferentes alternativas estudiadas, la Alternativa 2 es la más viable ya que es la que mayor ahorro energético produce que es el principal objetivo de este proyecto, consiguiendo la mayor disminución posible de emisiones de CO2.

Además, esta solución es la mejor desde el punto de vista técnico para la explotación de las instalaciones, ya que mejora la garantía de funcionamiento del sistema.

4 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Una vez que se ha elegido una alternativa, se procede a estudiar en detalle cada una de las opciones que se pueden contemplar para el diseño de los elementos principales del proyecto que serán:

1. Ubicación de la nueva estación de bombeo
2. By-pass a la torre elevadora.
3. Filtrados hidrociclonicos anti-almejas en cabecera de los tres ramales principales.
4. Automatización de la nueva estación de bombeo.
5. Telelectura de presiones en la red de riego (entrada y salida de cabezales de filtrado existentes).

La única actuación que puede dar lugar a un análisis específico es la ubicación de la nueva estación de bombeo, ya que el resto de actuaciones están sobre instalaciones existentes.

La nueva estación de bombeo se tiene que ejecutar dentro de los terrenos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana donde ya existe la estación de bombeo actual y la balsa de regulación. Se han estudiado distintas ubicaciones dentro de las servidumbres y distancias de seguridad que hay que mantener a las tuberías de impulsión y a las líneas eléctricas que existen en dichas parcelas. Se muestran a continuación.

Figura 1. Opción 1: Nueva estación de bombeo fuera del recinto del actual bombeo (dentro de parcela de la balsa)

Figura 2. Opción 2: Nueva estación de bombeo dentro del recinto del bombeo

Figura 3. Opción 3: Nueva estación de bombeo dentro del recinto del bombeo

Técnicamente las tres opciones son viables, **habiendo sido elegida la Opción 3** por la Comunidad de Regantes de Guadiana junto con la Comunidad General del Canal de Montijo por ser la que menos servidumbres nuevas genera.

El esquema hidráulico de la solución adoptada corresponde a la siguiente figura.

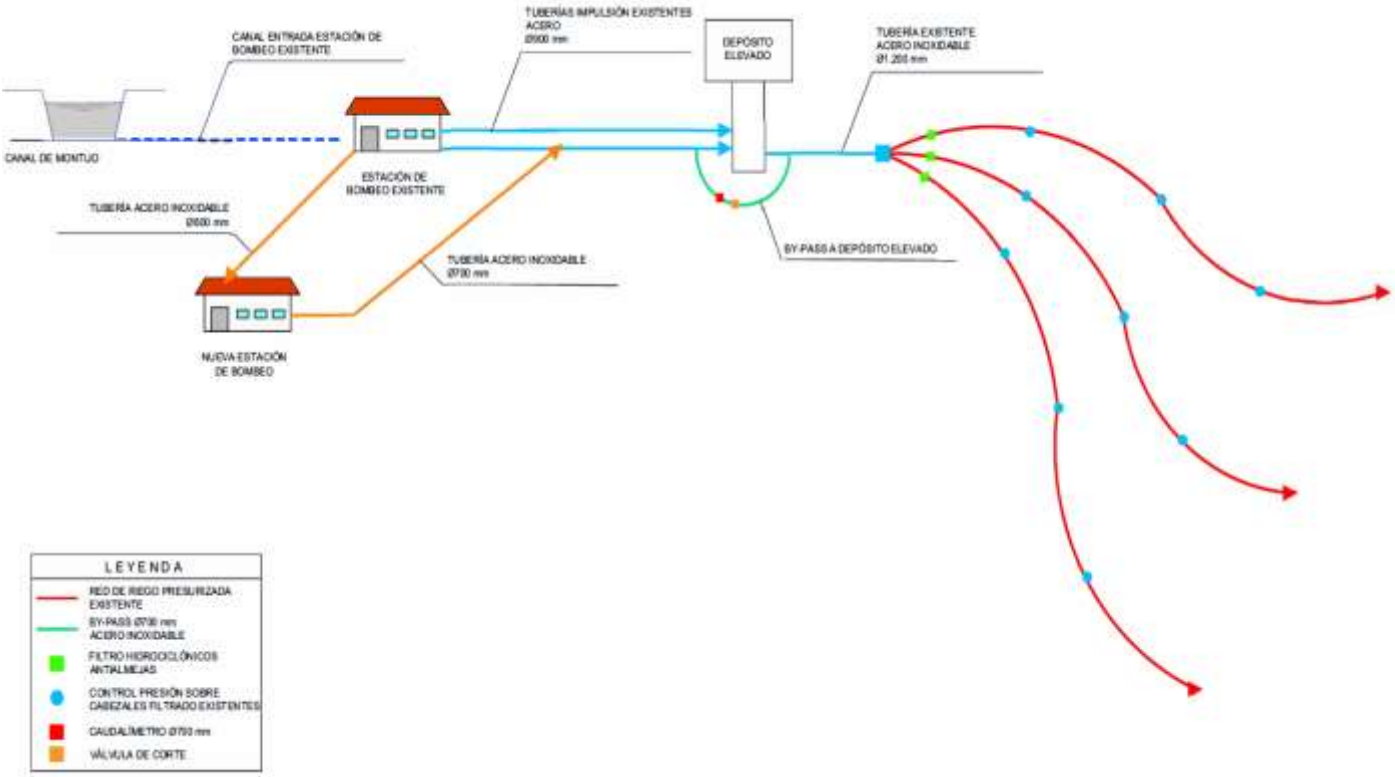

Figura 4. Esquema hidráulico de la alternativa seleccionada

Desde el punto de vista medioambiental, cualquiera de las opciones planteadas son viables ya que se ejecutan en terrenos ya urbanizados o sobre instalaciones existentes, luego no generan afecciones y, sobre todo, conllevan un ahorro energético por lo que se reducen emisiones de CO_2.

Desde el punto de vista económico, tendrían un coste muy similar cualquiera de las opciones que son viables, luego se escoge la que por ubicación menos servidumbres genera.

5 COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA ZONA REGABLE TRAS LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO FRENTE A LA ACTUAL

Con esta alternativa de diseño se conseguirá un ahorro energético frente a la situación actual en estos aspectos:

- Se reducirá la presión de bombeo, lo cual es directamente proporcional a la energía consumida por la estación de bombeo.
- Se reducirán las pérdidas de carga en los cabezales de filtrado existentes en la red de riego al eliminar las obstrucciones que genera la almeja asiática.

6 ESTUDIO DE MATERIALES DE LAS TUBERÍAS

El estudio de materiales tiene como objetivo determinar el uso de uno u otro tipo de material para las tuberías de conexión a emplear: conexión de nueva estación de bombeo con tubería de impulsión y tuberías para el by-pass. Los diámetros son de 700 y 800 mm. Para este tipo de obras se podrá utilizar:

- Acero soldado helicoidalmente (ASH)
- Hormigón armado con camisa de chapa (HACC)
- Hormigón postesado con camisa de chapa (HPCC)
- Fundición dúctil (FD).

Las tuberías de HPCC, HACC y FD se descartan por la existencia de uniones y porque las conducciones a diseñar son muy cortas y prácticamente se tienen que hacer a medida e in situ.

La tubería de impulsión es de acero. La Comunidad de Regantes cuando realiza cualquier reparación en este tipo de tuberías-colectores en zonas donde existe urbanización (como son los bombeos) o son muy importantes para la garantía del riego, está instalando acero inoxidable. Dada la escasa longitud de tuberías a instalar, donde quedarán enterradas (rodeadas de edificaciones e instalaciones) y a la importancia de su larga durabilidad y buen funcionamiento, se decide ejecutar las conducciones en acero inoxidable AISI 304 (EN 1.4301).