

# MEMORIA

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>PROMOTOR.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA REGABLE Y JUSTIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROYECTADAS.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA.....</b>	<b>12</b>
5.1	CRITERIOS DE ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS .....	14
5.1.1	<i>Alternativas de ubicación de la balsa de regulación .....</i>	<i>14</i>
5.1.2	<i>Alternativas de trazado de la tubería de transporte .....</i>	<i>16</i>
5.1.3	<i>Sectorización en redes de riego presurizadas por bombeo y por gravedad.....</i>	<i>17</i>
5.1.4	<i>Alternativas de ubicación de la estación de bombeo y filtrado .....</i>	<i>18</i>
5.1.5	<i>Alternativas de alimentación energética de la estación de bombeo y filtrado.....</i>	<i>19</i>
5.2	ALTERNATIVA SELECCIONADA .....	22
5.3	ESTUDIO DE MATERIALES DE LAS TUBERÍAS .....	24
<b>6</b>	<b>LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO.....</b>	<b>25</b>
6.1	LOCALIZACIÓN.....	25
6.2	CLIMATOLOGÍA .....	25
6.3	EDAFOLOGÍA Y LITOLOGÍA .....	26
6.4	HIDROLOGÍA .....	29
6.4.1	<i>Aguas superficiales.....</i>	<i>29</i>
6.4.2	<i>Aguas subterráneas.....</i>	<i>30</i>
6.5	HIDROGEOLOGÍA .....	31
<b>7</b>	<b>INGENIERÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>33</b>
7.1	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS .....	33
7.1.1	<i>Excavabilidad y estabilidad de las zanjas .....</i>	<i>34</i>
7.1.2	<i>Recomendaciones para la cimentación del campo fotovoltaico .....</i>	<i>37</i>
7.2	ESTUDIO ARQUEOLÓGICO.....	37
7.3	CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA .....	39
7.3.1	<i>Levantamientos topográficos de detalle.....</i>	<i>40</i>
7.3.2	<i>Procedimiento de toma de datos.....</i>	<i>41</i>
7.3.3	<i>Trabajo de gabinete.....</i>	<i>41</i>
7.4	SUPERFICIE OBJETO DEL PROYECTO .....	42
7.5	INGENIERÍA DE DISEÑO. CONDICIONANTES Y CRITERIOS DE DISEÑO.....	42

7.6	SISTEMA DE RIEGO. PARÁMETROS DEFINITORIOS .....	47
<b>8</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES PROYECTADAS .....</b>	<b>47</b>
8.1	ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO: OBRA CIVIL Y URBANIZACIÓN .....	48
8.1.1	<i>Sala eléctrica .....</i>	<i>48</i>
8.1.2	<i>Urbanización.....</i>	<i>49</i>
8.2	ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO: CABEZAL DE FILTRADO .....	50
8.3	ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO: EQUIPOS DE BOMBEO .....	55
8.3.1	<i>Subsector de bombeo bajo.....</i>	<i>57</i>
8.3.2	<i>Subsector de bombeo alto.....</i>	<i>60</i>
8.3.3	<i>Potencia instalada y potencia consumida .....</i>	<i>63</i>
8.3.4	<i>Diseño de los colectores de la estación de bombeo .....</i>	<i>63</i>
8.3.5	<i>Determinación de altura presión del bombeo.....</i>	<i>64</i>
8.3.6	<i>Cálculo del NPSH.....</i>	<i>65</i>
8.3.7	<i>Cálculo golpe de ariete.....</i>	<i>65</i>
8.4	CAMPO SOLAR FOTOVOLTAICO.....	65
8.4.1	<i>Cálculo de la producción energética .....</i>	<i>67</i>
8.4.2	<i>Estimación de producción de energía mensual y anual.....</i>	<i>75</i>
8.4.3	<i>Estimación de la energía autoconsumida .....</i>	<i>77</i>
8.4.4	<i>Ahorro de energía y de emisiones de CO<sub>2</sub>.....</i>	<i>79</i>
8.4.5	<i>Componentes de la instalación fotovoltaica .....</i>	<i>80</i>
8.5	ELECTRIFICACIÓN.....	94
8.5.1	<i>Objetivos.....</i>	<i>94</i>
8.5.2	<i>Conexión en MT .....</i>	<i>94</i>
8.5.3	<i>Línea subterránea MT .....</i>	<i>95</i>
8.5.4	<i>Centro de transformación .....</i>	<i>95</i>
8.5.5	<i>Instalación solar fotovoltaica .....</i>	<i>95</i>
8.5.6	<i>Instalación eléctrica de baja tensión.....</i>	<i>99</i>
8.5.7	<i>Necesidades de energía eléctrica .....</i>	<i>100</i>
8.5.8	<i>Instalación eléctrica de fuerza .....</i>	<i>100</i>
8.5.9	<i>Instalación eléctrica de alumbrado.....</i>	<i>101</i>
8.5.10	<i>Elementos de protección .....</i>	<i>102</i>
8.5.11	<i>Puesta a tierra .....</i>	<i>103</i>
8.5.12	<i>Ventilación forzada en la sala eléctrica .....</i>	<i>103</i>
8.6	RED DE RIEGO .....	103
8.6.1	<i>Caudales de diseño de cada uno de los niveles hidráulicos.....</i>	<i>105</i>
8.6.2	<i>Diseño de agrupaciones y contadores de parcela .....</i>	<i>108</i>
8.6.3	<i>Presiones de diseño de cada uno de los niveles hidráulicos.....</i>	<i>114</i>
8.6.4	<i>Diseño de la red de riego .....</i>	<i>121</i>

8.6.5	<i>Piezas especiales de calderería</i> .....	140
8.6.6	<i>Movimiento de tierras: zanjas para tuberías</i> .....	141
8.6.7	<i>Ventosas</i> .....	142
8.6.8	<i>Desagües de la red</i> .....	148
8.6.9	<i>Válvulas de corte</i> .....	150
8.7	<b>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL</b> .....	152
8.7.1	<i>Red de alta</i> .....	153
8.7.2	<i>Red de baja</i> .....	154
8.7.3	<i>Sistema de comunicaciones</i> .....	155
8.7.4	<i>Centro de control</i> .....	158
8.7.5	<i>Software control Scada</i> .....	159
8.7.6	<i>Unidades remotas en terminales de riego</i> .....	164
8.7.7	<i>Concentradoras</i> .....	168
8.7.8	<i>Autómatas para el control de la red de alta</i> .....	169
8.7.9	<i>Pantalla táctil en la red de alta</i> .....	169
8.7.10	<i>Especificaciones de funcionamiento de las instalaciones de riego</i> .....	169
8.7.11	<i>Elementos del telecontrol y automatización</i> .....	171
8.8	<b>RETIRADA DE INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO ANTIGUAS COINCIDENTES CON LA TRAZA</b> .....	172
8.9	<b>ESTUDIO ESPECÍFICO DE ACCIONES SÍSMICAS</b> .....	173
<b>9</b>	<b>REQUISITOS ADMINISTRATIVOS</b> .....	<b>173</b>
9.1	<b>MARCO NORMATIVO</b> .....	173
9.2	<b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b> .....	177
9.3	<b>TRAMITACIÓN AMBIENTAL</b> .....	177
9.4	<b>ADECUACIÓN DEL PROYECTO DE LA FASE II CON EL DOCUMENTO AMBIENTAL</b> .....	179
9.4.1	<i>Adecuación en lo referente al diseño del proyecto</i> .....	179
9.4.2	<i>Afecciones ambientales del proyecto</i> .....	186
9.4.3	<i>Adecuación en lo referente a las medidas medioambientales</i> .....	190
9.4.4	<i>Conclusiones</i> .....	193
9.5	<b>PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES</b> .....	193
9.6	<b>OCUPACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS: EXPROPIACIONES</b> .....	194
9.7	<b>SERVICIOS AFECTADOS, PERMISOS Y LICENCIAS</b> .....	196
9.8	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b> .....	198
9.9	<b>PLAZO DE EJECUCIÓN, PLAN DE OBRA Y PERIODO DE GARANTÍA,</b> .....	199
9.10	<b>PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD</b> .....	199
9.11	<b>MANIFESTACIÓN DE OBRA COMPLETA</b> .....	200
<b>10</b>	<b>INFORMACIÓN FEADER/PNDR 2014-2020</b> .....	<b>200</b>

---

<b>11</b>	<b>DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO .....</b>	<b>201</b>
<b>12</b>	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>202</b>

### **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b>	<b>Cultivos actuales y superficie .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 2.</b>	<b>Balance de movimiento de tierras .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3.</b>	<b>Litología .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 4.</b>	<b>Tabla resumen de tramos de zanja en terreno compacto .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 5.</b>	<b>Tabla resumen de tramos de zanja en terreno transito .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 6.</b>	<b>Tabla resumen de tramos de zanja en terreno duro con zanjadora.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 7.</b>	<b>Resumen de tramos de zanja en terreno duro, uso de martillo.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 8.</b>	<b>Trabajos topográficos de detalle.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 9.</b>	<b>Caudal ficticio continuo por tipo de cultivo.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 10.</b>	<b>Dotación bruta en función de la distribución de cultivos.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 11.</b>	<b>Tipos de cultivo con superficie y sistema de riego .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 12.</b>	<b>Datos de diseño de la estación de bombeo y filtrado .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 13.</b>	<b>Características de la estación de bombeo y filtrado .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 14.</b>	<b>Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 210 l/s a 25 mca .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 15.</b>	<b>Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 130 l/s a 50 mca .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 16.</b>	<b>Potencias de los grupos de bombeo .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 17.</b>	<b>Perdidas de carga totales de la estación de bombeo.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 18.</b>	<b>Temperaturas máxima en celda .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 19.</b>	<b>Pérdida de potencia por mes .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 20.</b>	<b>Pérdidas en %.....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 21.</b>	<b>Datos de producción de energía campo FV del proyecto de Fase II (393,6 kWp).....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 22.</b>	<b>Datos de autoconsumo del proyecto de Fase II (393,6 kWp) .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 23.</b>	<b>Datos de consumo de energía de apoyo.....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 24.</b>	<b>Características técnicas de los paneles proyectados (I) .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 25.</b>	<b>Resultados para posible configuración en serie .....</b>	<b>97</b>

---

<b>Tabla 26.</b> Resultados para posible configuración en paralelo .....	97
<b>Tabla 27.</b> Resumen configuración elegida para la instalación fotovoltaica .....	98
<b>Tabla 28.</b> Elección del variador solar necesario para la instalación fotovoltaica .....	98
<b>Tabla 29.</b> Listado de potencias instalación Estación Bombeo y Filtrado .....	100
<b>Tabla 30.</b> Cálculo alumbrado emergencia en Sala eléctrica .....	102
<b>Tabla 31.</b> Eficiencias en el sistema de aplicación del Anejo nº 3 del Plan Hidrológico.....	106
<b>Tabla 32.</b> Cálculo de dotación de riego en base a la jornada establecida .....	108
<b>Tabla 33.</b> Resumen del caudal de cada tipo de válvula hidráulica.....	110
<b>Tabla 34.</b> Resumen diámetro agrupaciones .....	111
<b>Tabla 35.</b> Resumen del caudal de cada tipo de contador .....	113
<b>Tabla 36.</b> Resumen de número de contadores .....	113
<b>Tabla 37.</b> Resumen de número de conexiones de contadores a tubería secundaria .....	113
<b>Tabla 38.</b> Presiones calculadas en agrupaciones. Sector Gravedad Ramal G-1 (Fase II).....	116
<b>Tabla 39.</b> Presiones calculadas en agrupaciones. Sector Gravedad Ramal G-2 (Fase II).....	118
<b>Tabla 40.</b> Presiones calculadas en agrupaciones. Subsector de Bombeo Bajo (Fase II).....	120
<b>Tabla 41.</b> Presiones mínimas calculadas en acometidas en parcela .....	121
<b>Tabla 42.</b> Tuberías de PVC Orientado 12,5. Sector Gravedad Ramal G-1.....	127
<b>Tabla 43.</b> Tuberías de PVC Orientado 16. Sector Gravedad Ramal G-1.....	128
<b>Tabla 44.</b> Tuberías de PVC Orientado 20 atm. Sector Gravedad Ramal G-1 .....	128
<b>Tabla 45.</b> Tuberías de PEAD 10 atm. Sector Gravedad Ramal G-1. ....	128
<b>Tabla 46.</b> Tuberías de PEAD 16 atm. Sector Gravedad Ramal G-1. ....	128
<b>Tabla 47.</b> Tuberías de PVC Orientado 12,5 atm. Sector Gravedad Ramal G-2. ....	129
<b>Tabla 48.</b> Tuberías de PVC Orientado 16 atm. Sector Gravedad Ramal G-2. ....	129
<b>Tabla 49.</b> Tuberías de PEAD 16 atm. Sector Gravedad Ramal G-2. ....	130
<b>Tabla 50.</b> Tuberías de PVC Orientado 12,5 atm. Subsector Bombeo Bajo .....	130
<b>Tabla 51.</b> Tuberías de PEAD 10 atm. Subsector Bombeo Bajo.....	130
<b>Tabla 52.</b> Tuberías de PVC Orientado .....	131
<b>Tabla 53.</b> Tuberías de PEAD .....	131

<b>Tabla 54.</b> Longitud tubería secundaria por agrupación y por diámetro. Gravedad Ramal G-1. .....	134
<b>Tabla 55.</b> Longitud de tubería secundaria por agrupación y por diámetro. Gravedad Ramal G-2. .....	136
<b>Tabla 56.</b> Longitud tubería secundaria por agrupación y por diámetro. Subsector Bombeo Bajo. .....	138
<b>Tabla 57.</b> Longitud de tubería secundaria por agrupación y por diámetro. Tabla Resumen. ..	139
<b>Tabla 58.</b> Espesores mínimos piezas calderería.....	140
<b>Tabla 59.</b> Movimiento de tierras tuberías primarias y secundarias .....	142
<b>Tabla 60.</b> Dimensionamiento ventosas.....	143
<b>Tabla 61.</b> Ventosas instaladas en el Sector de Gravedad Ramal G-1 .....	145
<b>Tabla 62.</b> Ventosas instaladas en el Sector de Gravedad Ramal G-2.....	146
<b>Tabla 63.</b> Ventosas instaladas en el Sector de Bombeo Bajo.....	147
<b>Tabla 64.</b> Resumen Ventosas instaladas. ....	147
<b>Tabla 65.</b> Resumen tuberías de desagüe en el Sector Gravedad 1 Ramal G-1 .....	149
<b>Tabla 66.</b> Resumen tuberías de desagüe en el Sector Gravedad 2 Ramal G-2.....	149
<b>Tabla 67.</b> Resumen tuberías de desagüe en el subsector Bombeo Bajo .....	149
<b>Tabla 68.</b> Resumen tuberías de desagüe.....	149
<b>Tabla 69.</b> Resumen válvulas de corte en el Sector Gravedad 1 Ramal G-1 .....	150
<b>Tabla 70.</b> Resumen válvulas de corte en el Sector Gravedad 2 Ramal G-2.....	151
<b>Tabla 71.</b> Resumen válvulas de corte en el subsector Bombeo Bajo .....	151
<b>Tabla 72.</b> Resumen válvulas de corte. ....	151
<b>Tabla 73.</b> Características puntos de control (Red alta) .....	154
<b>Tabla 74.</b> Características puntos de control (Red baja) .....	155
<b>Tabla 75.</b> Características puntos de control (Red alta) .....	163
<b>Tabla 76.</b> Tabla de unidades de obra (I).....	171
<b>Tabla 77.</b> Tabla de unidades de obra (II).....	171
<b>Tabla 78.</b> Tabla de unidades de obra (II).....	172
<b>Tabla 79.</b> Tabla de remotas .....	172

<b>Tabla 80.</b> Resumen superficies expropiaciones definitivas .....	195
<b>Tabla 81.</b> Resumen superficies ocupación temporal.....	195
<b>Tabla 82.</b> Resumen superficies servidumbre de paso .....	196
<b>Tabla 83.</b> Valoración de indemnización por daños a cultivos.....	196
<b>Tabla 81.</b> Número de servicios afectados .....	198

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Características expediente concesional M-3369/2012 .....	5
<b>Figura 2.</b> Opciones A, B, C y D para la ubicación de la balsa de regulación.....	15
<b>Figura 3.</b> Opción elegida de trazado .....	17
<b>Figura 4.</b> Edafología de la zona objeto de estudio .....	27
<b>Figura 5.</b> Litología de la zona objeto de estudio.....	28
<b>Figura 6.</b> Situación de las masas de agua superficiales sobre la zona de estudio.....	30
<b>Figura 7.</b> Situación de las masas de agua subterráneas sobre la zona de estudio.....	31
<b>Figura 8.</b> Mapa Hidrogeológico de la zona de estudio.....	32
<b>Figura 9.</b> Extracto informe intervención arqueológica .....	38
<b>Figura 10.</b> Curvas características de bomba de 210 l/s a 25 mca .....	58
<b>Figura 11.</b> Curvas características de bomba de 210 l/s a 25 mca a distintas revoluciones .....	59
<b>Figura 12.</b> Curvas características de bomba de 130 l/s a 50 mca .....	61
<b>Figura 13.</b> Curvas características de bomba de 130 l/s a 50 mca a distintas revoluciones .....	62
<b>Figura 14.</b> Cálculo geométrico de la distancia entre filas de módulos .....	70
<b>Figura 15.</b> Disposición de la mesa “tipo” de soportación de módulos FV .....	81
<b>Figura 16.</b> Esquema de componentes del variador de frecuencia.....	86
<b>Figura 17.</b> Hidrante de agrupación .....	111
<b>Figura 18.</b> Ejemplos de secciones de zanjas tipo .....	132
<b>Figura 19.</b> Ejemplos de secciones de zanjas tipo .....	139
<b>Figura 20.</b> Tubería primaria con hidrantes de agrupación .....	184
<b>Figura 21.</b> Red de tuberías secundarias de la Agrupación 96 .....	185

<b>Figura 22.</b> Red de tuberías secundarias de la Agrupación 169 .....	186
<b>Figura 23.</b> Cruce 1 de la red de riego con vía pecuaria recogido en la Documentación Ambiental .....	188
<b>Figura 24.</b> Cruce 1 de la red de riego con vía pecuaria recogido en el proyecto de la Fase II y Cruce 1 previsto en la Documentación Ambiental .....	188
<b>Figura 25.</b> Cruce 2 de la red de riego con vía pecuaria .....	189
<b>Figura 26.</b> Cruce 2 de la red de riego con vía pecuaria en el proyecto de la Fase II y Cruce 2 previsto en la Documentación Ambiental .....	189

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

<b>Fotografía 1.</b> Estado de infraestructuras de riego 1 .....	8
<b>Fotografía 2.</b> Estado de infraestructuras de riego 2 .....	9
<b>Fotografía 3.</b> Estado de infraestructuras de riego 3 .....	9
<b>Fotografía 4.</b> Estado de infraestructuras de riego 4 .....	10
<b>Fotografía 5.</b> Estado de infraestructuras de riego 5 .....	10
<b>Fotografía 6.</b> Estado de infraestructuras de riego 6 .....	11

## **ÍNDICE DE ESQUEMAS**

<b>Esquema 1.</b> Esquema general hidráulico .....	23
<b>Esquema 2.</b> Esquema general funcionamiento del sistema fotovoltaico .....	96
<b>Esquema 3.</b> Configuración final de la instalación .....	157

## **1 ANTECEDENTES**

En agosto de 2020 la Comunidad de Regantes Pozo Alcón, Cuevas del Campo e Hinojares obtuvo la Modificación de Características de la Concesión para adaptarla a la realidad actual de la zona regable, habiendo sido tramitada ante la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

La Comunidad de Regantes Pozo Alcón, Cuevas del Campo e Hinojares cuenta con dos colectividades, la Colectividad de Pozo Alcón e Hinojares (Jaén) y la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada), que coinciden con el límite provincial. Cada Colectividad tiene su junta directiva y sus asambleas, y al mismo tiempo se integran en un órgano superior, que es la Comunidad de Regantes, con una junta directiva y asambleas distintas a las de las Colectividades. Ambas Colectividades son independientes a la hora de ejecutar las actuaciones de mejora y modernización y, de este modo, la Colectividad de Pozo Alcón tiene gran parte de sus instalaciones modernizadas (riego por goteo con tuberías presurizadas) y la Colectividad de Cuevas del Campo aún no. En el presente proyecto se aborda la modernización de la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada).

Por Real Decreto de 18 de junio de 1875 se otorgó a D. José María Iturralde y consocios una concesión para construir un canal derivado del río Guadalentín (Canal de Iturralde) con objeto de poner en riego una extensión de 8.800 ha en los términos municipales de Pozo Alcón (Jaén) y Zújar (Granada).

Por Real Orden de 7 de agosto de 1875 se aprobó una transferencia de la concesión por un plazo de 99 años en favor de D. Antonio Lazo, aportándose a la Sociedad Lazo, Pacheco y Martínez.

Por Real Decreto de 24 de mayo de 1891 se modifica la concesión y en el año 1914 entra en liquidación dicha Sociedad. Cabe destacar que durante este período las obras del canal se encontraban sin acabar. Durante el periodo 1914-1954 la explotación continuó en manos de los herederos de la Sociedad Lazo, Pacheco y Martínez.

Con fecha 23 de abril de 1936 se aprueban las ordenanzas y reglamentos de la Comunidad de Regantes del Canal de Pozo Alcón y Zújar, determinándose que el agua disponible para una superficie de 2.004,3431 ha regadas perteneciente a la Comunidad de Regantes era la contratada entre los usuarios y la Sociedad Lazo, Pacheco y Martínez.

En el año 1947 la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, debido en parte al grave estado de deterioro del canal, realizó un examen técnico (Informe relativo al estado actual del Canal de Guadalentín, 1947) a raíz del cual se acuerda la reconstrucción del mismo.

Por Orden Ministerial de 21 de julio de 1954 fue aprobada la transferencia de la concesión a Riegos y Energía del Guadalentín SA. Dicha Sociedad (REGSA) acomete una serie de trabajos de conservación, mejora y aumento de los regadíos, apoyándose en los recursos aportados inicialmente por el denominado Plan Jaén (1953). Este Plan, dentro del cual quedaba incluida la Zona del Guadalentín, perseguía la industrialización de la provincia, la aplicación de la política de colonización y la dotación de infraestructuras al objeto de reducir el paro agrícola y fomentar el desarrollo económico de la provincia de Jaén.

Por Orden Ministerial de 25 de junio de 1957 se autorizó al Ministerio de Obras Públicas para adquirir por rescate voluntario las obras e instalaciones del Canal de Iturralde. El propio Ministerio por Orden de 3 de agosto de 1963 resolvió suspender el trámite de rescate e iniciar el expediente de caducidad.

Por Orden Ministerial de 21 de enero de 1967, de conformidad con el dictamen del Consejo de Estado, se aprueba la caducidad de la concesión de la que era titular la Sociedad Riegos y Energía del Guadalentín SA, la pérdida de fianza, así como ofrecer a la Comunidad de Regantes de Pozo Alcón y Zújar la posibilidad de constituirse como nueva concesionaria.

Finalmente, por Orden Ministerial de 21 de marzo de 1973 se declara nueva concesionaria del Canal de Iturralde a la Comunidad de Regantes del Canal de Pozo Alcón y Zújar (actualmente Cuevas del Campo, segregado como municipio independiente de Zújar por Real Decreto 2916/1980, de 21 de noviembre). El aprovechamiento de aguas aprobado por Orden Ministerial de 21 de marzo de 1973 quedó inscrito en el Libro de Aprovechamientos de Aguas Públicas de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, bajo el número 62.284.

Por Decreto 349/1962 de 15 de febrero (BOE de 23 de febrero de 1962) se declara de interés nacional la Zona Regable del Guadalentín con una superficie útil máxima para riego de 8.800 ha, pertenecientes a los términos municipales de Pozo Alcón e Hinojares en la provincia de Jaén y de Zújar en la provincia de Granada. Como consecuencia de esta declaración, se aprueba por Orden Ministerial de 25 de abril de 1966 el Plan Coordinado de obras de la Zona Regable del Guadalentín.

Como consecuencia de ese Plan Coordinado se llevan a cabo hasta el año 1982 un conjunto de obras de construcción en la Zona Regable del Guadalentín, entre las cuales destacan:

- Construcción del Pantano de la Bolera, que finalizó en 1967.
- Construcción del Canal Principal. Tiene su origen en el viejo Canal de Iturralde, establecido en 1875, que fue sustituido por el nuevo Canal Principal, que se encuentra tunelado.

- Construcción de los 6 canales (ramales) principales (denominados Sur, Norte, Este, Centro, Retamar y La Mesa) que permitían atender la demanda de los 4 sectores de riego.
- Construcción de la red de acequias principales y la red secundaria que competan la red de riego.

Con fecha 17 de julio de 2012 la Comunidad de Regantes Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo, bajo el asunto «Inscripción definitiva en Registro General de Aprovechamientos de Aguas Públicas», presentó solicitud de novación de la concesión otorgada originariamente por Real Decreto, para el riego de 8.800 ha en los términos municipales de Pozo Alcón, Hinojares (Jaén) y Cuevas del Campo (Granada).

El 21 de Agosto de 2020 la Dirección General del Agua emite Resolución en relación con el «Expediente de Modificación de las Características de la Concesión de un Aprovechamiento de Aguas Superficiales a derivar del río Guadalentín con destino riego, en los términos municipales de Pozo Alcón e Hinojares, pertenecientes a la Provincia de Jaén y Cuevas del Campo perteneciente a la Provincia de Granada».

La Comunidad de Regantes Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del campo tiene actualmente una superficie con derecho a riego de 8.353,265 ha y se compone de dos colectividades:

- Colectividad de Pozo Alcón e Hinojares (Jaén): 4.861,69 ha.
- Colectividad de Cuevas del Campo (Granada): 3.491,58 ha.

Cada colectividad tiene su junta directiva y sus asambleas. Ambas colectividades se integran en el órgano superior que es la Comunidad de Regantes, que cuenta con su propia junta directiva y asambleas distintas a las de las dos colectividades. Ambas colectividades son independientes en relación con la ejecución de actuaciones de mejora y modernización. Mientras que la Colectividad de Pozo Alcón e Hinojares cuenta ya con gran parte de sus instalaciones modernizadas (riego por goteo con tuberías presurizadas), la Colectividad de Cuevas del campo aún no ha ejecutado ninguna actuación de modernización.

En el presente proyecto se aborda la Fase II de la modernización de la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada).

Las actuaciones proyectadas están Declaradas de Interés General en BOE de 31 de diciembre 2003 por la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que recoge en el Artículo 111: “Modernización de regadíos de la Comunidad de Regantes “Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo” TT. MM. Pozo Alcón e Hinojares (Jaén) y Cuevas del Campo (Granada).

Desde el año 2006 hasta la actualidad la Colectividad de Cuevas del campo ha encargado la redacción de varios proyectos que por distintas causas no se llevaron a cabo. Dichos trabajos son los siguientes:

- "Modernización del Riego en la Comunidad de Regantes de Pozo Alcón e Hinojares (provincia de Jaén) y Cuevas del Campo (provincia de Granada)", realizado por INYPSA en 2006.
- "Proyecto de modernización del regadío de Cuevas del Campo (Granada)", realizado por TRAGSATEC en 2011.
- "Proyecto de modernización del regadío de Cuevas del Campo (Granada)", realizado por AQUATEC, PROYECTOS PARA EL SECTOR DEL AGUA, S.A.U. (AQUALOGY, grupo SUEZ) en 2015.

## **2 OBJETO DEL PROYECTO**

**El objeto del presente proyecto es la modernización de las infraestructuras de riego de la Colectividad de Cuevas del Campo**, la cual resulta fundamental dentro de la política actual de eficiencia en el uso del agua, impulsada por las instituciones y organismos públicos, tanto a nivel comunitario, como nacional y autonómico.

Las obsoletas canalizaciones y sistemas de riego con los que cuenta la Comunidad en la actualidad hacen imprescindible acometer actuaciones de mejora para minimizar las enormes pérdidas de agua que se producen con las infraestructuras actuales, gestionándose y racionalizándose de una forma más eficiente.

El regadío modernizado es fundamental para el Desarrollo Rural, así como para fijar la población en los pueblos interiores. Además de producir, abastece de materias primas a la industria agroalimentaria y fomenta el sector industrial y de servicios. Todo ello contribuye al asentamiento de población en el campo y a la corrección de desajustes territoriales entre el medio urbano y el rural, y a que la renta agraria procedente del regadío permita la permanencia de agricultores en explotaciones de extensión media.

Al mantener una población estable que cultiva las tierras y los cultivos que controlan la escorrentía superficial del exceso de agua de lluvia, permite la conservación de suelos al reducir la erosión superficial.

Además, la agricultura de regadío tiene efectos favorables sobre el medio ambiente, pudiendo destacar la conservación de los suelos y del paisaje y la captación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera por medio de los cultivos. El balance entre la cantidad de CO<sub>2</sub> captada, de la atmósfera, por los

cultivos, y la aportada, por los medios de producción agrícola (emisiones de tractores en trabajos de laboreo y de cultivo, maquinaria de recolección, fabricación de abonos y productos fitosanitarios, producción de semillas, etc.) da en cultivo del olivar tradicional un resultado neto de efecto sumidero de CO<sub>2</sub>.

Con la explotación del proyecto se pretende consolidar el regadío en la Colectividad permitiendo el aumento de los rendimientos de los cultivos a la vez que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. El nuevo sistema de riego hará posible que se utilicen sistemas de riego en parcela más eficientes, como es el riego por goteo. Esto es posible al dotar de presión natural por gravedad a la red que sustituirá a los motores de combustión (que usan los regantes en sus parcelas), que reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La Colectividad de Riego de Cuevas del Campo riega 3.491,58 ha de las 8.353,265 ha que componen la totalidad de la Comunidad la Comunidad de Regantes de Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo. Esta Comunidad dispone de una concesión de aguas con expediente M-3369/2012 con las siguientes características:

A) **AUTORIZAR** la concesión solicitada, con arreglo a las características y condiciones que se exponen, a continuación:

## 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

### 1.1 CARACTERÍSTICAS DEL APROVECHAMIENTO

<b>SECCIÓN:</b>	<b>A</b>
<b>INSCRIPCIÓN</b>	62.284
<b>TITULAR:</b>	Comunidad de Regantes del Canal de Pozo Alcón y Zújar (G23023351)
<b>TÍTULO QUE AMPARA EL DERECHO:</b>	18-06-1875: Concesión por Real Decreto. 07-08-1875: Transferencia aprobada por Real Orden. 24-05-1891: Modificación por Real Decreto. 21-07-1954: Transferencia aprobada por Orden Ministerial. 21-01-1967: Declaración de caducidad de la concesión por Orden Ministerial. 21-03-1973: Declaración de nueva concesionaria por Orden Ministerial.
<b>PLAZO:</b>	31 de diciembre de 2060
<b>USO:</b>	Riego
<b>NATURALEZA DEL USO:</b>	Usos agropecuarios. Regadíos. Apartado b) 1º del Art. 49 bis del RDPH
<b>VOLUMEN MÁXIMO ANUAL (m³):</b>	29.620.677,69
<b>CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (l/s):</b>	3.000
<b>MASA DE AGUA:</b>	ES050MSPF011100056.- <i>Embalse de la Bolera.</i> ES050MSPF011100074.- <i>Río Guadalentín aguas abajo de la presa de la Bolera hasta el embalse del Negratín.</i>
<b>SUPERFICIE DE RIEGO (ha):</b>	8.353,265
<b>DOTACIÓN (m³/HA AÑO):</b>	3.546
<b>Nº DE CAPTACIONES:</b>	2
<b>Nº DE USOS:</b>	1

Figura 1. Características expediente concesional M-3369/2012

**La modernización completa de la Colectividad se desarrollará por fases, correspondiendo el presente proyecto a la Fase II.** Esta Fase II afecta a la modernización directa de 1.966,54 ha.

La solución proyectada para la Fase II de las obras de modernización se compone de las siguientes actuaciones:

- Estación de bombeo y filtrado: En la Fase I se proyectó la nave que contenía el sistema de filtrado. En la Fase II se ampliará el sistema de filtrado que corresponde con el que dará servicio a la superficie incluida en este proyecto. Además, se instalarán las bombas correspondientes al subsector de bombeo bajo con toda su instalación eléctrica, calderería y valvulería. Se terminará la urbanización de la zona de la nave y el camino de acceso.
- Campo fotovoltaico para autoconsumo destinado al abastecimiento del sistema de bombeo.
- Suministro de energía mediante acometida eléctrica a la red existente como apoyo al campo fotovoltaico para abastecimiento del sistema de bombeo.
- Red de riego primaria por gravedad que llevará el agua desde la estación de bombeo y filtrado hasta las agrupaciones de los distintos sectores (incluye 1.604,30 ha: 544,11 ha en ramal G-1 y 1.060,19 ha en ramal G-2).
- Red de riego primaria de bombeo para el subsector de bombeo bajo (incluye 362,24 ha).
- Red secundaria que parte de cada uno de los contadores de cada agrupación y llega a cada parcela.
- Agrupaciones de riego con los contadores de las parcelas.
- Automatización y telecontrol de todas las instalaciones.

### **3 PROMOTOR**

El promotor del presente proyecto es la Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias, SEIASA, que pertenece al grupo Patrimonio del Estado (Ministerio de Hacienda y Función Pública) y es empresa instrumental del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, dependiente de la Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Política Forestal.

El beneficiario de las actuaciones es la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada) de la Comunidad de Regantes Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo.

#### 4 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA REGABLE Y JUSTIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROYECTADAS

La zona regable dispone en la actualidad de una serie de canales y acequias que distribuyen el agua para riego procedente del embalse de la Bolera. Se trata de unos canales de sección telescópica de tal forma que disponen de una capacidad en cabecera de hasta 6,6 m<sup>3</sup>/s, capacidad que va disminuyendo a medida que van dejando acequias laterales de distribución. El pantano de La Bolera tiene una capacidad de 53 Hm<sup>3</sup>, de los cuales 8 Hm<sup>3</sup> son para abastecimiento humano y el resto se destinan a regadío.

La Colectividad de Riego de Cuevas del Campo está compuesta por 1.110 comuneros y riega 3.491,58 ha (de las 8.353,26 ha que componen la totalidad de la Comunidad). La distribución de cultivos actual es la siguiente:

**Tabla 1.** Cultivos actuales y superficie

Cultivo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Frutal	111,38	3,19
Frutal de cáscara	537,35	15,39
Frutal de cáscara-Viñedo	1,05	0,03
Huerta	2,09	0,06
Invernaderos y cultivos bajo plástico	0,70	0,02
Olivar	2.343,90	67,13
Olivar-Viñedo	0,35	0,01
Tierra arable	493,36	14,13
Viñedo	1,40	0,04
<b>TOTAL</b>	<b>3.491,58</b>	<b>100,00</b>

La dotación de riego es de 3.546 m<sup>3</sup>/ha y año, conforme figura en la Concesión de Aguas actualizada en agosto de 2020 que se muestra en el epígrafe anterior.

A la superficie regada de 3.491,58 ha con un volumen concesional disponible de 3.546 m<sup>3</sup>/ha, le corresponde al año un volumen de 12.381.142 m<sup>3</sup>.

Toda la gestión del agua y mantenimiento de las instalaciones es realizada por la propia Comunidad de Regantes.

La zona regable de la Colectividad de Cuevas del Campo tiene unas infraestructuras de riego con más de 50 años que presentan, en líneas generales, un mal estado de conservación. Sólo existe un pequeño sector de 383,24 ha que ya está modernizado y cuenta ya con un sistema de riego presurizado.

Se pueden distinguir los distintos estados de conservación para cada tipo de infraestructura:

- Canales principales de transporte. Estos canales principales traen el agua desde el embalse de la Bolera hasta la zona regable. Se encuentran en un estado de conservación que se puede considerar como intermedio, entre bueno y regular.
- Acequias secundarias de distribución. Parten de los canales principales y se van ramificando hasta llegar a las parcelas de los agricultores. Se pueden considerar mayoritariamente de obra (70 %) y en menor medida, acequias de tierra (30 %). En ambos casos, su estado de conservación es muy malo.

A continuación, se muestran algunas fotografías del estado de las infraestructuras de riego.



**Fotografía 1.** Estado de infraestructuras de riego 1



**Fotografía 2.** Estado de infraestructuras de riego 2



**Fotografía 3.** Estado de infraestructuras de riego 3



**Fotografía 4.** Estado de infraestructuras de riego 4



**Fotografía 5.** Estado de infraestructuras de riego 5



**Fotografía 6.** Estado de infraestructuras de riego 6

La baja eficiencia de riego, que implica muchas pérdidas de agua, hace que la dotación existente de agua no cubra las necesidades de riego de los cultivos (lo que implica caídas en las producciones). A esto unimos que el obsoleto sistema de riego no permite automatización alguna, por lo que necesita que los regantes estén permanentemente dedicados al mismo con estrictos turnos de riego.

Ante esta situación, acometer la modernización de la Colectividad es una imperiosa necesidad y con ello se obtendrán muchos beneficios directos: ahorro de agua (beneficio ambiental), incremento de producciones agrícolas (beneficio económico) y mejora calidad de vida de los regantes (beneficio social fundamental para mantener a la población en el medio rural).

## **5 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA**

Con el estudio de alternativas realizado se plantean y estudian distintas soluciones a priori técnicamente viables con el objetivo de escoger la mejor opción posible para realizar la mejora y modernización del regadío en la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada). Este análisis se desarrolla ampliamente en el Anejo N° 5 «Estudio de Alternativas y materiales. Justificación de la solución adoptada». En el proyecto de la Fase I ya se realizó el estudio de alternativas para la modernización integral de toda la zona regable, independientemente de que las obras tuvieran que ejecutarse por fases.

Básicamente se han planteado tres opciones:

1. Alternativa 0.- Consistente en no acometer ninguna mejora sobre las infraestructuras, lo cual no es viable en esta zona regable. No hacer nada condenaría a la desaparición del regadío en un futuro, pues está llegando a una situación insostenible dadas las escasas precipitaciones y el consiguiente despoblamiento del municipio.
2. Alternativa 1.- Sistema de riego presurizado a la demanda. Se trata de acometer actuaciones que conlleven la implantación de un sistema presurizado que permita el riego por goteo a la demanda, pero manteniendo los canales de transporte desde Pozo Alcón hasta la Colectividad de Cuevas de Campo, lo cual hace que se pierda bastante cota desde la cabecera de los canales en Pozo Alcón. Conlleva la construcción de varias estaciones de bombeo.
3. Alternativa 2.- Sistema de riego presurizado a la demanda que permita el riego por goteo. Se trata de acometer actuaciones que conlleven localizar la toma de agua en un punto elevado situado aguas arriba de las rápidas en los canales que le hacen perder cota y, en consecuencia, presión natural, minimizando así la superficie regable de los sectores de bombeo.

La Alternativa 2 es la seleccionada para el desarrollo del proyecto de modernización, ya que permitirá implantar un riego presurizado aprovechando al máximo la presión natural que puede proporcionar la diferencia de cota de la zona regable. De esta forma se busca reducir la superficie de bombeo y, por tanto, las necesidades de energía y de los costes asociados a ella.

Una vez que se opta por acometer una transformación integral de la Colectividad mediante la Alternativa 2, 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:

- Ubicación y capacidad de la balsa de cabecera situada en las cotas más elevadas posibles.

- Trazado y características de la tubería de transporte desde la balsa hasta el inicio de la zona regable de la Colectividad de Cuevas del campo.
- Ubicación de estación de bombeo.
- Sistemas de abastecimiento de energía de la estación de bombeo.
- Sectorización en redes de riego presurizadas por bombeo y por gravedad.

Se realiza el análisis de alternativas de la balsa de regulación, de la tubería principal de conexión y de la estación de bombeo y filtrado porque son las obras de mayor afección de la zona regable. Las redes de riego no tienen alternativas, salvo la optimización de los sectores de riego mediante un estudio del bombeo, porque se trazan por los caminos y servidumbres de acequias existentes y cubren toda la zona regable tratando de reducir al máximo sus longitudes y diámetros mediante la optimización en el cálculo y diseño.

Con esta alternativa de diseño se conseguirá la mejora integral del regadío frente a la situación actual en todos estos aspectos:

- La balsa de regulación en cabecera permitirá plantear un riego a la demanda, eliminándose los actuales turnos de riego.
- La tubería de transporte que partirá de la balsa y llegará hasta el inicio de la zona regable de la Colectividad de Cuevas del Campo sustituirá a los canales principales, evitando las pérdidas de agua y de energía. Las rápidas existentes en los canales actuales para salvar las pendientes del terreno hacen que no se pueda aprovechar la presión que proporciona la diferencia de cota de forma natural. Con esta conducción llegará el agua presurizada hasta la zona regable.
- La construcción de una estación de bombeo y filtrado colectiva abastecida de energía por un campo solar fotovoltaico evitará la necesidad de bombeos con grupos electrógenos en cada parcela de cada regante (como se da en la actualidad) con el consiguiente ahorro energético.
- La red de distribución de riego presurizada hará posible un riego a la demanda por goteo (se eliminarán los turnos de riego) que incidirá aún más en el ahorro de agua. Con la nueva red de tuberías se dejarán de usar los obsoletos canales y acequias existentes, luego se conseguirá el objetivo de ahorro de agua.
- La nueva instalación permitirá la automatización de todo el sistema mejorando la calidad de vida de los agricultores.
- La óptima utilización de los recursos hídricos generará un aumento de las producciones de los cultivos implantados.

## **5.1 CRITERIOS DE ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS**

Para fijar los criterios de análisis de las alternativas se ha partido de estudiar los diferentes trabajos realizados hasta la fecha para la modernización de la Colectividad de regantes de Cuevas del Campo y que son los siguientes:

- ✓ Proyecto de modernización del regadío de Cuevas del Campo (Granada), realizado por TRAGSATEC en 2011.
- ✓ Proyecto de modernización del regadío de Cuevas del Campo (Granada), realizado por AQUATEC, PROYECTOS PARA EL SECTOR DEL AGUA, S.A.U. en 2015.

Aunque la modernización será proyectada y ejecutada por fases, el estudio de alternativas se ha realizado sobre la solución completa de modernización.

### **5.1.1 Alternativas de ubicación de la balsa de regulación**

**La balsa queda totalmente incluida en el proyecto de la Fase I, luego en el presente proyecto de la Fase II no se refleja ninguna actuación sobre ella.**

Partiendo de la balsa de regulación de las propuestas de modernización del regadío de Cuevas del Campo, planteadas por Tragsatec y Aquatec, se estudiaron un total de cuatro alternativas (A, B, C y D) con el objetivo de encontrar la alternativa que conjugue mejor las siguientes consideraciones:

- Que esté ubicada próxima a los canales principales, para que estos tengan capacidad de transporte suficiente para el llenado de la balsa.
- Que esté a la mayor cota posible para, de este modo, poder dominar por gravedad la mayor superficie posible.
- Que esté bien comunicada, situándose cerca de caminos existentes.
- Que no esté clasificada como gran presa y sea de categoría C.
- Que tenga la mínima superficie de ocupación.
- Que tenga el menor desequilibrio en el movimiento de tierras, con el condicionante que la solera quede en desmonte.

Todas las localizaciones se encuentran cerca del núcleo urbano de Pozo Alcón y junto al Canal del Norte, antes de la primera rápida y aguas arriba de la balsa n.º 1 existente para la regulación

de la Colectividad de Pozo Alcón e Hinojares. En este punto el canal tiene una capacidad de 5,94 m<sup>3</sup>/s, sobre terreno de seco a la cota 935-940 msnm y con caída hacia el río Guadalentín.

Esta balsa es la que sirve de regulación de toda la zona regable.



**Figura 2.** Opciones A, B, C y D para la ubicación de la balsa de regulación

Según las características de cada alternativa, resultan las siguientes conclusiones:

- Todas las alternativas están situadas en una zona con buena accesibilidad y bien comunicada, al estar al lado de un camino existente y cerca de la carretera A-326.
- Todas las alternativas tienen una altura de dique inferior a los 15 m y en las alternativas A, C y D la altura máxima es inferior a los 10 m. Así, ninguna alternativa se considera gran presa.
- En caso de rotura o funcionamiento incorrecto de la balsa, las alternativas A, B y D verterían el agua hacia el río Guadalentín. La alternativa C podría precisar el estudio de la hipótesis de rotura del dique oeste, el cual vertería el agua hacia el Canal del Norte, la carretera A-326 y el núcleo urbano de Pozo Alcón, siendo entonces muy difícil su clasificación como balsa de categoría C.
- Todas las alternativas afectan cultivos de almendros y olivos. Además, la alternativa C requiere la reposición de unos 400 m de camino.

- Las alternativas C y D son las que requieren una longitud menor de canal de entrada, ya que están más próximas al Canal del Norte que las alternativas A y B.
- Al estar la alternativa B situada al este del Canal del Norte, con toma en dicho canal, necesita unos 250 m menos de tubería principal de conexión, la cual parte de la balsa y se dirige hacia el sur, hacia la estación de bombeo y filtrado.
- La alternativa B es la balsa más profunda, con una profundidad mínima de lámina de agua de 7,0 m, a diferencia de las alternativas A, C y D que es de 5,0 m. En consecuencia, la alternativa B es la que tiene menor superficie de ocupación.
- La alternativa B es la que tiene el balance de tierras más compensado, lo que implica un menor coste de movimiento de tierras e impermeabilización.

**Tabla 2.** Balance de movimiento de tierras

Alternativa	A	B	C	D
<b>Desmonte (m<sup>3</sup>)</b>	283.493,52	105.408	263.062,27	261.299,02
<b>Terraplén (m<sup>3</sup>)</b>	1.474,26	60.797	1.394,01	1.848,88
<b>Balance (m<sup>3</sup>)</b>	282.019,25	44.611	261.668,26	259.450,14

**La opción elegida en el proyecto de la Fase I fue una opción basada en esta alternativa B, pero optimizada, reduciendo el sobrante de tierras que tenía la construcción de la balsa proyectada inicialmente por AQUATEC, diseñándose finalmente una balsa de 148.000 m<sup>3</sup>.**

### 5.1.2 Alternativas de trazado de la tubería de transporte

La tubería principal de conexión transporta el agua desde la balsa de regulación hasta la estación de bombeo y filtrado, situada en la zona de riego, al inicio del término municipal de Cuevas del Campo.

**La tubería de transporte queda totalmente incluida en el proyecto de la Fase I, luego en el presente proyecto de la Fase II no se refleja ninguna actuación sobre ella.**

En el proyecto de la Fase I se estudiaron un total de 9 alternativas de trazado, donde el punto inicial se sitúa al pie de la balsa de regulación, justo después de la cámara de válvulas de la obra de salida, en el término municipal de Pozo Alcón. A continuación, el trazado en planta de la tubería se dirigirá hacia el sur-suroeste, en dirección a la zona de riego de Cuevas del Campo. La tubería finaliza en la estación de bombeo y filtrado, ubicada en el término municipal de Cuevas del Campo, justo al límite con el término municipal de Pozo Alcón, al margen izquierdo del Canal del Sur. En la siguiente imagen se puede observar dicho trazado elegido.



**Figura 3.** Opción elegida de trazado

La tubería ha sido diseñada de hormigón postesado con camisa de chapa en diámetro 1.100 mm.

### 5.1.3 Sectorización en redes de riego presurizadas por bombeo y por gravedad

En el epígrafe nº 3 del Anejo Nº 5 «Estudio de Alternativas y materiales. Justificación de la solución adoptada» se han descrito las alternativas de partida que se analizaron:

1. Un sistema de riego presurizado a la demanda manteniendo los canales de transporte desde Pozo Alcón hasta la Colectividad de Cuevas de Campo, lo cual hace que se pierda bastante cota desde la cabecera de los canales en Pozo Alcón y sería necesario establecer unos sectores de riego por bombeo muy extensos, con lo cual el coste energético para la Comunidad de Regantes era elevado. Se descartó por esta razón.
2. Un sistema de riego presurizado a la demanda con toma de agua en un punto elevado situado aguas arriba de las rápidas en los canales que le hacen perder cota y, en consecuencia, presión natural. Con este tipo de alternativa se busca minimizar la superficie regable de los sectores de bombeo para reducir los costes energéticos al máximo. Fue la alternativa elegida.

Una vez que se ha seleccionado esta alternativa, en la que existirá un sector de bombeo y otro de gravedad, las redes de riego no tienen muchas opciones, salvo la optimización de los sectores de riego, ya que las redes se trazan preferentemente por los caminos y servidumbres de acequias existentes y cubren toda la zona regable tratando de reducir al máximo sus longitudes y diámetros mediante la optimización en el cálculo y diseño.

Por optimización hidráulica se buscará dividir lo antes posible los grandes ramales de riego. El sector de gravedad se divide en dos grandes ramales: G-1 (continuación del ramal de gravedad proyectado en la Fase I) y G-2 que regará las partes más bajas de la Colectividad de Cuevas del Campo.

Para el sector de bombeo se han estudiado y analizado dos posibles variantes:

- Un solo sector con una red ramificada desde la estación de bombeo y un conjunto de bombas elevando el agua con una presión única de entre 50 y 55 mca para las aproximadas 950 ha que componen este sector.
- División en dos subsectores desde la propia estación de bombeo con un subsector que regará las partes más elevadas (unas 350 ha) y otro que regará las partes más bajas (unas 600 ha). Cada uno dispondrá de su propia red de riego diferenciada y sus grupos de bombeo independientes, ya que para el subsector alto la presión de bombeo será de 50-55 mca y la para el subsector bajo de 20-25 mca.

El que solo exista un sector de bombeo presenta la ventaja de un ahorro económico en la ejecución tanto de las redes de riego primarias como de los grupos de bombeo. Sin embargo, no es nada óptimo desde el punto de vista energético porque la potencia necesaria para actuar el bombeo y el consumo anual de energía serán mucho mayores. En el caso del presente proyecto esta circunstancia es vital para la elección de la alternativa, pues la energía necesaria será autoproducida por un campo fotovoltaico y la restante será proporcionada por grupos electrógenos o energía de la red eléctrica, por lo que es fundamental realizar un diseño que permita el correcto funcionamiento de las instalaciones con el menor coste energético (gasto de gasoil o energía eléctrica).

Por lo tanto, el sector de bombeo se dividirá en dos subsectores: uno alto y otro bajo.

Se ha planteado regar por turnos los subsectores, pero esto, realmente, no aporta casi ahorro, pues lo único que se puede reducir es la potencia del campo fotovoltaico.

#### **5.1.4 Alternativas de ubicación de la estación de bombeo y filtrado**

El proyecto de la Fase I de la modernización de regadío en la Colectividad de Cuevas del Campo no contemplaba la instalación de los equipos de bombeo, pero sí del filtrado correspondiente a la superficie a regar en la Fase I. Sin embargo, como este bombeo sí sería necesario en fases posteriores (como es la presente Fase II), se incluyó en el estudio de alternativas. Con la ubicación seleccionada se ha conseguido lo siguiente:

- El sector de bombeo se prolonga mucho hacia el sur, con lo cual en el emplazamiento propuesto se acerca más al eje central del sector.
- Se dispone de suficiente presión para garantizar el funcionamiento de los filtros automáticos.
- La estación de bombeo y filtrado se sitúa al lado de un camino asfaltado, por lo que se garantiza un acceso adecuado.
- La ubicación es una zona elevada en su entorno y presenta muchas mayores facilidades para la ubicación del campo solar fotovoltaico junto a la estación de bombeo y filtrado.

**En el proyecto de la Fase I se ha diseñado la nave que alojará todos los filtros y bombas necesarios para la completa modernización de la zona regable. Se han dejado preparados los colectores de calderería para la instalación de los filtros, una zona para la instalación de las bombas y otra zona para todos los cuadros eléctricos del bombeo.**

#### **5.1.5 Alternativas de alimentación energética de la estación de bombeo y filtrado**

En el proyecto de la Fase I se expuso que se había estudiado el abastecimiento del bombeo mediante energía eléctrica de la red convencional y que se descartó por dos motivos:

1. Costes de explotación elevados si solo se usa energía de la red eléctrica.
2. Costes de ejecución y medioambientales: En las proximidades de Pozo Alcón y Cuevas del Campo no existen posibilidades de suministro para más de 40-50 kW, según la compañía suministradora ENDESA (consulta realizada en noviembre de 2019). La posibilidad de punto de conexión ofrecida estaba en la línea que une la SET Jabalcón con Castril. Esto implicaría construir una línea eléctrica de casi 5 km de longitud y atravesar la depresión del río Guadalentín. Esto supone unos importantísimos costes económicos y ambientales, por lo que se descartó esta solución.

Por otro lado, también se explicó en el proyecto de la Fase I que en el proyecto realizado por AQUATEC en 2015 se planteaba una estación de bombeo y filtrado alimentada con energía hidráulica turbinada directamente en ese punto, como alternativa a la instalación de una línea eléctrica. Las bombas estaban alimentadas por unas turbinas acopladas mecánicamente a ellas que aprovechan el salto existente entre la balsa de regulación y la estación de bombeo. El agua turbinada se vertía en una balsa de regulación con 5.087 m<sup>3</sup> de volumen útil. Esta balsa era totalmente necesaria ya que el agua que se turbinaba para hacer funcionar las bombas queda “sin

presión" alguna y sale por un desagüe hacia dicha balsa y se almacena en ella para regar un sector por gravedad.

Analizada en detalle esta solución para generar la energía que necesita el bombeo, se encontraron algunas cuestiones que puede que no se hubieran considerado, tales como:

- Al haber poca presión disponible (poca diferencia de cota desde la balsa de cabecera en la cota 936 msnm), la energía hidráulica hay que conseguirla a base de turbinar mucho caudal, lo cual compromete todo el diseño del proyecto y lo hace costoso y de muy difícil manejo para una comunidad de regantes: 12 bombas controladas por válvulas hidráulicas y válvulas motorizadas con un grado de automatización muy complejo y sin el cual no funciona el sistema.
- Este sistema es difícilmente gestionable, ya que, si este sector de gravedad que parte de la balsa de turbinas no riega o no riega lo suficiente, no podrá ni arrancarse el sector de bombeo, pues si no hay agua circulando continuamente no pueden funcionar las bombas. Por el contrario, si se desea tomar agua de la red para el sector de bombeo, esta será turbinada y enviada a la balsa de 5.087 m<sup>3</sup> (situada junto a la estación de bombeo), pero si el sector de gravedad no tiene demanda, esta pequeña balsa se llenará y empezará a evacuar al desagüe agua que se perderá.
- Está totalmente ligado el sector de bombeo con el de gravedad, por lo que cualquier fallo en uno de ellos deja a ambos sin regar conjuntamente. Esto es un riesgo muy alto para una comunidad de regantes y, al mismo tiempo, muy complicado organizar el riego y gestionar el agua que salga de las turbinas.
- Las bombas no tienen motor, sino que son las propias turbinas acopladas directamente al cuerpo hidráulico de la bomba las que accionan la misma. Este sistema tiene unos rendimientos muy bajos (frente por ejemplo a un motor eléctrico), luego hacen falta muchas bombas para el funcionamiento proyectado y no se garantiza el correcto funcionamiento del subsector más elevado dentro del bombeo.
- La red de gravedad se diseña a partir de la balsa de 5.087 m<sup>3</sup> de la cota 892 msnm, en lugar de la cota 936 msnm de la balsa de cabecera. Esto da lugar a que los diámetros de las tuberías deben ser muy grandes para llegar con el agua a las parcelas de riego con la presión necesaria, lo cual hace que la red sea muy costosa.

Vistos estos posibles inconvenientes y teniendo en cuenta que en la actualidad están bastante extendidos los sistemas de generación fotovoltaica para el abastecimiento de bombeos, y que están funcionando con muy buenos resultados, se ha planteado una solución técnica en este sentido para este proyecto de modernización.

Con este diseño del sistema de abastecimiento de energía al bombeo se sustituye una energía renovable por otra, pasando de la hidráulica a la solar fotovoltaica, siendo esta última mucho más eficiente. Se consigue un importante ahorro económico tanto en la nave de bombeo como por la eliminación de la balsa de vertido y, sobre todo, en la red de riego del sector de gravedad, que ganará presión y se optimizará reduciéndose en gran medida los diámetros a instalar.

Para abastecer la estación de bombeo se diseñará en las próximas fases de la modernización (la presente Fase II y la futura Fase III) un campo fotovoltaico de 885,6 kWp. Como en un principio no existía la posibilidad de tener suministro eléctrico en la estación de bombeo, se estudió instalar grupos electrógenos para situaciones de falta de radiación solar, emergencia o avería del campo fotovoltaico, que funcionará a través de variadores de frecuencia.

Sin embargo, hace pocos meses se ha puesto en funcionamiento una nueva subestación eléctrica en Pozo Alcón, por lo que se ha realizado una consulta a ENDESA para indagar si habían cambiado las condiciones de suministro, recibíendose el día 18 de julio de 2022 nueva carta de condiciones con una localización a unos 130 m de la estación de bombeo y filtrado para el suministro de 300 kW.

Esta nueva alternativa de suministro eléctrico es mucho más ventajosa para la Comunidad de Regantes, dado lo engorroso del manejo de los grupos electrógenos y la mejora medioambiental que supone no instalarlos (evitar emisiones de ruidos y gases, consumo de gasoil, mantenimiento, etc..).

La nueva línea y centro de transformación a proyectar consistiría en:

- Si la línea es aérea.- Poste de inicio junto al existente (lazo flojo) más otro poste para la apartada de corte y otro poste en la parcela de la estación de bombeo donde se ubicará un CT de 400 KVA en caseta prefabricada.
- Si la línea es subterránea.- Poste de inicio junto al existente (lazo flojo) más otro poste para la apartada de corte y conductor enterrado en la zanja-servidumbre de la tubería de transporte (proyectada en Fase I y que no se vería afectada por corrientes vagabundas, ya que al instalarse con junta elástica hay discontinuidad eléctrica entre los tubos y no es necesario poner protecciones adicionales) hasta la parcela de la estación de bombeo donde se ubicará un CT de 400 KVA en caseta prefabricada (que sustituirá al edificio adosado a la nave que se iba a incluir en la Fase II para alojar los grupos).

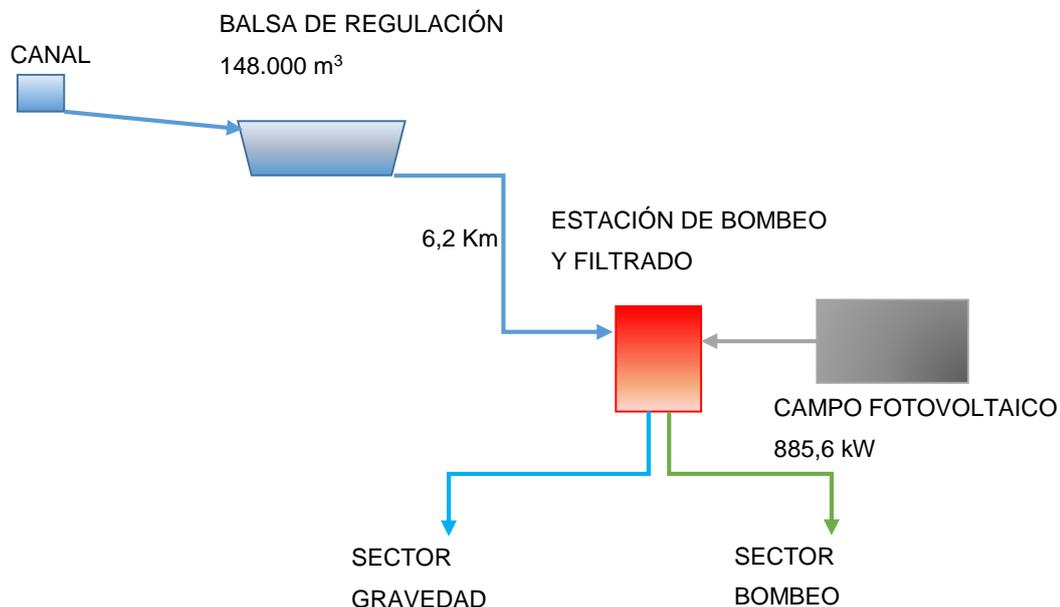
Al disponer de la servidumbre de la tubería de transporte proyectada en la Fase I, se elige la opción de hacer la línea subterránea reduciendo al mínimo cualquier afección a terceros.

En cualquier caso, esta nueva alternativa para sustituir los grupos electrógenos por un suministro eléctrico desde la red eléctrica convencional no modifica en nada los fundamentos iniciales del proyecto, pues el consumo de las bombas se cubrirá en su mayor porcentaje con el campo fotovoltaico proyectado para ello, tal como estaba previsto desde el inicio. El objeto del proyecto sigue siendo el mismo, solo que, para las necesidades que se puedan producir en caso de fallo en el sistema fotovoltaico o baja radiación o emergencia, en lugar de usar grupos electrógenos se usará la nueva línea eléctrica y el centro de transformación.

## **5.2 ALTERNATIVA SELECCIONADA**

Una vez analizados cada uno de los puntos a estudiar, la alternativa seleccionada es la alternativa que contempla:

- Un esquema hidráulico con una sola balsa de regulación en cabecera, tubería principal de conexión, estación de bombeo y filtrado y dos zonas de riego (una de gravedad y otra de bombeo). Definido en el proyecto de la Fase I.
- Balsa de regulación de 148.000 m<sup>3</sup> de capacidad. Definido en el proyecto de la Fase I.
- Optimización del trazado de la tubería principal de transporte, que será de hormigón postesado con camisa de chapa (HPCC) con junta elástica y DN 1100 mm. Definido en el proyecto de la Fase I.
- Ubicación de la estación de bombeo y filtrado junto a la carretera asfaltada. Definido en el proyecto de la Fase I.
- Diseño sectorizado con un sector de gravedad y un sector de bombeo. A su vez el sector de bombeo se dividirá en dos subsectores: uno bajo y otro alto, para optimizar el funcionamiento energético del conjunto.
- Alimentación de la estación de bombeo mediante energía solar fotovoltaica. Se diseñará el campo fotovoltaico necesario para el funcionamiento de los grupos de bombeo que se instalen en esta Fase II. Tendrá un apoyo desde la red eléctrica con una línea subterránea de 160 m de longitud a 20 kV de tensión y con un centro de transformación de 400 KVA.



**Esquema 1.** Esquema general hidráulico

Desde el punto de vista medioambiental y económico, la alternativa elegida tiene las siguientes ventajas frente al resto de alternativas estudiadas:

1. Hay un menor sobrante de tierras al realizar una sola balsa y con menos excavación que las otras alternativas.
2. La superficie ocupada por la balsa, la estación de bombeo y filtrado y el campo fotovoltaico es menor, por lo que la afección a cultivos y vegetación será menor.
3. Igualmente, el trazado propuesto para la tubería principal de transporte minimiza las afecciones al ir por una zona de servidumbre de los canales existente en gran parte de su traza.
4. Se reduce el consumo energético con respecto a otras alternativas al emplear energía solar fotovoltaica para alimentar la estación de bombeo. Además, esta energía es más eficiente que la energía por turbinado de agua propuesta en otra alternativa y el coste de ejecución y mantenimiento se reduce enormemente.
5. Se optimiza el diseño de la red de gravedad con el consiguiente ahorro económico en la ejecución de las obras.

6. Se optimiza el diseño del sector de bombeo desde el punto de vista energético al dividirlo en dos subsectores con distintas presiones de bombeo en función de las cotas de las parcelas.

### **5.3 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 dependiendo del diámetro nominal, de las diferentes clases de relleno y de las pérdidas de carga continuas.

**En el proyecto de la Fase I se fijaron los criterios de diseño para cada tipo de tuberías y se seguirán manteniendo los mismos para esta Fase II.**

En dicha Fase I, como material para la tubería principal de transporte se eligió el HPCC con junta elástica por sus bondades, ya que además de ser el más económico, instalado en la obra de modernización de la Colectividad de Pozo Alcón, que tiene idénticas características, no ha presentado ningún problema desde su ejecución hace más de 10 años. Además, es un material que ofrece altas garantías de durabilidad y fiabilidad para diámetros grandes, en concreto por su resistencia mecánica y la ausencia de corrosión, que hace que su mantenimiento sea prácticamente nulo en comparación con el resto de materiales estudiados.

Para la red de riego, se estudiaron dos posibles alternativas, que son las empleadas mayoritariamente por su relación coste-utilidad en obras de regadío de similares características:

- PVC Orientado
- Polietileno de alta densidad PEAD

Se selecciona el uso de cada uno de ellos en función de lo siguiente:

1. El PVC Orientado es más económico tanto en coste de material como en coste de instalación (pues la unión por termofusión del PEAD encarece su instalación).
2. El PVC Orientado en grandes diámetros se está instalando desde hace tiempo en obras de regadío con resultados muy satisfactorios. El radio de giro que ofrece, su ligereza y, por tanto, su fácil manejo en obra, resulta fundamental para la ejecución de obras en zonas con cultivos arbóreos como la que nos ocupa. En conclusión, toda la red primaria se ejecutará con tubería de PVC Orientado, a excepción de algunas obras singulares.
3. El PEAD en diámetros hasta 90 mm servirá para toda la red secundaria desde las agrupaciones a cada parcela. Al ser servido en rollos, se minimizan las uniones con manguito electrosoldables y su gran flexibilidad lo hace idóneo para su ejecución entre

las calles de olivos para llegar a las tomas de parcela. Para la reposición de algunos servicios afectados, zonas de difícil ejecución por pendientes o cruces bajo infraestructuras, se usará PEAD con unión termosoldada a tope dadas las garantías que ofrece.

**En el presente proyecto de la Fase II se mantendrá el mismo criterio en la red de riego, empleando PVC Orientado para la red primaria y el PEAD para la red secundaria y para alguna actuación especial de las citadas.**

## **6 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO**

### **6.1 LOCALIZACIÓN**

Las obras objeto del proyecto, se encuentran ubicadas dentro de la Comunidad de Andalucía, en el TM de Cuevas del Campo (Granada).

### **6.2 CLIMATOLOGÍA**

Para el estudio de la climatología de la zona se ha elegido la estación meteorológica que mejor caracteriza a la zona regable donde se actuará. La Estación Meteorológica de Pozo Alcón de la Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA). Esta se ubica en plena zona regable y dispone de más de 20 años de datos (desde el 9 de agosto de 2000). Si a esto se suma que dada la extensión y topografía, la zona se puede considerar con unas características climáticas uniformes, esta estación climática es por sí sola suficientemente representativa. Además, es una estación completa con datos de radiación, humedad relativa y viento que permiten caracterizar la zona de forma óptima agroclimáticamente. Su localización en coordenadas UTM ETRS89 zona 30N es X: 506163, Y: 4169420, Z: 881.

A continuación, se muestran, para la zona de estudio, los datos de temperatura, precipitación y clasificación climática.

- **Temperatura**

La temperatura media anual es de 14,01 °C, siendo las medias invernales inferiores a 7,0 °C y las medias del verano superiores a 22 °C.

- **Precipitación**

La pluviometría es escasa y se produce normalmente en los periodos de otoño y primavera, aunque con un reparto muy desigual. La media anual de precipitaciones se sitúa entre los 250 y 300 mm

- **Clasificación climática**

La Clasificación climática según Papadakis es la siguiente:

- Tipo de invierno **AVENA (av)**
- Tipo de verano **ORYZA (O)**
- Régimen térmico **CONTINENTAL (CO/Co)**
- Régimen de humedad **MEDITERRÁNEO SECO (Me)**
- Tipo climático **MEDITERRÁNEO CONTINENTAL**

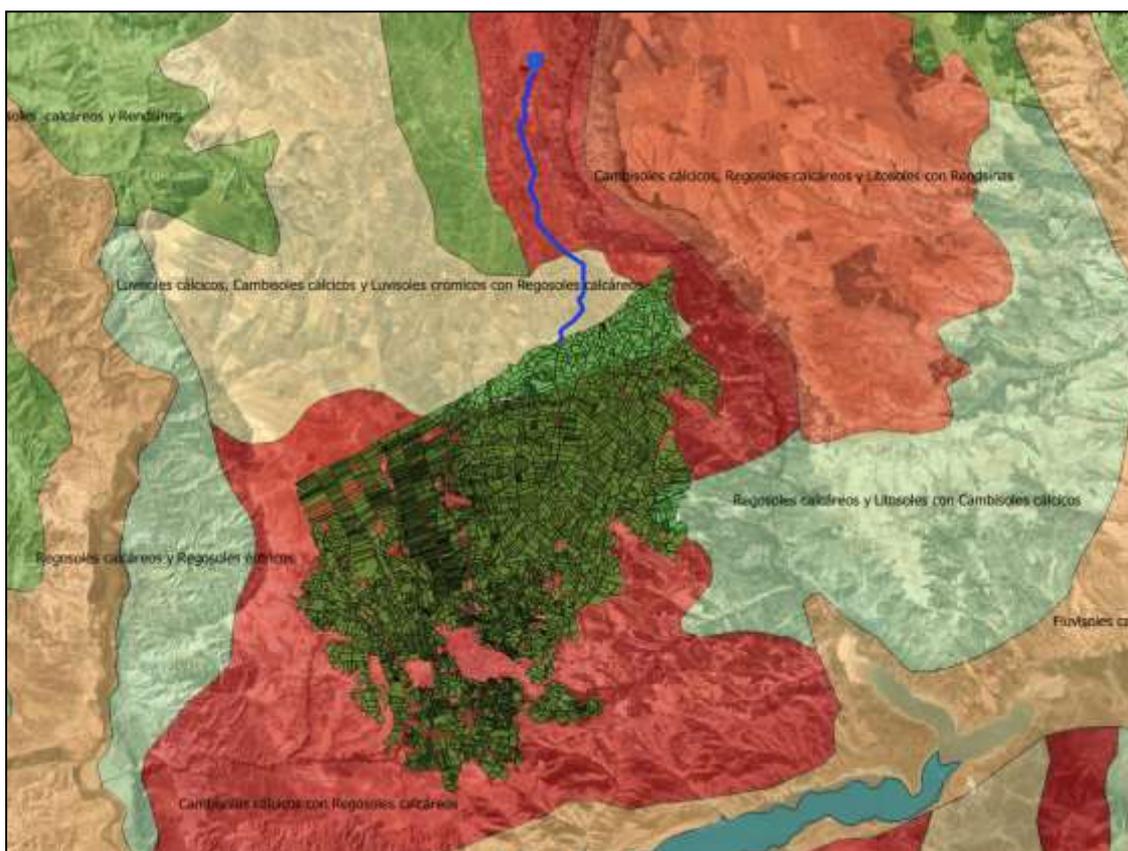
### **6.3 EDAFOLOGÍA Y LITOLOGÍA**

La información sobre las características edafológicas y litológicas de la zona de actuación se ha recabado de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).

La edafología queda descrita por el Mapa de suelos de Andalucía publicado a escala 1:400.000, en 1989, por la Consejería de Agricultura y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. La clasificación de este mapa corresponde a los criterios de clasificación de la FAO (1974) y del Mapa de Suelos de la Unión Europea de 1985. Con esto, la zona regable se sitúa sobre tres unidades edáficas:

- Luvisoles cálcicos, Cambisoles cálcicos y Luvisoles crómicos con Regosoles calcáreos.
- Regosoles calcáreos y Litosoles con Cambisoles cálcicos.
- Cambisoles cálcicos con Regosoles calcáreos.

En la siguiente imagen se recoge la ubicación de la zona de actuación sobre las diferentes zonas edáficas.



**Figura 4.** Edafología de la zona objeto de estudio

*Fuente: Elaboración propia a partir de la REDIAM.*

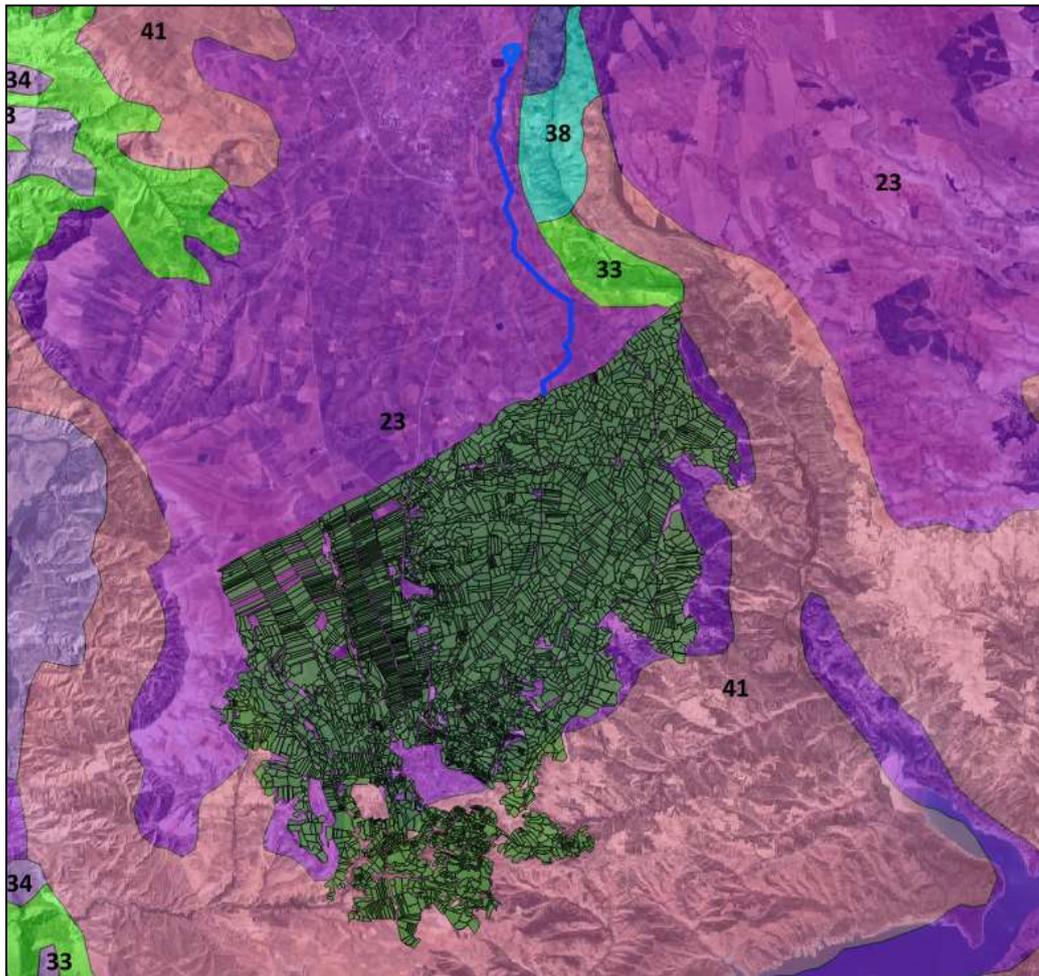
Con respecto a la litología, tiene como fuente el Mapa Geológico y Minero a escala 1:400.000 y el Mapa Geológico de la serie MAGNA a escala 1:50.000. A partir del Mapa Geológico Minero a escala 1:400.000, la Consejería de Medio Ambiente confeccionó el Mapa Litológico, tomando como criterio identificar las unidades litológicas basándose en la separación o segregación, de acuerdo con las características físicas y químicas intrínsecas de las rocas, independientemente del carácter cronológico o edad que presenten. Para llevar a cabo la agregación de tipos litológicos en este mapa se utilizó como documento básico dicho Mapa Geológico ajustado a partir de imágenes de satélite, llevándose a cabo una revisión completa de dichas unidades ajustadas a través de la cartografía geológica de la serie Magna, a escala 1:50.000. La zona de actuación se sitúa sobre las siguientes unidades litológicas:

**Tabla 3.** Litología

Código litológico	Litología
41	Conglomerados, arenas lutitas y calizas
23	Arenas, limos, arcillas, gravas y cantos

*Fuente: Elaboración propia a partir de la REDIAM.*

En la siguiente figura se pueden ver representadas las unidades litológicas con su respectivo código litológico con respecto a la zona de estudio.



**Figura 5.** Litología de la zona objeto de estudio  
*Fuente: Elaboración propia a partir de la REDIAM.*

La gran mayoría de la Colectividad de Cuevas del Campo está asentada sobre la unidad litológica 23 (arenas, limos, arcillas, gravas y cantos). Por lo general, esto se corresponde con suelos franco-arenosos, pobres en materia orgánica y ricos en caliza, con subsuelo poco profundo y constituido por bancos de caliza delgados y muy deleznable, y alternándose en profundidad varias veces capas análogas.

El horizonte de acumulación de carbonato cálcico puede ser de tipo nodular o de costras calizas, tanto más endurecidas cuanto mayor sea la evolución.

Incluye en ella gran parte de los suelos rojos o pardo rojizos cuyo perfil desarrolla horizontes sobre materiales calizos detríticos consolidados.

El suelo es casi siempre excesivamente permeable y, como el subsuelo está formado por bancos

de calizas fisurables, que interrumpirán la ascensión del agua por capilaridad, puede perderse agua con gran facilidad y sin aprovechamiento alguno.

En la unidad litológica 41 (conglomerados, arenas lutitas y calizas), menos representativa en la Colectividad de Cuevas del Campo, aparecen suelos desarrollados sobre marga caliza y caliza margosa y sobre conglomerados.

## **6.4 HIDROLOGÍA**

### **6.4.1 Aguas superficiales**

Por la zona de estudio discurren diferentes ríos y arroyos, siendo los más próximos los siguientes: las Ramblas de Salomón, Del Moral y de la Coronica. El único río destacable en la zona es el río Guadalentín, a escasos 350 m. Otra masa de agua superficial importante es el embalse del Negratín, situado al sur de la Comunidad de Regantes.

Para la actividad de modernización de regadío que se pretende realizar en la Colectividad de Cuevas del Campo, hay un punto de afección por extracción de agua, ya que, como se ha mencionado previamente, el agua vendrá de una toma instalada en el Canal del Sur, que transporta la misma desde el Embalse de la Bolera (masa superficial Embalse de la Bolera), sin afectar a ningún arroyo ni cauce natural.

Además, la zona regable se sitúa sobre otra masa de agua denominada «Río Guadalentín aguas abajo de la presa de la Bolera hasta el embalse del Negratín».

Por tanto, estas masas de agua superficial serán las dos afectadas por extracción-utilización-retorno de agua de la misma.

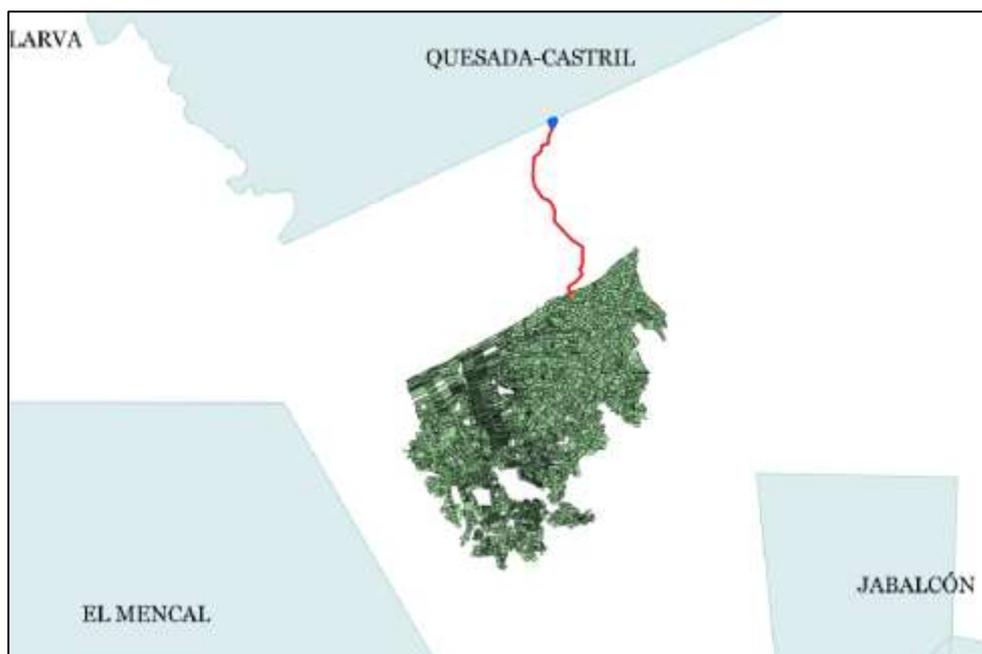


**Figura 6.** Situación de las masas de agua superficiales sobre la zona de estudio.

*Fuente: Elaboración propia a partir de la REDIAM.*

#### **6.4.2 Aguas subterráneas**

La zona regable afectada por el proyecto no se localiza sobre ninguna masa de agua subterránea. En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación de las masas de agua subterráneas más cercanas a la zona de estudio.



**Figura 7.** Situación de las masas de agua subterráneas sobre la zona de estudio.

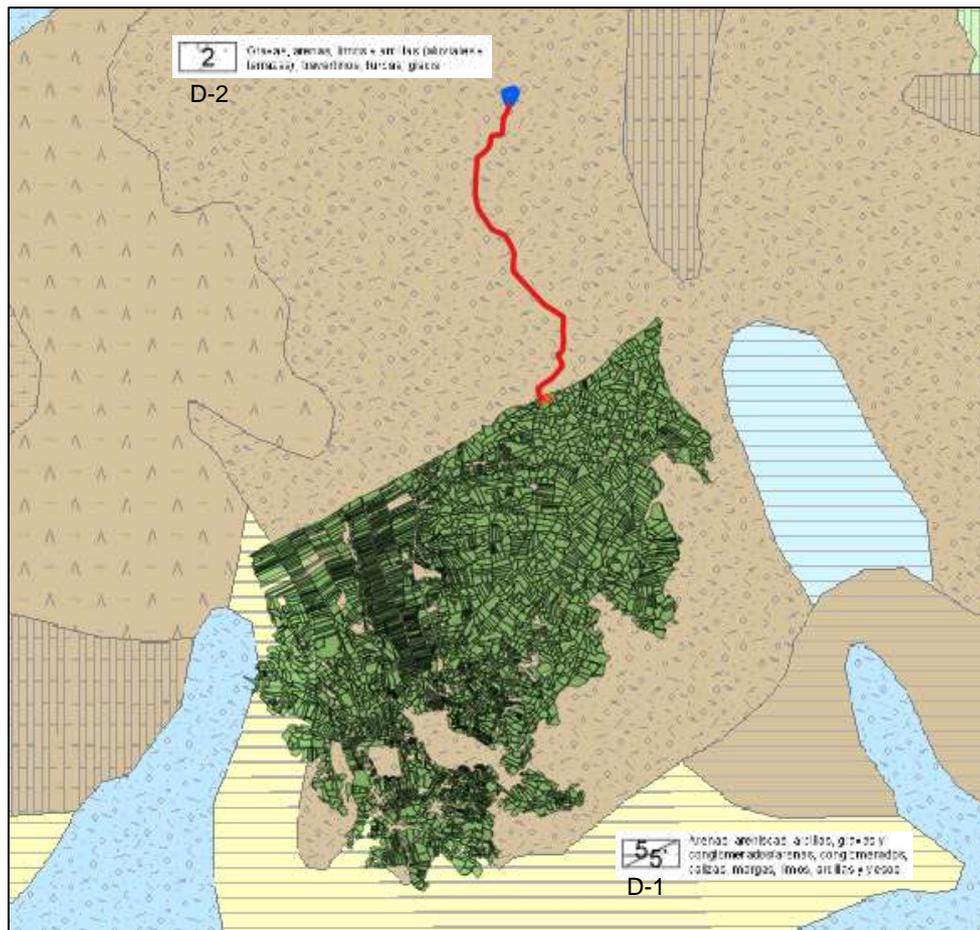
*Fuente: Elaboración propia a partir de la REDIAM.*

## 6.5 HIDROGEOLOGÍA

Para la hidrogeología se ha tenido como fuente el Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:1.000.000, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), que presenta las unidades geológicas clasificadas según su carácter hidrogeológico, basándose en la permeabilidad en superficie de los afloramientos. La hidrogeología se representa por simbolización de los materiales. Es una síntesis de las formaciones hidrogeológicas permeables y acuíferos a nivel nacional, resultante de los estudios sistemáticos realizados por el IGME hasta 1991 sobre las características hidrogeológicas del territorio del Estado Español, determinando la ubicación de los acuíferos, evaluando su grado de explotación, características hidrodinámicas, recursos y reservas, y la calidad y contaminación de sus aguas.

La zona de actuación se ubica mayoritariamente sobre materiales del Cuaternario, concretamente dentro del grupo litológico 2: Gravas, arenas, limos y arcillas (aluviales y terrazas), travertinos, turbas, glaciares. Las características hidrológicas de permeabilidad son D-2, según la clasificación que se realiza en dicho Mapa Hidrogeológico de España.

Una pequeña zona de la Comunidad de Regantes se localiza sobre materiales del Plioceno, clasificada como D-1 5: Arenas, areniscas, arcillas, gravas y conglomerados/arenas, conglomerados, calizas, margas, limos, arcillas y yesos.



**Figura 8.** Mapa Hidrogeológico de la zona de estudio.

*Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa Hidrogeológico de España.  
Instituto Geológico y Minero de España (IGME).*

## **7 INGENIERÍA DEL PROYECTO**

### **7.1 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

Para la caracterización geotécnica de la zona regable se ha analizado toda la documentación elaborada en estudios y/o proyectos anteriores y que la Comunidad de Regantes ha entregado a Agrimensur. Se trata de los siguientes estudios:

- Estudio Geotécnico redactado por Geoxauen por encargo de Aquatec Suez.- Dicho trabajo con fecha de abril de 2016 comprende las zonas de trabajo que serán futuro emplazamiento tanto de la balsa como de la nave que alojará el bombeo. El Estudio Geotécnico recibido se apoya en la recopilación de información procedente de los Mapas Geológicos Nacionales, a escala 1:50.000 de Pozo Alcón (949) y Cuevas del Campo (971), además de la información obtenida en campo.
- Por otro lado, Tragsatec realizó un estudio en base a catas a lo largo de la red de riego proyectada que se centra en conocer la excavabilidad del terreno para la realización de las zanjas, teniendo en cuenta la maquinaria a emplear, rendimiento, presencia de niveles freáticos, así como la estabilidad de las paredes de las zanjas. Los trabajos de campo fueron llevados a cabo en noviembre de 2009 y han sido supervisados por los técnicos de GHM Consultores S.L.P.

Toda la información recibida por Agrimensur ha sido estudiada y analizada comprobándose que es perfectamente homologable al presente proyecto de la Fase II de la modernización y es utilizada como base para los cálculos realizados por Agrimensur en el mencionado Proyecto.

**Por parte de Agrimensur se han realizado en julio de 2022 nuevas catas en el trazado de la red de riego proyectada para completar el estudio realizado por Tragsatec en su día. Se aporta copia de dicho informe como Apéndice 3 «Informe calicatas realizadas por Agrimensur» del Anejo Nº 6 «Geología, Geotecnia y Estudio de materiales».**

**En octubre de 2022 se ha realizado un estudio específico para la cimentación del campo fotovoltaico realizado por LABSON. Se aporta copia de dicho informe como Apéndice 4 del Anejo Nº 6 «Geología, Geotecnia y Estudio de materiales».**

Con todos estos trabajos quedará completamente definida la geotecnia de la zona regable y perfectamente caracterizada para las obras a ejecutar. Se puede concluir que no existe ninguna característica geotécnica que implique tener que adoptar medidas especiales en ninguna de las actuaciones previstas.

**7.1.1 Excavabilidad y estabilidad de las zanjas**

Gran parte de las longitudes de zanja en el Proyecto se calculan con un nivel de excavabilidad bueno, terreno franco, a excepción de los tramos que se resumen en las tablas siguientes, que reflejan las longitudes de excavación en terreno compacto, tránsito y en terrenos duros, donde se prevé el uso de martillo y máquina zanjadora.

**Tabla 4.** Tabla resumen de tramos de zanja en terreno compacto

<b>ZANJAS EN TERRENO COMPACTO</b>			
<b>Tipo de tubería</b>	<b>Localización (PK)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Primaria G-1	INI:3+261;FIN:4+160	450-400-315	944
Primaria G-1-10-1	INI:0+000;FIN:0+178	110	178
Primaria G-1-18	INI:0+000;FIN:1+999	250-200-160-140-125-110	1999
Primaria G-1-18-1	INI:0+000;FIN:0+167	110	167
Primaria G-1-18-2	INI:0+000;FIN:0+757	110	757
Primaria G-1-18-3	INI:0+000;FIN:0+146	110	146
Primaria G-1-20	INI:0+000;FIN:0+990	140-125-110	990
Primaria G-1-20-1	INI:0+000;FIN:0+033	110	33
Primaria G-1-20-2	INI:0+000;FIN:0+071	110	71
Primaria G-1-23	INI:0+000;FIN:0+260	160-125	260
Primaria G-2	INI:9+120;FIN:9+534	315-400	414
Primaria G-2-12	INI:0+740;FIN:1+573	315	833
Primaria G-2-12-1	INI:0+520;FIN:1+320	250-315	800
Primaria G-2-12-1-1	INI:0+000;FIN:0+887	110-160	887
Primaria BB-1-1	INI:0+000;FIN:0+546	160-200	546
Agrupación 172	RAMAL G-1	≤90 (*)	914
Agrupación 272	RAMAL G-1	≤90 (*)	468
Agrupación 273	RAMAL G-1	≤90 (*)	589
Agrupación 278	RAMAL G-1	≤90 (*)	627
Agrupación 280	RAMAL G-1	≤90 (*)	598
Agrupación 282	RAMAL G-1	≤90 (*)	373
Agrupación 283	RAMAL G-1	≤90 (*)	963
Agrupación 284	RAMAL G-1	≤90 (*)	445
Agrupación 289	RAMAL G-1	≤90 (*)	530
Agrupación 318	RAMAL G-1	≤90 (*)	724
Agrupación 182	RAMAL G-2	≤90 (*)	753
Agrupación 186	RAMAL G-2	≤90 (*)	1019
Agrupación 190	RAMAL G-2	≤90 (*)	1067
Agrupación 191	RAMAL G-2	≤90 (*)	1088
Agrupación 192	RAMAL G-2	≤90 (*)	911
Agrupación 210	RAMAL G-2	≤90 (*)	793
Agrupación 211	RAMAL G-2	≤90 (*)	822
Agrupación 213	RAMAL G-2	≤90 (*)	848

<b>ZANJAS EN TERRENO COMPACTO</b>			
<b>Tipo de tubería</b>	<b>Localización (PK)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Agrupación 214	RAMAL G-2	≤90 (*)	508
Agrupación 215	RAMAL G-2	≤90 (*)	5
Agrupación 217	RAMAL G-2	≤90 (*)	1187
Agrupación 218	RAMAL G-2	≤90 (*)	673
Agrupación 304	RAMAL G-2	≤90 (*)	5
Agrupación 305	RAMAL G-2	≤90 (*)	1140
Agrupación 307	RAMAL G-2	≤90 (*)	600
Agrupación 309	RAMAL G-2	≤90 (*)	1074
Agrupación 330	RAMAL G-2	≤90 (*)	473
Agrupación 3	RAMAL BB	≤90 (*)	579
Agrupación 4	RAMAL BB	≤90 (*)	653
Agrupación 5	RAMAL BB	≤90 (*)	154

(\*) Las tuberías secundarias varían entre 32 y 90 mm de diámetro y pueden ir varias por zanja

**Tabla 5.** Tabla resumen de tramos de zanja en terreno tránsito

<b>ZANJAS EN TERRENO TRÁNSITO</b>			
<b>Tipo de tubería</b>	<b>Localización (PK)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Primaria G-2	INI:6+809;FIN:7+900	400	1091
Primaria G-2-15	INI:0+000;FIN:0+352	200-160-140-110	352
Primaria G-2-16	INI:0+000;FIN:0+705	250-160	705
Primaria G-2-16-1	INI:0+000;FIN:0+126	200-140	126
H-303	INI:0+000;FIN:0+077	110	77

**Tabla 6.** Tabla resumen de tramos de zanja en terreno duro con zanjadora

<b>ZANJAS EN TERRENO DURO, ROCA-ZANJADORA</b>			
<b>Tipo de tubería</b>	<b>Localización (PK)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Primaria G-1	INI: 1+004; FIN:1+200	500	196
Primaria G-1	INI: 4+172; FIN:4+283	315	111
Primaria G-1-23	INI:0+260;FIN:1+049	125-110	789
Primaria G-1-25	INI:0+000;FIN:0+178	110	178
Primaria G-2	INI:2+869;FIN:5+664	630	2795
Primaria G-2	INI:6+400;FIN:6+809	630	409
Primaria G-2	INI:7+900;FIN:8+520	400	620
Primaria G-2	INI:8+620;FIN:9+120	400	500
Primaria G-2-10	INI:0+000;FIN:0+294	110	294
Primaria G-2-12	INI:1+573;FIN:2+573	250-200-160-125	1000
Primaria G-2-12-1	INI:0+000;FIN:0+520	315	520
Primaria G-2-12-1	INI:1+320;FIN:2+235	250-200-125	915
Primaria BB	INI:0+560;FIN:1+079	500-630	519
Agrupación 96	Ramal G-1	≤90 (*)	766
Agrupación 259	Ramal G-1	≤90 (*)	538

<b>ZANJAS EN TERRENO DURO, ROCA-ZANJADORA</b>			
<b>Tipo de tubería</b>	<b>Localización (PK)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Agrupación 268	Ramal G-1	≤90 (*)	964
Agrupación 269	Ramal G-1	≤90 (*)	857
Agrupación 274	Ramal G-1	≤90 (*)	1.213
Agrupación 151	Ramal G-2	≤90 (*)	826
Agrupación 152	Ramal G-2	≤90 (*)	571
Agrupación 157	Ramal G-2	≤90 (*)	840
Agrupación 158	Ramal G-2	≤90 (*)	1424
Agrupación 160	Ramal G-2	≤90 (*)	1830
Agrupación 161	Ramal G-2	≤90 (*)	1096
Agrupación 164	Ramal G-2	≤90 (*)	1465
Agrupación 195	Ramal G-2	≤90 (*)	135
Agrupación 198	Ramal G-2	≤90 (*)	197
Agrupación 199	Ramal G-2	≤90 (*)	354
Agrupación 200	Ramal G-2	≤90 (*)	977
Agrupación 201	Ramal G-2	≤90 (*)	317
Agrupación 303	Ramal G-2	≤90 (*)	681
Agrupación 310	Ramal G-2	≤90 (*)	1246
Agrupación 311	Ramal G-2	≤90 (*)	1125
Agrupación 313	Ramal G-2	≤90 (*)	1639
Agrupación 2	Ramal BB	≤90 (*)	543
Agrupación 9	Ramal BB	≤90 (*)	783

(\*) Las tuberías secundarias varían entre 32 y 90 mm de diámetro y pueden ir varias por zanja

**Tabla 7.** Resumen de tramos de zanja en terreno duro, uso de martillo

<b>ZANJAS EN TERRENO DURO, ROCA-MARTILLO</b>			
<b>Tipo de tubería</b>	<b>Localización (PK)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Primaria G2	INI:8+520;FIN:8+620	400	100

En cuanto a la estabilidad en la excavación de las zanjas conviene señalar que los taludes de todas las calcatas presentan una estabilidad aparente buena, con escasas o nulas caídas de material y en ningún caso desplomes.

No se ha detectado la presencia del nivel freático en la zona de los taludes de excavación, factor que favorece su estabilidad. No obstante, y atendiendo a las características granulares de los materiales, en función de la época del año en que nos encontremos, deberá tenerse en cuenta este factor que limitará el ángulo del talud.

### 7.1.2 Recomendaciones para la cimentación del campo fotovoltaico

En los trabajos de campo realizados en la zona de la futura estación de bombeo y campo fotovoltaico, según el estudio de Geoxauen (Apéndice 1 del Anejo N° 6 «Geología, Geotecnia y Estudio de materiales») se detecta una alternancia entre niveles de gravas limosas de alta capacidad portante, a veces formando conglomerados, que provocan el rechazo de las penetraciones DPSH a poca profundidad (P6) y niveles de margas arcillosas de baja plasticidad y menor capacidad portante, como es el caso de la penetración DPSH P5. La calicata C-3 también detecta la aparición de roca.

El perfil del terreno en los desmontes de la parcela con el camino también muestra bolos de tamaños importantes y niveles cementados.

A la vista de estos datos, no se plantea el hincado de los perfiles que sustenten la estructura portante de los módulos fotovoltaicos como modo de cimentación. Esto se debe a que, para que no se produzca rechazo en el proceso de hincado, se tendrá que hacer una perforación previa (*pre-drilling*) y un posterior hormigonado tras el hincado para dar la consistencia necesaria en los ensayos *pull-out*.

Todo este proceso complica la ejecución de un campo fotovoltaico pequeño, como es el caso, por lo que **se elige una cimentación con zapatas con HA-25 ejecutadas in situ en excavación realizada en el terreno para soportar la estructura del campo fotovoltaico**. En cualquier caso, se trata de un terreno de bajo grado de expansividad, que no presenta agresividad frente al hormigón y que permite realizar cimentaciones superficiales tras retirar la capa edáfica del terreno. Las zapatas tendrán unas dimensiones de 1 x 1 x 0,6 m.

La carga máxima que transmitirán los módulos fotovoltaicos y la estructura soporte a las zapatas será de 0,35 kg/cm<sup>2</sup> (calculado en Anejo n° 13 «Cálculos estructurales»). Conforme al estudio realizado por LABSON, dicha tensión se alcanza desde los primeros 20 centímetros, por lo que la solución adoptada es adecuada.

En el Anejo n° 6 «Geología, geotecnia y estudio de materiales» se desarrollan todos los aspectos citados.

## 7.2 ESTUDIO ARQUEOLÓGICO

Al ocupar el proyecto completo dos provincias distintas se realizó la tramitación de las posibles afecciones arqueológicas ante las Delegaciones Territoriales en Jaén y Granada de la Consejería de Cultura, Turismo y Deporte. Sin embargo, la Fase II solo afectará a la provincia de Granada.

Con fecha 25 de mayo del 2016, los servicios técnicos de la Delegación Territorial de Granada informan la necesidad de realización de una intervención arqueológica que consistirá en el Estudio y Documentación gráfica de yacimientos del área afectada por la ejecución del proyecto.

Con fecha 1 de junio del 2016 tiene entrada en el registro de la Delegación Territorial de Granada solicitud de autorización para la actividad arqueológica (EXP: BC.05.012/16).

El 23 de junio del 2016 la Delegación Territorial de Granada comunica que la supervisión de dicho proyecto arqueológico habrá de ir de la mano de la Delegación Territorial de Jaén, ya que existen terrenos de esta provincia afectados por el proyecto. Esta comunicación justificó el proyecto de solicitud de intervención arqueológica también a la Delegación Territorial de Jaén.

En consecuencia, se llevó a cabo una prospección arqueológica en la zona de actuación dirigida por arqueólogo autorizado. Las conclusiones a las que se llegó tras la realización de dichas prospecciones, tal como se puede comprobar en el informe de intervención arqueológica, adjunto al Anejo nº 23 «Informe ambiental», fueron las siguientes (se adjunta extracto del informe):

#### **06- RESULTADOS OBTENIDOS. CONCLUSIONES.**

En la intervención arqueológica realizada hemos podido completar nuestros objetivos, resultando la inexistencia de restos arqueológicos estructurales de gran entidad, ni artefactuales en el área que ha sido objeto del estudio arqueológico.

Las escasas estructuras halladas no se ven afectadas por la modernización de los regadíos.

Se adjunta planimetría general con ubicación de estructuras arqueológicas.

Una vez señalados los resultados de la actuación arqueológica, no se encuentra impedimento alguno para la realización de los trabajos proyectados.

#### **Figura 9. Extracto informe intervención arqueológica**

Con fecha 23/05/2018, la Delegación Territorial en Granada de la Consejería de Cultura, Turismo y Deporte da por finalizada la intervención arqueológica, en lo que respecta a la provincia de Granada, aceptando la procedencia del informe de resultados de la intervención arqueológica. Así mismo, propone mantener la cautela de Control Arqueológico de Movimiento de Tierras para toda la obra, por lo que se deberán tomar las medidas oportunas para no afectar al Patrimonio.

Las resoluciones citadas se encuentran incluidas en el Anejo nº 23 «Informe ambiental»

Acorde con las resoluciones de las delegaciones territoriales de la Consejería de Cultura,

Turismo y Deporte, se llevarán a cabo las medidas de seguimiento que se indican a continuación:

- Trabajo de campo realizado por un arqueólogo que supervisará a la maquinaria que esté realizando movimientos de tierras, comprobando la posible aparición de restos arqueológicos.
- Limpieza y lavado de restos arqueológicos, si aparecieran.
- Inventariado y clasificado de dichos restos.
- Estudio e informe referente a los trabajos realizados.
- Tramitación de permisos ante Cultura y preparación de la documentación necesaria.

En caso de la aparición de restos, los trabajos que se estuvieran realizando sobre la zona afectada, se detendrían y se informaría a las respectivas consejerías.

Estas medidas han sido recogidas y valoradas en el presupuesto del proyecto.

### **7.3 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**

Se ha utilizado como Sistema de referencia geodésica el Sistema ETRS89 referido al elipsoide GRS80 y está materializado por el marco que define la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, y sus densificaciones.

El sistema de referencia altimétrico serán las altitudes registradas del nivel medio del mar de Alicante y como proyección la Proyección Universal Transversa de Mercator (U.T.M.), utilizada en la confección de la cartografía oficial del Estado según Decreto 2303/1970 de 16 de Julio.

El sistema de coordenadas utilizado, U.T.M. ETRS89 H30N, cuya transformación desde el elipsoide GRS80 (*Geodesic Reference System*) se ha realizado en base a la transformación de 7 parámetros.

La cartografía base utilizada ha sido la siguiente:

- Mapa Topográfico Nacional 1:50.000 (MTN50). Hojas 949 y 971
- Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 (MTN25).
- Mapa Topográfico Ráster de Andalucía a escala 1:10.000
- Ortofotos en formato digital del vuelo PNOA de 2019.
- Modelo Digital del Terreno, del IGN en formatos ASCII y DXF.

- La Comunidad de Regantes ha facilitado un modelo digital del terreno (MDT) con curvas de nivel cada 2 m de los términos municipales de Pozo Alcón y Cuevas del Campo.

Los trabajos cartográficos proporcionados por la Comunidad de Regantes fueron realizados por una empresa de gran experiencia en este tipo de trabajos que es GEODISA. Los trabajos encargados y realizados por GEODISA (se adjuntan en CD en Apéndice 1 «CD con trabajos de GEODISA» del Anejo N° 4 «Cartografía, topografía y replanteo») han sido los siguientes:

1. Vuelo fotogramétrico a escala 1:8000 en color (gráfico de vuelo, contactos con apoyos fotogramétricos, etc.), realizado sobre alrededor de 8.800 ha ocupando la superficie completa de los términos municipales de Pozo Alcón Hinojares y Cuevas del Campo. Ortofotomapa a escala 1:2000.
2. Modelo Digital del Terreno (determinando precisión altimétrica -mínimo 0,5 m-). Escala 1:2.000. Curvas de nivel cada 2 m del perímetro de la zona regable realizadas en Acad2000 y entregadas en formato digital.

### 7.3.1 Levantamientos topográficos de detalle

Se han llevado a cabo los siguientes levantamientos topográficos en diferentes zonas donde se requiriere mayor precisión de las que puede aportar el Modelo Digital del Terreno. Así, se han realizado levantamientos topográficos de los terrenos donde se ubicará la estación de bombeo y filtrado y campo fotovoltaico.

**Tabla 8.** Trabajos topográficos de detalle

EMPRESA	FECHA	TOMA DE DATOS	ELEMENTO
SUEZ	8, 9 y 10 marzo 2016	GPS Leica Viva NetRover Estación total Laica TS06	Estación de bombeo y filtrado
AGRIMENSUR	7 junio 2020	GPS TOPCON HIPER VR	Estación de bombeo y filtrado
AGRIMENSUR	Mayo 2022	GPS TOPCON HIPER VR	Fase II Agrupaciones

Por parte de la empresa SUEZ se realizó un levantamiento topográfico de la zona los días 8/9/10 de marzo de 2016.

Posteriormente, en junio de 2020, AGRIMENSUR realizó el levantamiento topográfico de detalle de la zona la estación de bombeo y filtrado (junto al campo fotovoltaico) para comprobar la validez de los trabajos topográficos de SUEZ, dado que las instalaciones se ubican exactamente en las mismas parcelas en ambos proyectos. Por último, AGRIMENSUR ha realizado una comprobación topográfica de las zonas de actuación en mayo de 2022 (ubicación agrupaciones). Todos estos trabajos están hechos mediante GPS marca TOPCON provisto de:

- GPS TOPCON HIPER VR, N/S: 147210127
- GPS TOPCON HIPER VR, N/S: 147210117
- CONTROLADORA TOPCON FC5000, N/S:
- SOFTWARE MAGNET FIELD, N/S: 2211590163

### **7.3.2 Procedimiento de toma de datos**

El procedimiento empleado para los levantamientos topográficos ha sido:

- Estudio previo de la zona a levantar.
- Obtención de coordenadas de bases de referencia.
- Toma de datos de campo.

El primer paso ha consistido en el estudio de la zona de trabajo mediante ortofotografía digital, poniendo de manifiesto los límites hasta los que llegar con la toma de datos en campo, y conocimiento a priori de la orografía.

El segundo paso ha sido la obtención de coordenadas de bases de referencia.

En tercer lugar, AGRIMENSUR hizo el levantamiento de las zonas donde se implantarán el campo fotovoltaico, junto a la estación de bombeo y filtrado, comprobándose la validez de los levantamientos realizados por SUEZ críticos (Apéndice 6 «Levantamiento parcela planta fotovoltaica») del Anejo N° 4 «Cartografía, topografía y replanteo»). Además, se han tomado con GPS las ubicaciones de las nuevas agrupaciones de hidrantes, como posibles puntos críticos (Apéndice 2 «Puntos levantamiento agrupaciones» del Anejo N° 4 «Cartografía, topografía y replanteo»).

### **7.3.3 Trabajo de gabinete**

Se procedió a procesar toda la información disponible operando de la siguiente manera en cada caso:

1. Planta fotovoltaica: Se decidió tomar los levantamientos realizados por SUEZ, una vez comprobada su fiabilidad, junto con los realizados por Agrimensur.
2. Tuberías primarias y secundarias: Con la topografía de detalle realizada en todas las ubicaciones indicadas se ha comprobado la validez de los distintos MDT disponibles (el proporcionado por la Comunidad del vuelo realizado, así como la información pública del

IGN), que son de máxima precisión, por lo que se tomarán estos para el diseño de dichas redes. Se recogen los puntos de la red primaria en el Apéndice 3 «Puntos trazado tuberías primarias» del Anejo nº 4 «Cartografía, topografía y replanteo». Las cotas necesarias para el diseño de la red secundaria se han tomado también del MDT. Para calcular el movimiento de tierras de las tuberías secundarias se ha cubicado en base a las zanjas tipo y a su longitud (medida sobre cartografía disponible), ya que dentro de cada agrupación la escasa diferencia de cotas, las cortas longitudes y las pequeñas zanjas no hacen necesaria la realización de perfiles.

En el Anejo Nº 4 «Cartografía, topografía y replanteo» se recoge toda la información citada.

#### **7.4 SUPERFICIE OBJETO DEL PROYECTO**

La superficie considerada en el presente proyecto, que se corresponde con la Fase II, es de 1.966,54 ha, según se justifica en el Anejo Nº 1 «Listado de propietarios y superficie afectada».

Se proyecta actuar en toda la superficie que resta por modernizar del sector de riego por gravedad que asciende a un total de 1.604,30 ha (544,11 ha del ramal G-1 y 1.060,19 ha del ramal G-2).

Además, en esta Fase II se incluirá la red de riego para parte del subsector de bombeo bajo que regará 362,24 ha (de las 591,30 ha que regará dicho subsector cuando se termine toda la modernización). Del subsector de rebombeo alto, no se incluye nada en este proyecto, ya que corresponderá a una futura Fase III.

#### **7.5 INGENIERÍA DE DISEÑO. CONDICIONANTES Y CRITERIOS DE DISEÑO**

El objeto final del proyecto de modernización es conseguir una red presurizada para riego a la demanda por goteo en toda la Colectividad de Cuevas del Campo, reduciendo al mínimo posible la zona que se tenga que regar con bombeo. Para ello, es fundamental aprovechar al máximo la presión natural que pueda existir en la zona regable, por lo que la balsa de regulación diseñada en el proyecto de la Fase I se ha situado en la mayor cota posible, que será la misma cota del canal principal en Pozo Alcón, pues se llenará por gravedad. Desde dicha balsa el agua se llevará hasta la Colectividad de Cuevas del Campo atravesando la Colectividad de Pozo Alcón con una tubería de transporte que permita mantener la presión natural existente por la diferencia de cotas.

De este modo, en el presente proyecto de la Fase II de modernización podemos distinguir distintos niveles en la red de riego que partiendo desde la estación de bombeo y filtrado lleva el

agua hasta cada parcela de cada regante. Los distintos niveles en los que se divide el proyecto son los siguientes:

1. Red primaria.- Es la que parte de la estación de bombeo y filtrado y llega hasta las agrupaciones de los distintos sectores. Las agrupaciones son las casetas donde se encuentran concentrados los contadores de varias parcelas que riegan desde dicha agrupación. Se distinguirá entre la red del sector de gravedad y el sector de bombeo.
2. Red secundaria.- Es la que parte de cada uno de los contadores de cada agrupación y llega a cada toma de cada parcela.
3. Red interior de parcela.- Es la que el agricultor se construye en el interior de la parcela para distribuir el agua desde la toma parcelaria hasta los diferentes goteros o emisores. No es objeto de este proyecto.

Cada tipo de red tiene unas características diferentes, por lo que para definir los caudales se fijarán unos criterios de diseño expresamente para cada una de ellas.

En la optimización de una red hidráulica es fundamental partir de un buen trazado de la misma. En nuestro caso, la topología definida, ha sido estudiada y analizada en profundidad con un extenso trabajo de campo.

En redes de altura de cabecera fija, como es nuestro caso más significativo por ser los sectores de gravedad los más grandes, la optimización de una red hidráulica consiste sencillamente en consumir la energía gravitatoria disponible, garantizando la presión mínima exigida en todos y cada uno de los nodos de la red, seleccionando para cada tramo, de entre las distintas conducciones que cumplen los condicionantes técnicos impuestos, aquella que genere un menor coste global de la instalación.

Para el caso del sector de bombeo, en los diseños convencionales se analizaba el óptimo entre el coste energético y la inversión en infraestructuras de riego. En la situación actual y con este proyecto en concreto, donde se parte de que la energía eléctrica será autoproducida fotovoltaicamente buscando que el consumo de energía de la red eléctrica sea lo menor posible (lo cual representará un coste muy bajo de explotación), hace que la optimización de la red hidráulica sea muy similar a una red por gravedad.

**En la Fase II del proyecto de modernización de la Colectividad de Cuevas del Campo se incluirá toda la red primaria del Sector de Gravedad de la Colectividad de Cuevas del Campo (en la Fase I se había acometido una parte de ella), con las correspondientes agrupaciones de riego y la red secundaria a las cuales llegue la tubería primaria. Del sector**

**de bombeo, dividido en dos subsectores (bombeo bajo y bombeo alto) se acometerá parte de la red de riego del subsector de bombeo bajo.**

Otra variable que condiciona la concepción global del proyecto es el correcto diseño de las agrupaciones, contadores y tomas de parcela, sobre todo en un proyecto como este donde las parcelas de riego son muy pequeñas y supondrán un importante coste.

Así mismo, se incorporan los elementos de valvulería que hacen posible el buen funcionamiento de la instalación en condiciones de fiabilidad, durabilidad y seguridad, así como su manejo y mantenimiento de forma adecuada.

Para el cálculo de las demandas hídricas actuales y futuras se parte de la distribución de cultivos actual, ya que tras la modernización no se espera que se cambien los cultivos, pues las características de la zona regable no permiten la implantación de muchos cultivos tanto por climatología como por disponibilidades hídricas (concesión de aguas limitada a 3.546 m<sup>3</sup>/ha y año). La distribución de cultivos actual es: un 85,71 % de cultivos leñosos, fundamentalmente olivar (67,13 %), almendro (15,39 %) y frutales (3,19 %); un 14,13 % de tierra arable, en la que destaca el cultivo del maíz y algo de hortícolas (espárragos, calabacín, tomate, pimiento, etc.), y un 0,16 % de cultivos minoritarios, entre los que destaca el viñedo.

Esta distribución arroja, según se desarrolla en el Anejo N° 3 «Estudio Agronómico», un caudal ficticio continuo será de 0,395 l/s ha, que por grupos de cultivos es:

**Tabla 9.** Caudal ficticio continuo por tipo de cultivo

CULTIVO	AREA (ha)	Q (l/s ha)
Olivar	2.346,00	0,260
Almendro	649,78	0,347
Maíz	495,80	1,095
<b>TOTAL</b>	<b>3.491,58</b>	<b>0,395</b>

La dotación bruta para la zona regable en función de la distribución de cultivos será la siguiente:

**Tabla 10.** Dotación bruta en función de la distribución de cultivos

Cultivo	Área (ha)	Dotación (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen anual (m <sup>3</sup> )
Olivar	2.346,00	2.790	6.545.340
Almendro	649,78	3.314	2.153.371
Maíz	495,80	7.427	3.682.307
<b>TOTAL</b>	<b>3.491,58</b>		<b>12.381.018</b>

A la superficie regada de 3.491,58 ha con un volumen concesional disponible de 3.546 m<sup>3</sup>/ha, le corresponde al año un volumen de 12.381.142 m<sup>3</sup>, lo cual coincide prácticamente con los cálculos realizados en el citado anejo que dan como resultado un consumo anual bruto de 12.381.018 m<sup>3</sup>.

En el Anejo N° 7 «Criterios de diseño y Cálculos Hidráulicos», se justifican los caudales de diseño de cada nivel. Para la tubería de transporte se tomará un caudal de 0,395 l/s ha. Para las redes de distribución primaria de las redes de gravedad se tomará un caudal de 0,5 l/s ha y para las redes de bombeo 0,7 l/s ha. Por último, será con un caudal de 1 l/s ha con el que se diseñe la red secundaria que va desde cada contador de los armarios de agrupación hasta cada parcela, los contadores que abastecen cada parcela y las agrupaciones de contadores en las que se concentran varias parcelas.

En todo riego presurizado el objetivo es llegar a las tomas de parcela con una presión y caudal que permita la implantación de un sistema de riego por aspersión o goteo, por lo que resulta fundamental garantizar estos parámetros básicos. En el caso de este proyecto se proporcionará presión garantizada para riego por goteo, dados los cultivos que se dan en la zona regable (casi en su totalidad olivar y almendro y los herbáceos se pueden adaptar a este sistema también), si bien en las zonas de cotas más bajas existirá presión para el riego por aspersión (vaguadas-cañadas que es donde se localizan los herbáceos). Para determinar la presión en las tomas de parcela se deberá tener en cuenta:

- Nivel de agua en la balsa de cabecera.- Se tomará como cota de agua en la balsa la 935,75 (un metro por debajo de su nivel máximo normal NMN: cota 936,75), ya que al ser una balsa de regulación que funciona como un vaso comunicante con el canal principal, siempre estará prácticamente llena en las épocas de máxima demanda, que son las más restrictivas en el cálculo de las presiones. Aguas abajo de la toma en el canal existe una compuerta de nivel constante aguas arriba que mantiene el nivel de agua siempre a la misma cota.
- Pérdidas de carga en la tubería de transporte.- Se determinan para el máximo caudal a transportar cuando toda la Colectividad esté modernizada. Se justificaron en el proyecto de la Fase I (en el epígrafe 5 del Anejo n° 8 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos», páginas 16-17).
- Pérdidas de carga en el cabezal de filtrado general.- Se determinan en el Anejo N° 12 «Diseño de filtrado» unas pérdidas de carga de 3 mca.
- Pérdidas de carga en las tuberías de distribución primaria.- Con lo que se estima la presión que llegará a la entrada de cada agrupación de hidrantes.

- Pérdidas de carga en las agrupaciones: piezas especiales, filtro cazapiedras, válvulas hidráulicas, contadores y válvulas de corte. Se han estimado en 5 mca de forma general en cada agrupación, estando este valor del lado de la seguridad, pues se han tomado caudales bajos de diseño en toda la valvulería y elementos de las agrupaciones para disminuir al máximo las posibles pérdidas (1 mca de pérdidas en la válvula hidráulica con circuitos de tres vías, 1,5 mca en el contador y otros 2,5 mca para el resto elementos).
- Pérdidas de carga en las tuberías secundarias hasta las tomas de parcela.- Con lo que se estima la presión que llegará al punto más alto de cada parcela que es donde se considerará que se situará la toma de parcela.
- Presión mínima en parcela.- Se requiere una presión mínima de 10 mca para el correcto funcionamiento del emisor. Considerando 5 mca de pérdidas en terciarias y ramales portagoteros y otros 5 mca en el cabezal de riego de las parcelas, se necesitarán 20 mca en la toma de parcela en el punto más elevado de la parcela.

Por tanto, para el correcto funcionamiento del riego en las parcelas se debe garantizar una presión mínima de 20 mca en la toma de parcela, situada en el punto más elevado de cada parcela. Sin embargo, como condicionante impuesto por la Comunidad de Regantes de reducir al máximo el Sector de Bombeo y considerando que las parcelas son de muy pequeño tamaño, se ha considerado suministrar una presión algo más baja en casos concretos, donde su situación desfavorable condicione mucho el diseño del resto de la red de riego.

Si se consideran unas pérdidas de carga máxima de 5 mca en los elementos de las agrupaciones de riego, se tendrá que suministrar un mínimo de 25 mca de presión en la red primaria aguas arriba de cada hidrante de agrupación, a los efectos de fijar las presiones mínimas requeridas en el cálculo de las redes primarias.

En el Anejo Nº 8 «Sección Tipo, Cálculo de Anclajes y Cálculos Mecánicos de Tuberías» se justifica el diseño realizado para cada tipo de conducción en función del material de las tuberías y de la zanja tipo propuesta. Cada zanja tipo se ha proyectado teniendo en cuenta las características de suelos donde se van a instalar y rellenos a emplear, las coberturas mínimas desde generatriz superior de los tubos y siguiendo las prescripciones de los fabricantes consultados.

Se contempla también en el proyecto la automatización y telecontrol de las nuevas instalaciones, de forma que haga mucho más sencilla, cómoda y económica la gestión y explotación de la red de riego, mejorando la calidad de vida tanto de los trabajadores de la Comunidad como de los regantes.

## 7.6 SISTEMA DE RIEGO. PARÁMETROS DEFINITORIOS

- Elección del sistema de riego.- El sistema de riego será mayoritariamente por goteo (85,80 %) frente a la aspersión (14,20 %).

**Tabla 11.** Tipos de cultivo con superficie y sistema de riego

<b>CULTIVO</b>	<b>AREA (ha)</b>	<b>Sistema riego</b>	<b>% sistema riego</b>
Olivar	2.346,00	Goteo	67,19%
Almendo	649,78	Goteo	18,61%
Maíz	495,80	Aspersión	14,20%
<b>TOTAL</b>	<b>3.491,58</b>	<b>0,395</b>	<b>100 %</b>

- Necesidades brutas de agua.- A la superficie regada de 3.491,58 ha con un volumen concesional disponible de 3.546 m<sup>3</sup>/ha, le corresponde al año un volumen de 12.381.142 m<sup>3</sup>, lo cual coincide prácticamente con los cálculos de necesidades hídricas realizados en el Anejo N° 3 «Estudio Agronómico», que dan como resultado un consumo anual bruto tras la modernización de 12.381.018 m<sup>3</sup> equivalente a 3.545,96 m<sup>3</sup>/ha.
- Organización de los riegos.- Se plantea un riego a la demanda.

## 8 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES PROYECTADAS

La solución proyectada para la Fase II de las obras de modernización se compone de las siguientes obras:

- Nuevos equipamientos en la estación de bombeo y filtrado y urbanización de la parcela donde se ubica.
  - Obra civil: sala de cuadros eléctricos y finalización de la urbanización de la parcela y camino de acceso.
  - Instalaciones: Se instalarán 10 filtros dobles de 8" y se añade un nuevo colector. Se instalarán las bombas correspondientes al subsector de bombeo bajo con toda su instalación eléctrica, calderería y valvulería.
- Campo fotovoltaico para autoconsumo destinado al abastecimiento del sistema de bombeo.
- Suministro de energía mediante acometida eléctrica a la red existente como apoyo al campo fotovoltaico para abastecimiento del sistema de bombeo.
- Red de riego primaria por gravedad que llevará el agua desde la estación de bombeo y filtrado hasta las agrupaciones de los distintos sectores.

- Red de riego primaria de bombeo para el subsector de bombeo bajo (solo la parte correspondiente a este proyecto).
- Red secundaria que parte de cada uno de los contadores de cada agrupación y llega a cada parcela.
- Agrupaciones de riego con los contadores de las parcelas.
- Automatización y telecontrol de todas las instalaciones.

## **8.1 ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO: OBRA CIVIL Y URBANIZACIÓN**

La estación de bombeo y filtrado proyectada en la Fase I está situada sobre una plataforma a la cota 890,60, al norte del término municipal de Cuevas del Campo, en concreto en las parcelas 895 del polígono 5 y 957 del polígono 10 del término municipal de Cuevas del Campo.

El acceso se produce por un camino asfaltado que va paralelo al Canal del Sur, a 1,2 km aguas abajo de la derivación de la balsa de regulación nº 3 de la Colectividad de Pozo Alcón e Hinojares.

En el presente proyecto de Fase II se ha diseñado en el interior de la nave una sala para alojar los cuadros eléctricos y los variadores de frecuencia con una superficie útil de 22,22 m<sup>2</sup>. En la zona exterior se procederá a asfaltar la plataforma que rodea la nave y el camino de acceso desde el canal, además de terminar el acerado perimetral de la nave.

### **8.1.1 Sala eléctrica**

#### *8.1.1.1 Sistema de compartimentación*

El cerramiento de la sala eléctrica se ejecutará mediante fábrica de ladrillo perforado tosco de 24x11,5x7 cm, de 1/2 pie de espesor, recibida con mortero M-5, de 250 kg, preparado para revestir.

#### *8.1.1.2 Sistema de acabados*

- Revestimientos y pinturas

Los paramentos verticales de la sala eléctrica llevarán enfoscado maestreado y fratasado, de 20 mm de espesor en toda su superficie, con mortero de cemento y arena de río.

En la sala eléctrica se colocará falso techo tipo desmontable de placas de escayola con panel de 60x60 cm sobre perfilería vista blanca (sistema de apoyo), perfilería angular en remates y accesorios de fijación. Todo se sustentará sobre estructura portante a base de perfiles de acero laminado tal y como se puede apreciar en el plano 4.2.2 «Estación de bombeo y filtrado. Distribución en planta. Detalles» Hoja 2 de 2).

Posteriormente se aplicará en dicha sala una pintura plástica lisa blanca lavable (2 manos).

- Carpintería y cerrajería

La puerta de la sala eléctrica será abatible de dos hojas, de aluminio lacado de 15 micras, con perfil europeo con RPT (rotura puente térmico) gama media, de 1500x210 cm. de medidas totales, con permeabilidad al aire clase 3, estanqueidad al agua clase 5A y resistencia a la carga de viento C5, compuesta por cerco, hoja de aluminio, y herrajes de colgar y de seguridad, instalada sobre precerco de aluminio.

Tanto las dimensiones como la ubicación de la puerta interior de la sala eléctrica se pueden apreciar en los planos 4.2.1 «Estación de bombeo y filtrado. Distribución en planta. Planta general» y 4.3 «Estación de bombeo y filtrado. Alzados y sección», hoja 1 de 2.

#### 8.1.1.3 Sistemas de acondicionamiento e instalaciones

- Instalación eléctrica

La descripción y justificación correspondiente a este apartado se encuentra descrita en el epígrafe 8.5 «Electrificación» de la presente memoria. De la misma manera, la instalación eléctrica de baja tensión se encuentra descrita y justificada en el apartado 8.5.6 «Instalación eléctrica de baja tensión».

- Ventilación

En la sala eléctrica, de cara a proporcionar un caudal de aire apropiado para mantener la temperatura en torno a 40 °C como máximo, evitando pérdidas por rendimiento y posibles averías en los variadores de frecuencia híbridos solares, se diseña una instalación apropiada compuesta por dos extractores helicoidales murales en fachada, con capacidad unitaria de 3.500 m<sup>2</sup>/h cada uno, y dos celosías metálicas fijas para ventilación de 100x50 cm, formada por cerco con empanelado de lamas de acero de 60 mm, con abertura mínima de 1 cm entre lamas y rejilla antinsectos en el interior.

Es necesario realizar la demolición de los huecos para la instalación de los extractores en el cerramiento de placa de hormigón proyectada en la Fase I.

#### **8.1.2 Urbanización**

En la Fase I la plataforma quedó acabada con zahorra. En esta Fase II, tanto en la explanada exterior a la nave como en el camino de acceso a la misma, se extenderá un firme con

aglomerado en caliente con un espesor total de 12 cm, repartido en dos capas (una capa base de 6 cm de espesor y una capa de rodadura de 6 cm de espesor) siendo ambas capas del tipo AC 16 SURF S. Se aplicarán sendos riegos de imprimación con emulsión tipo C50BF4 (carga catiónica) con una dosificación de un kilogramo por metro cuadrado ( $1,0 \text{ Kg/m}^2$ ), y de adherencia con emulsión tipo C60B2 (carga catiónica) con una dosificación de medio kilogramo por metro cuadrado ( $0,5 \text{ Kg/m}^2$ )

Al objeto de completar perimetralmente a la nave el acerado, según se puede apreciar en el plano 4.7.1 «Estación de bombeo y filtrado. Urbanización. Planta general», se realizará un acerado acabado con pavimento continuo de hormigón HM-20/B/20/I de 20 cm de espesor, endurecido con fibras de polipropileno con dosificación de  $0,12 \text{ kg/m}^2$  y enriquecido superficialmente y con acabado impreso en relieve mediante estampación de moldes de goma. Este acerado se encintará con bordillo prefabricado de hormigón H-400 achaflanado, de 17 cm de base y hasta 30 cm de altura, asentado sobre base de hormigón en masa HM-20/B/20/I.

## **8.2 ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO: CABEZAL DE FILTRADO**

El agua procedente de la balsa de cabecera y través de la tubería de transporte llegará hasta el comienzo de la zona regable de la Colectividad de Cuevas del Campo, donde se ubicará la estación de bombeo y filtrado. En la Fase I se diseñó el conjunto del sistema para la modernización completa de toda la zona regable en lo referente a caudales, colectores y ubicación en la nave, si bien solo se recogieron en el proyecto las instalaciones que servirían para regar la superficie asociada a la Fase I (524,25 ha).

En el presente proyecto de Fase II se incluirán los filtros y colectores necesarios para regar las 1.966,54 ha incluidas en esta fase.

El caudal total a filtrar será de  $1.379,17 \text{ l/s}$ , que es el caudal de diseño de la tubería de transporte procedente de la balsa y correspondiente con el caudal de la totalidad de la obra de modernización (en base a un caudal ficticio continuo de  $0,395 \text{ l/s.ha}$ ). A partir de este caudal se conocen las dimensiones finales del cabezal de filtrado y en función de ello se han diseñado elementos tales como la nave, el diámetro de colectores, el número de filtros, etc.

En la ubicación elegida de la estación de bombeo y filtrado se cuenta con una presión disponible de más de 35 mca a su entrada. El agua procede de la balsa con una cota fija de agua de 935,75 msnm en periodo de máxima demanda. Con la estimación de pérdidas de carga realizada para la tubería de transporte (8,7 mca) y siendo la cota de la estación de bombeo y filtrado 891 msnm, la presión disponible a la entrada de filtros sería de 36,05 mca.

Con esta presión disponible la limpieza de los filtros se realiza de manera automática, sin

necesidad de electricidad, simplemente aprovechando la presión del agua en los filtros, ya que todo el sistema es comandado de manera hidráulica.

Para confirmar los datos de calidad del agua se tomaron dos muestras de agua en la balsa del Sector B3G de Pozo Alcón, ya que cuando la Colectividad de Cuevas del Campo realice su balsa la calidad del agua será idéntica a la Colectividad de Pozo Alcón (pues vienen del mismo canal y estará decantada en balsa). Según las muestras recogidas se puede considerar que la calidad del agua es buena, sin sólidos que puedan afectar a un normal funcionamiento del equipo de filtración, con índices de la tendencia corrosión/incrustación dentro de la normalidad, en la zona neutra. Con lo que no es necesario prever sistemas de pinturas especiales de tratamiento sobre el filtro (categoría C3 y durabilidad VH según norma UNE-EN ISO 12944-1:2018 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general).

En el fondo de las muestras se detectan sólidos en suspensión que son agregados de partículas lábiles, que durante el proceso de filtración pueden romperse y agregarse de nuevo en zonas de flujo laminar. Por este motivo, para retener las partículas de menor tamaño se establece un grado de filtración de 100 micras. Hay que indicar que en la zona no existen problemas de especies invasoras.

Los datos de diseño para la estación de bombeo y filtrado son los siguientes:

**Tabla 12.** Datos de diseño de la estación de bombeo y filtrado

CAUDAL	PRESIÓN FUNCIONAMIENTO	APLICACIÓN	GRADO DE FILTRACIÓN
4.965 m <sup>3</sup> /h (1.379,17 l/s)	3,5 bar	Riego	100 micras

Para la realización de la filtración descrita se contemplarán filtros de malla automáticos horizontales hidráulicos con bridas de conexión de 8" cada uno y montados por parejas sobre colector de 10", donde cada filtro tendrá una superficie mínima de filtración de 6.800 cm<sup>2</sup>, con sistema de lavado automático doble:

- 1) Lavado en profundidad con agua filtrada para eliminar las partículas retenidas en el interior de la malla.
- 2) Lavado tangencial con agua bruta sin filtrar para arrastre de las partículas de tamaño medio.

El diseño para la estación de bombeo y filtrado es el siguiente:

**Tabla 13.** Características de la estación de bombeo y filtrado

CAUDAL	Nº FILTROS	CAUDAL POR FILTRO	PRESIÓN MÁXIMA
4.965 m <sup>3</sup> /h	36 filtros de 8" montados por parejas sobre entrada-salida a 10"	137,92 m <sup>3</sup> /h	10 atm

Se ha elegido un caudal de 138 m<sup>3</sup>/h para cada filtro de 8" para mantener lo más bajas posibles las pérdidas de carga en la instalación.

Los filtros serán completamente automáticos con un prefiltro manual de seguridad de protección de boquillas de limpieza. No utilizarán válvulas de lavado y el mecanismo de limpieza se accionará con un obturador interno sin mantenimiento.

La malla será de acero inoxidable 1.4404 según norma UNE-EN 10088-2015 Aceros inoxidables, de alto caudal y con soporte de polipropileno y refuerzo externo en acero inoxidable 1.4404 según norma UNE-EN 10088-2015 Aceros inoxidables, para asegurar su resistencia mecánica y evitar la corrosión por cloruros. Las boquillas de succión serán de alto rendimiento, flotantes y biflujo para asegurar la eliminación de los sólidos retenidos en los poros de la malla de filtración a presiones de trabajo iguales o superiores a 2 bar. Soportarán tratamientos de lavado ácido, en caso de ser necesario en un futuro.

El sistema de filtrado se diseña con los siguientes condicionantes:

- 3 Válvulas de aislamiento en cada filtro (entrada-salida-drenaje).
- Ventosas para eliminar la llegada y formación de aire en la estación de filtrado.
- Válvulas generales de aislamiento de toda la estación de filtrado.
- El drenaje debe ser libre a atmósfera, sin contrapresiones que reduzcan la eficiencia del lavado.
- Debe existir suficiente espacio para retirar la malla del interior del filtro.

Los filtros dobles de 8" se colocarán en dos baterías paralelas cada una con 9 filtros dobles sobre dos dobles colectores de Ø 800 mm y se dejarán bridas libres para futuras ampliaciones (2 unidades). En la Fase I se instaló un cabezal con 10 filtros de 8", montados de dos en dos con entrada-salida común de 10" (equivalen a 5 unidades de filtros dobles) y todos ellos sobre un doble colector de Ø 800 mm.

El vertido de las aguas procedentes del lavado de filtros se llevará hasta un desagüe cercano existente de la red de riego de la zona regable y coincidente con el punto de desagüe de la tubería de transporte proyectada. Los filtros entran en limpieza cuando se alcanza una presión

diferencial entre la entrada y la salida de 4-5 mca y se programarán para que entren de dos en dos. El volumen de agua para limpiar es de 150 l y la operación dura 15 segundos. El caudal de limpieza será de 10 l/s por filtro, es decir, 20 l/s para cada dos filtros. En base a este caudal se diseña para el desagüe una tubería de PEAD de 140 mm y 10 atm. Con ese caudal se alcanza una velocidad de 1,68 m/s en la tubería elegida, luego es aceptable. Su trazado se superpone con la tubería de transporte, luego no implica nuevas ocupaciones ni servidumbres. Esta conducción ya quedó recogida en el proyecto de la Fase I.

El sistema de control diseñado permitirá programar la limpieza de los filtros por distintos motivos, como pueden ser:

- Cuando se alcance una diferencia de presión preestablecida entre la entrada y la salida del filtro
- Fijando un intervalo de tiempo desde el último ciclo de limpieza.
- Estableciendo una combinación entre los dos anteriores
- De forma manual, realizando la limpieza en el instante en que interese al usuario.

Además, en el PLC de la estación de bombeo y filtrado, tanto en modo remoto como en modo local, se incluirán prestaciones como:

- Secuencia para permitir el bloqueo del sistema de limpieza de los equipos de forma individual.
- Señales libres de tensión indicación estado filtro.
- Comunicación mediante señales.

Las principales características y especificaciones de los filtros de 8" serán las siguientes:

- **Cuerpo y tapa del filtro:** Acero de carbono con cubrimiento Epoxi protección C3 y durabilidad VH (muy alta) conforme a la norma UNE-EN ISO 12944-1:2018 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general. (ISO 12944-1:2017). Se requerirá que el sistema de protección empleado sea, como mínimo, de la categoría C3 y durabilidad VH (muy alta).
- **Disposición:** Horizontal con prefiltro de protección.
- **Malla filtrante:** Malla de acero inoxidable 1.4404 según norma UNE-EN 10088:2015, Aceros inoxidables, con soporte inyectado sobre la malla en polipropileno y refuerzo externo en acero inoxidable 1.4404

- **Mecanismo de limpieza:** Escaneador de succión de acero inox. 1.4404 con boquillas flotantes biflujo
- **Lavado:** Doble flujo de limpieza, en profundidad con agua filtrada y tangencial con agua bruta
- **Motor hidráulico:** Turbina hidráulica de giro y succión.
- **Material de boquillas:** Polietileno de alto peso molecular
- **Superficie de la malla filtrante:** 6.800 cm<sup>2</sup>
- **Grado de filtración:** 100 micras
- **Presión Min limpieza:** 2 bar
- **Presión Min filtración:** 1 bar
- **Presión Max filtración:** 10 bar
- **Vol. de agua a drenar durante limpieza:** 150 litros
- **Tiempo del ciclo de limpieza:** 15 segundos.
- **Apertura de Lavado:** obturador interno sin mantenimiento
- **Diámetro entrada/salida:** 8" cada filtro (10" el conjunto).

En resumen, las pérdidas de carga totales en la estación de bombeo y filtrado completa (situación futura cuando se concluyan todas las fases de la modernización) son 2,2 mca. Hay que reseñar que estas pérdidas de carga están calculadas considerando que la malla del filtro está limpia. La situación más desfavorable sería cuando el filtro está a punto de limpiar la malla, donde las pérdidas en el filtro serían de 4-5 mca, que es la presión a la que se suele tarar el presostato diferencial que manda la orden de limpieza del filtro. **Para los cálculos hidráulicos de la red de riego se tomará una pérdida de carga en el filtrado de 3 mca** (valor intermedio entre los valores citados).

El conjunto del diseño completo del cabezal de filtrado constará de 36 filtros (cuando se ejecuten todas las fases de la modernización) que se colocarán en dos baterías paralelas sobre colectores de Ø 800 mm con 18 filtros en cada una de ellas (que equivalen a 9 filtros dobles en cada colector y con sus correspondientes salidas-entradas en cada colector) y dejando bridas ciegas para posibilitar una ampliación en caso de que fuera necesaria por futuros cambios en la calidad del agua (se diseñan para 2 filtros dobles más en cada colector). Por tanto, el cabezal de filtrado podría llegar a alojar en un momento dado hasta 22 filtros dobles, 11 por colector.

Para el diseño del número de filtros a instalar en esta Fase II se considerará también lo instalado en la Fase I para analizar el funcionamiento global de la instalación.

La superficie de riego de la Colectividad que se modernizó en la Fase I desde la nueva red presurizada fue 524,25 ha, además de suministrar agua a la balsa de la Cañada del Aljibe que abastece a 383,24 ha ya modernizadas. En la Fase II habrá que añadir 1.966,54 ha. El conjunto de las dos fases supondrá un total de 2.874,03 ha (524,25 ha + 383,24 ha + 1.966,54 ha). Como el caudal ficticio continuo asignado a la red primaria es de 0,395 l/s·ha, el caudal de diseño para el filtrado de la Fase I y II es de 1.135,24 l/s.

Con este caudal y considerando que el caudal de los filtros de 8" con grado de filtración de 100 micras es de 138 m<sup>3</sup>/h (38,33 l/s) serían necesarios 29,62 filtros. **Como se instalan de dos en dos, se diseñará un cabezal con 30 filtros de 8", montados de dos en dos sobre entrada-salida común de 10" (equivalen a 15 unidades de filtros dobles).**

**En la Fase I se diseñaron 5 filtros dobles de 10" (10 filtros de 8"), luego en la presente Fase II se diseña instalar 10 filtros más de 10" (20 filtros de 8") para completar los 15 filtros de 10" necesarios para el total de las dos fases (30 filtros de 8").**

En la Fase II se ejecutará la segunda de las baterías de dobles colectores de 800 mm instalando sobre ella 7 de los nuevos filtros dobles y dejando 8 entradas-salidas con bridas ciegas para instalar sobre este colector nuevos filtros en futuras fases. Los otros 3 filtros dobles se colocarán sobre el colector proyectado en la Fase I. La instalación descrita se puede observar en el plano 4.2.1 «Estación de bombeo y filtrado. Distribución en planta. Planta general».

En el Anejo N° 12 «Diseño del filtrado» se recogen todos los aspectos indicados.

### 8.3 ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO: EQUIPOS DE BOMBEO

Como se ha descrito anteriormente, la nueva red de riego de la Colectividad de Cuevas del Campo contará con una zona donde será necesario bombear el agua para que esta llegue con la presión necesaria a las parcelas, ya que la diferencia de cota con la balsa de regulación no es suficiente para garantizar dicha presión. Por tanto, se ha diseñado un sector de bombeo que partirá de la nave de bombeo y filtrado.

Se pretende optimizar el consumo energético y para ello se dividirá el sistema de bombeo en dos grupos independientes de bombas (con tuberías también independientes) que darán lugar a dos subsectores: subsector de bombeo bajo (BB) y subsector de bombeo alto (BA).

En el presente proyecto de la Fase II se instarán los grupos de bombeo que abastecerán al subsector de bombeo bajo (BB), si bien se debe realizar el diseño conjunto de todo el sistema de bombeo, pues comparten espacio-ubicación dentro de la nave y el colector de aspiración.

Desde el punto de vista del suministro energético, también es necesario proyectar la solución completa.

En el Anejo nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se han determinado los caudales y presiones necesarias para riego de los dos subsectores de bombeo. El caudal de diseño asignado al sector de bombeo es de 0,7 l/s ha. En función de la superficie regada por cada subsector, los caudales punta de la instalación son los siguientes:

- Subsector de bombeo bajo (BB).-
  - Caudal de bombeo: 413,91 l/s
  - Presión de bombeo: 25 mca (proporcionado por la bomba)
  - Superficie regada: 591,30 ha
  
- Subsector de bombeo alto (BA).-
  - Caudal de bombeo: 245,28 l/s
  - Presión de bombeo: 50 mca (proporcionado por la bomba)
  - Superficie regada: 350,40 ha

Para el diseño de los conjuntos de bombas se han analizado distintos modelos de bombas de distintos fabricantes hasta encontrar la mejor relación altura de bombeo-caudales-rendimiento. También se diseña el bombeo del subsector alto en esta fase, aunque no se vaya a ejecutar, pues necesario para el diseño de la distribución de todas las bombas, colectores, etc.

Para la elección y diseño de las bombas se ha partido de las siguientes premisas:

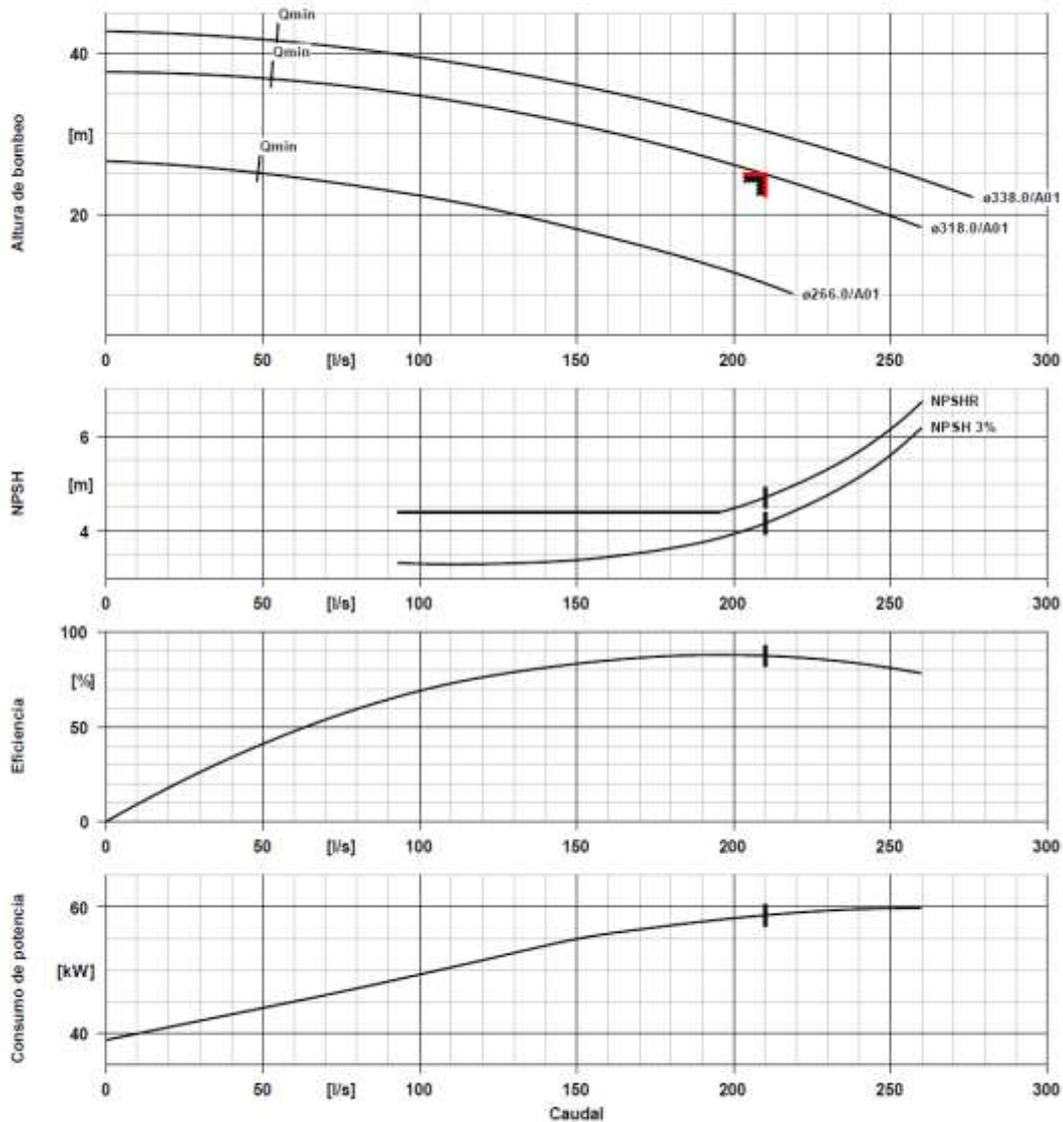
- Las bombas serán de cámara partida y quedarán permanentemente en carga, pues reciben la presión existente en el colector de filtrado. Esta presión será de 35,21 mca (presión dinámica), conforme a los cálculos realizados en el proyecto de la Fase I (página 118 de memoria y página 24 del Anejo Nº 8 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos»).
- Se diseña un conjunto de dos bombas más una de reserva para abastecer cada subsector
- Las bombas deberán funcionar a distintos puntos de caudal y de presión de salida para poder ajustarla a lo largo de la campaña a las necesidades de presión que demande la red de riego.

En el Anejo Nº 9 «Dimensionamiento del sistema de bombeo» se recoge la justificación de todos los cálculos.

### **8.3.1 Subsector de bombeo bajo**

Con base en lo indicado, se diseña un sistema de bombeo con una presión de funcionamiento de 25 mca, con una curva altura-caudal que permita que pueda operar a 20 mca y que con la regulación de variadores de velocidad se obtenga un rango de caudales importante. Se decide diseñar con 3 bombas (2 funcionando y una de reserva) que proporcionen 210 l/s cada una (la mitad del caudal necesario para todo el Subsector de bombeo bajo serían 206,96 l/s, por lo que se han tomado 210 l/s de caudal de bombeo para cada bomba) a 25 mca para fijar la hidráulica de la bomba.

A continuación, se muestran las curvas de caudal (l/s) frente a altura manométrica (mca), el NPSH, el rendimiento (%) y la potencia hidráulica (kW) para el punto de diseño seleccionado.



**Datos de curvas**

Velocidad de giro	1488 rpm	Eficiencia	87,6 %
Densidad del fluido	998 kg/m <sup>3</sup>	Absorción de potencia	58,69 kW
Viscosidad	1,00 mm <sup>2</sup> /s	NPSHR	4,71 m
Corriente volumétrica	210,000 l/s	NPSH 3%	4,16 m
Caudal bombeado	210,000 l/s		
Caudal bombeado requerido		Diámetro efectivo del rodete	318,0 mm
Altura de bombeo	25,00 m		
Altura de bombeo requerida	25,00 m		

**Figura 10.** Curvas características de bomba de 210 l/s a 25 mca

La bomba elegida para elevar presentará un rendimiento hidráulico  $\eta_1=87,6 \%$ , por lo que la potencia absorbida en ese punto de funcionamiento será:

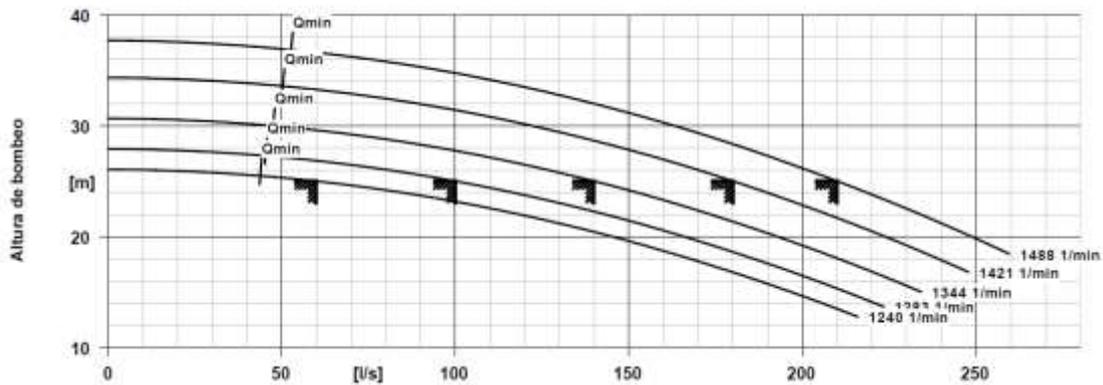
$$P_{\text{absorbida}} = \frac{Q \times H}{75 \times \eta_1} = \frac{210 \times 25}{75 \times 0,876} = 79,91 \text{ CV} = 58,81 \text{ kW}$$

Siendo  $\eta_2$  el rendimiento mecánico del motor (95 % rendimiento indicado por fabricante), en el punto de funcionamiento, la potencia total será:

$$P_T = \frac{PP_{\text{absorbida}}}{\eta_2} = \frac{58,81}{0,95} = 61,91 \text{ kW}$$

De la curva de funcionamiento de la bomba se deduce que el motor que se deberá instalar será de 75 kW (100 CV).

Las bombas funcionarán accionadas por variadores de frecuencia cada una de ellas y se rotarán por tiempo en su funcionamiento. Con la regulación de las revoluciones del motor se obtienen los distintos puntos de funcionamiento. Tendrán unas curvas similares a las siguientes:



**Figura 11.** Curvas características de bomba de 210 l/s a 25 mca a distintas revoluciones

En la siguiente tabla, obtenidos de las anteriores curvas, se muestran para una altura de bombeo fija (25 mca), distintos valores de caudal obtenidos para distintas revoluciones, la potencia hidráulica consumida, su rendimiento y el valor de NPSH:

**Tabla 14.** Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 210 l/s a 25 mca

rpm	Q (l/s)	P Hidráulica (kW)	Rend hidr (%)	NPSHr (mca)
1488	210	58,81	87,6	4,71
1432	180	50,1	87,8	3,5
1354	140	40,7	84,1	3,0
1292	100	32,8	74,9	2,7
1249	60	26,6	55,1	2,7

El caudal mínimo proporcionado (60 l/s) se considera suficiente tanto para el llenado y cebado de la red como para mantener el riego si solo una pequeña parte de la superficie se estuviera

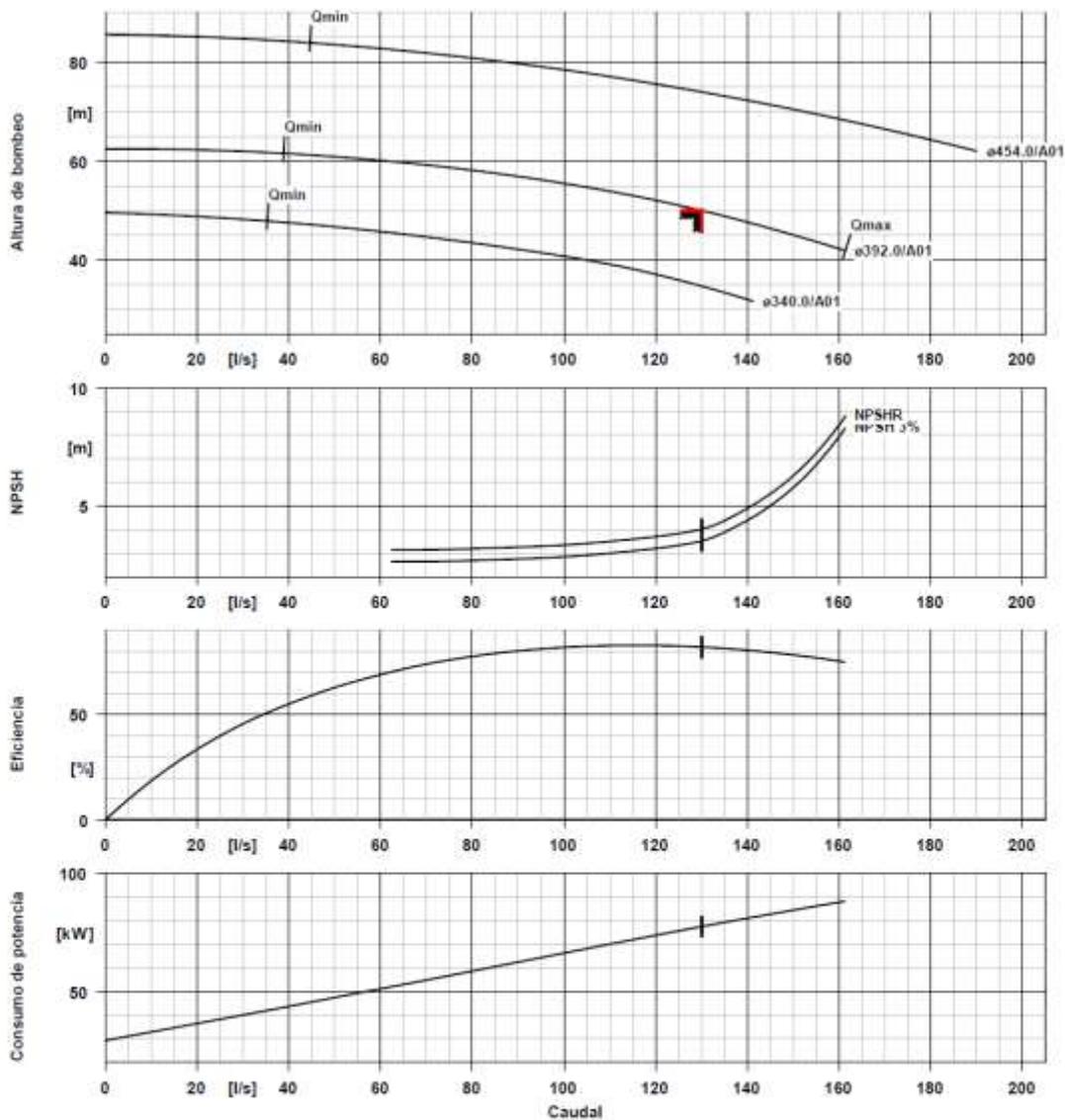
regando. Este caudal de 60 l/s equivale aproximadamente a que solo regara el 15 % de todo el subsector, siendo muy improbable que riegue menos de un 15 %, pues el sector de bombeo solo riega 8 horas al día y los cultivos son olivar y almendro, por lo que la demanda siempre debe ser bastante homogénea y superior siempre al 15 % de la superficie.

Las bombas tendrán las dimensiones del plano 4.2.1 «Planta general estación de bombeo y filtrado» con diámetro de aspiración de 250 mm y 200 mm de impulsión.

### **8.3.2 Subsector de bombeo alto**

Con base en lo indicado, se diseña un sistema de bombeo con una presión de funcionamiento de 50 mca, con una curva altura-caudal que permita que pueda operar a 40 mca y que con la regulación de variadores de velocidad se obtenga un rango de caudales importante. Se decide diseñar con 3 bombas (2 funcionando y una de reserva) que proporcionen 130 l/s cada una (la mitad del caudal necesario para todo el Subsector de bombeo bajo serían 122,64 l/s, por lo que se han tomado 130 l/s de caudal de bombeo para cada bomba) a 50 mca para fijar la hidráulica de la bomba.

A continuación, se muestran las curvas de caudal (l/s) frente a altura manométrica (mca), el NPSH, el rendimiento (%) y la potencia hidráulica (kW) para el punto de diseño seleccionado.


**Datos de curvas**

Velocidad de giro	1487 rpm	Eficiencia	82,1 %
Densidad del fluido	998 kg/m <sup>3</sup>	Absorción de potencia	77,69 kW
Viscosidad	1,00 mm <sup>2</sup> /s	NPSHR	4,03 m
Corriente volumétrica	130,000 l/s	NPSH 3%	3,52 m
Caudal bombeado requerido	130,000 l/s		
Altura de bombeo	50,00 m		
Altura de bombeo requerida	50,00 m		

**Figura 12.** Curvas características de bomba de 130 l/s a 50 mca

La bomba elegida para elevar presentará un rendimiento hidráulico  $\eta_1=82,1 \%$ , por lo que la potencia absorbida en ese punto de funcionamiento será:

$$P_{\text{absorbida}} = \frac{Q \times H}{75 \times \eta_1} = \frac{130 \times 50}{75 \times 0,821} = 105,56 \text{ CV} = 77,69 \text{ kW}$$

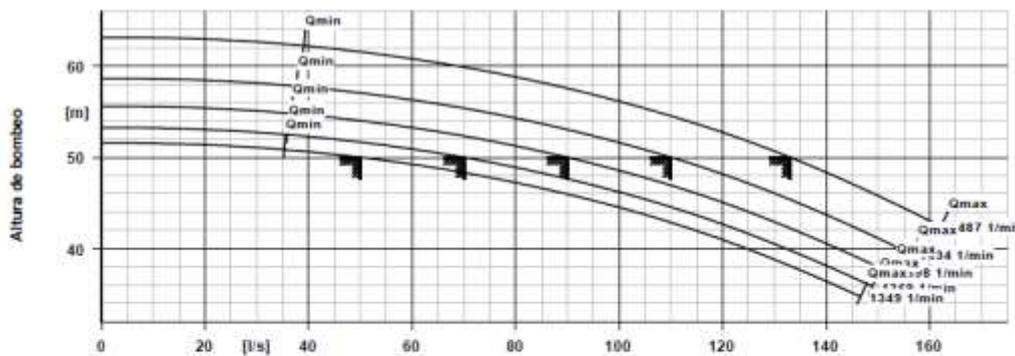
Siendo  $\eta_2$  el rendimiento mecánico del motor (95 %, proporcionado por fabricante), en el punto

de funcionamiento, la potencia total será:

$$P_T = \frac{PP_{\text{absorbida}}}{\eta_2} = \frac{77,69}{0,95} = 81,78 \text{ kW}$$

De la curva de funcionamiento de la bomba se deduce que el motor que se deberá instalar será de 90 kW (125 CV).

Las bombas funcionarán accionadas por variadores de frecuencia cada una de ellas y se rotarán por tiempo en su funcionamiento. Con la regulación de las revoluciones del motor se obtienen los distintos puntos de funcionamiento. Tendrán unas curvas similares a las siguientes:



**Figura 13.** Curvas características de bomba de 130 l/s a 50 mca a distintas revoluciones

En la siguiente tabla, obtenidos de las anteriores curvas, se muestran para una altura de bombeo fija (25 mca), distintos valores de caudal obtenidos para distintas revoluciones, la potencia hidráulica consumida, su rendimiento y el valor de NPSH:

**Tabla 15.** Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 130 l/s a 50 mca

rpm	Q (l/s)	P Hidráulica (kW)	Rend hidr (%)	NPSHr (mca)
1488	130	77,69	82,1	4,03
1442	110	64,9	82,9	2,9
1405	90	54,2	81,2	2,6
1377	70	45,0	76,2	2,4
1356	50	37,1	66,0	2,3

El caudal mínimo proporcionado (50 l/s) se considera suficiente tanto para el llenado y cebado de la red como para mantener el riego si solo una pequeña parte de la superficie se estuviera regando. Este caudal de 50 l/s equivale aproximadamente a que solo regara el 19 % de todo el subsector, siendo muy improbable que riegue menos de un 19 %, pues el sector de bombeo solo riega 8 horas al día y los cultivos son olivar y almendro, por lo que la demanda siempre debe ser bastante homogénea y superior siempre al 19 % de la superficie.

Las bombas tendrán las dimensiones del plano 4.2.1 «Planta general estación de bombeo y

filtrado» con diámetro de aspiración de 200 mm y 150 mm de impulsión.

### 8.3.3 Potencia instalada y potencia consumida

En base a las bombas diseñadas se determina la potencia total, tanto instalada (potencia de motor) como consumida (potencia demandada en el punto de funcionamiento de la bomba), que servirá para el dimensionamiento de la instalación eléctrica y de las instalaciones de generación de energía (campo fotovoltaico y centro de transformación).

**Tabla 16.** Potencias de los grupos de bombeo

	Q (l/s)	H (mca)	Potencia hidráulica (kW)	Potencia eléctrica (kW)	Potencia eléctrica mayorada (kW) (*)	Potencia motor (kW)
<b>BOMBEO BAJO</b>	210	25	58,81	61,91	65	75,00
<b>BOMBEO ALTO</b>	130	50	77,69	81,78	85,87	90,00

(\*) Se mayor a un 5% la potencia eléctrica absorbida en el punto de funcionamiento

La potencia máxima instalada será:

$$\text{Potencia máxima instalada} = 75 \text{ kW} \times 2 \text{ bombas} + 90 \text{ kW} \times 2 \text{ bombas} = \mathbf{330 \text{ kW}}$$

La potencia máxima demandada en el punto de funcionamiento de la bomba:

$$\text{Potencia máxima demandada} = 65 \text{ kW} \times 2 \text{ bombas} + 85,87 \text{ kW} \times 2 \text{ bombas} = \mathbf{301,74 \text{ kW}}$$

**Como potencia máxima demandada (absorbida realmente por la bomba) se tomará 305 kW para compensar las pérdidas en cableados interiores de la estación de bombeo hasta los variadores de frecuencia.**

### 8.3.4 Diseño de los colectores de la estación de bombeo

En este apartado se realiza el cálculo hidráulico de la estación de bombeo completa, desde la toma en colector de filtrado, su paso por el bombeo y su impulsión, para calcular las pérdidas de carga que se producirán tanto en la aspiración como en la impulsión.

Para los cálculos se tomarán los caudales más elevados que se puedan dar en la instalación para el colector principal que distribuye el agua tanto para las bombas del subsector alto como para el bajo (correspondiente 670 l/s en total, 410 l/s para subsector bajo y 260 l/s subsector alto, correspondientes con los caudales máximos proporcionado por las bombas). En la presente Fase

II, solo se calcularán los colectores del bombeo del subsector bajo, pues el del alto no se ejecutará en esta fase.

Los cálculos hidráulicos se dividirán en dos partes: pérdidas en las tuberías y colectores, y pérdidas localizadas (codos, derivaciones, válvulas). Al mismo tiempo se separan en pérdidas en la aspiración y la impulsión. Las pérdidas de carga totales en la estación de bombeo (subsector bajo) se distinguen en función de la bomba y de aspiración o impulsión. Son las siguientes:

**Tabla 17.** Pérdidas de carga totales de la estación de bombeo

<b>ASPIRACION</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Pérdidas (mca)</b>
Tuberías	0,023
Derivaciones	0,184
Válvulas	0,036
<b>TOTAL</b>	<b>0,243</b>
<b>IMPULSIÓN</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Pérdidas (mca)</b>
Tuberías	0,050
Codos	0,110
Válvulas	0,057
<b>TOTAL</b>	<b>0,217</b>

Se tomarán las más desfavorables en cada caso para el dimensionamiento:

1. Para el cálculo del NPSH se tomará 0,243 mca correspondiente a la aspiración.
2. Para el cálculo de las pérdidas de carga de la impulsión se tomará 0,46 mca.

### **8.3.5 Determinación de altura presión del bombeo**

Una vez calculadas las pérdidas de carga que se producen en el sistema de bombeo del subsector bajo y la presión disponible a la salida del filtrado (o entrada colector de bombeo), se determinará la presión que existirá a la salida del bombeo que se tendrá que considerar para los cálculos hidráulicos de la correspondiente red de riego (subsector de bombeo bajo).

- Presión a la entrada de colector bombeo o salida de filtrado: 35,21 mca (determinado en proyecto Fase I).
- Pérdidas de carga bombeo = 0,46 mca
- Presión a la salida de bombas (teniendo en cuenta que éstas proporcionan 25 mca):  
 $35,21 - 0,46 + 25 = 59,75$  mca

**Con estos datos se podrá calcular la presión disponible al comienzo de la red de riego para el caudal más desfavorable del nuevo bombeo, que será 59,75 mca.**

### **8.3.6 Cálculo del NPSH**

El NPSH disponible en esta Instalación es de 44,42 m. Esto implica que, cualquier bomba con un valor de  $NPSH_{req} < 44,42$  puede ser utilizada en esta Instalación. De las bombas diseñadas, la que tiene un mayor NPSH corresponde con la del subsector del bombeo bajo, de 210 l/s a 25 mca, que presenta un  $NPSH_{req}$  de 4,71 m, luego no existirá ningún problema para ser empleadas en esta instalación, por lo que no existe ningún problema de posible cavitación con el diseño realizado (lo cual es lo normal en unas bombas de cámara partida funcionando en carga desde un colector con una presión significativa como es el caso de este proyecto).

### **8.3.7 Cálculo golpe de ariete**

Al ser una red de bombeo muy ramificada que llega a multitud de tomas de parcela y la presión añadida por el bombeo es reducida (25 mca), el efecto de una parada de bombas no tendrá incidencia alguna en la instalación. En cualquier caso, las bombas estarán previstas de válvulas de retención a su salida por lo que quedan protegidas y el timbraje mínimo de las tuberías de la red primaria es de 12,5 atm (con lo que hay un margen importante frente a los aproximadamente 60 mca del bombeo).

## **8.4 CAMPO SOLAR FOTOVOLTAICO.**

En la actualidad la Colectividad de Cuevas del Campo no dispone de ningún consumo eléctrico para el bombeo de agua de forma conjunta para toda la zona regable, ya que los regantes que tienen instalados riegos presurizados tienen bombes individuales accionados con grupos electrógenos.

En el proyecto de la Fase I solo se contemplaba un pequeño consumo para los servicios mínimos de la nave, tales como iluminación, alimentación de elementos de automatización y maniobras de válvulas motorizadas. Todo esto se solventó con una pequeña instalación fotovoltaica en cubierta con baterías para almacenamiento con una potencia de 5,40 kWp (módulos) / 5,00 kW (inversor) y apoyo grupo electrógeno diésel 12,5/13,1 kVA.

Sin embargo, en el presente proyecto de Fase II (y futura Fase III) se contempla la instalación de un conjunto de bombas que abastecerán el sector de bombeo, por lo que será necesario contar con un suministro de electricidad para su funcionamiento. La alternativa elegida será la autoproducción de energía mediante una instalación solar fotovoltaica con apoyo de energía eléctrica convencional (instalación de autoconsumo conectada a red).

En el Anejo nº 9 «Dimensionamiento del sistema de bombeo» se ha realizado la justificación y el dimensionamiento de las nuevas instalaciones de bombeo. Se pretende optimizar el consumo energético y para ello se dividirá el sistema de bombeo en dos grupos independientes de bombas, que darán lugar a dos subsectores: subsector de bombeo bajo (BB) y subsector de bombeo alto (BA).

En el presente proyecto de la Fase II se instarán los grupos de bombeo que abastecerán al subsector de bombeo bajo (BB), si bien el diseño del campo fotovoltaico hay que hacerlo en principio para la totalidad de potencia (por las canalizaciones, zanjas, conductores, tamaño de cuadros eléctricos, etc.), para posteriormente incluir en esta Fase II la parte que corresponda al bombeo bajo.

Las campañas de riego comienzan en marzo-abril dependiendo de la climatología de cada año y se extienden hasta mitad-finales de octubre, si las precipitaciones se retrasan. El presente proyecto se plantea con una planta fotovoltaica en autoconsumo sin excedentes, por lo que la energía generada se consumirá exclusivamente para alimentar las estaciones de bombeo. A tales efectos, se tomará como campaña de riegos los meses de marzo-abril-mayo-junio-julio-agosto-septiembre-octubre (8 meses en total).

El dimensionamiento del campo solar fotovoltaico se realizará de forma que la energía eléctrica a tomar de la red convencional sea la mínima posible y que este consumo de energía casi solo se produzca por labores de mantenimiento del campo solar o por necesidades de riego tras varios días nublados con baja radiación.

De la instalación fotovoltaica saldrán los conductores con corriente continua hasta llegar a los variadores de frecuencia híbridos. Estos variadores tienen dos entradas de corriente: Una continua y otra alterna. El variador hace de inversor y convierte la corriente continua en alterna. La salida del variador irá directamente a alimentar una de las bombas. Si se desea mantener el sistema de bombeo funcionando en unas condiciones estables de caudal-presión, si la producción de energía del campo solar fuera más baja que la demandada por las bombas, tomará la energía restante de la red eléctrica.

La disponibilidad de una parcela con unas dimensiones y topografía adecuadas nos permite dimensionar una planta de 885,6 kWp. Esta planta se ejecutará en dos fases: una primera de 393,6 kWp para abastecer el subsector de bombeo bajo (correspondiente con este proyecto) y una segunda de 492 kWp que se incluirá en la Fase III del proyecto de modernización de la Colectividad de Cuevas del Campo.

Se plantea la ejecución de un campo solar fotovoltaico de autoconsumo sin excedentes de 393,60 kWp compuesto por 640 módulos fotovoltaicos de 615 Wp, agrupados en lazos de 16

módulos e instalados sobre estructura metálica con 15° de inclinación (pues con ella se consigue un óptimo entre la producción de marzo hasta octubre, que será máxima coincidiendo con las máximas demandas de energía del bombeo). Se conectará a la estación de bombeo y filtrado mediante una línea de evacuación en corriente continua, dada la cercanía, que alimentará directamente a los elementos consumidores (variadores de frecuencia híbridos de las bombas), sin plantear vertido de excedentes.

Se ejecutará en la parcela 895 del polígono 5 de Cuevas del Campo (Granada) de propiedad de la Comunidad de Regantes.

#### **8.4.1 Cálculo de la producción energética**

Una vez definido el sistema fotovoltaico y el resto de materiales y equipos, se realiza una simulación para estimar el rendimiento energético de la instalación.

Para analizar la producción del sistema fotovoltaico se utilizan hojas Excel realizadas por Agrimensur Consulting S.L., las cuales han sido aplicadas en muchos proyectos similares ya en funcionamiento.

Para el cálculo de la energía generada por el sistema fotovoltaico, se consideran los siguientes factores clave que se desarrollan en la hoja Excel:

- Irradiación solar ( $G$ , en  $W/m^2$ ) en la ubicación del sitio fotovoltaico por tramos cuartohorarios, con el correspondiente factor de producción ( $F_p$  en %)
- Máxima energía-potencia teórica producida en función de las características del campo fotovoltaico.
- Pérdidas del campo fotovoltaico y pérdidas CA hasta el punto de conexión a la red. Rendimiento energético de las diferentes partes del sistema fotovoltaico.
- Cálculo de la energía-potencia real producida de las pérdidas.
- Determinación de la energía aprovechable para autoconsumo por la estación de bombeo

Los datos meteorológicos considerados de la radiación solar en el sitio, junto con las características del campo fotovoltaico descrito, representan los datos de entrada para calcular las pérdidas del sistema y los rendimientos energéticos.

La radiación solar y temperatura del emplazamiento de la instalación viene dada por datos estadísticos medidos durante años. Para realizar el estudio de producción de la instalación fotovoltaica se consideran como punto de partida los datos obtenidos de programa PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*).

PVGIS ha sido desarrollado en el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. El enfoque de PVGIS es la investigación en evaluación de recursos solares, estudios de rendimiento fotovoltaico (PV) y la difusión de conocimientos y datos sobre radiación solar y rendimiento.

Los datos de radiación solar de PVGIS-SARAH disponibles se derivan de la primera versión del registro de datos de radiación solar de SARAH proporcionado por EUMETSAT Climate Monitoring Satellite Application Facility .(CM SAF). Las principales diferencias con el registro de datos CM-SAF-SARAH son que PVGIS-SARAH utiliza las imágenes de los dos satélites geostacionarios METEOSAT (0° y 57°E) que cubren Europa, África y Asia, y que los valores horarios se calculan directamente a partir de una sola Imagen de satélite.

Esta aplicación permite la descarga de los datos horarios mensuales de radiación para una ubicación concreta, teniendo en cuenta datos de entrada del programa como son la orientación del campo solar y la inclinación de los módulos fotovoltaicos en la estructura soporte.

En el Apéndice 1 «Datos de radiación y temperatura obtenidos del programa PVGIS» del Anejo nº 10 «Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica» se recogen las salidas de los datos generados por el programa PVGIS para las dos instalaciones proyectadas (la planta de 885,6 kWp que es la planta completa para el funcionamiento del bombeo completo que se construirá entre las Fases II y III, y la planta de 393,6 kWp, que es la prevista en la Fase II para el bombeo bajo el objeto del presente proyecto). Los datos de entrada son de acimut 0° e inclinación de módulos 15°. Se toma para la irradiancia los valores de G(i) (*Global irradiance on a fixed plane* W/m<sup>2</sup>) y para las temperaturas los datos de T2m (*Daily average temperature* °C).

Partiendo de estos datos, en primer lugar se determina la producción de energía máxima teórica (correspondiente a una eficiencia del 100 %). La ecuación a emplear será la siguiente:

$$Y_r = P_{STC} \times \frac{G}{G_{STC}}$$

Donde:

- Y<sub>r</sub>: Producción de referencia (*Reference Yield*)
- P<sub>STC</sub>: Suma de la potencia nominal de los módulos en condiciones STC (Condiciones normalizadas para el ensayo de paneles: Radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de la célula fotovoltaica 25 °C, Valor espectral = 1,5 AM)
- G: Irradiación global en el plano inclinado (plano de los módulos) sin considerar las pérdidas por sombreado interno o externo
- G<sub>STC</sub>: Irradiancia en condiciones STC (1000 W/m<sup>2</sup>)

El factor de producción (F<sub>p</sub>) recoge el porcentaje de la relación entre G y G<sub>STC</sub>

$$Fp (\%) = 100 \times \frac{G}{G_{STC}}$$

Como en la instalación se producen pérdidas de energía por distintos motivos, la producción de referencia habrá que reducirla. La producción real de energía será:

$$Producción\ de\ energía\ real = Y_r \times (1 - Total\ de\ pérdidas)$$

Con el fin de hacer un estudio adecuado y detallado de la previsión energética es necesario definir las pérdidas del sistema fotovoltaico. En los siguientes apartados se describen los factores de pérdida considerados para el cálculo de la producción de energía. Para ello se consideran, por un lado, las pérdidas en el sistema de captación solar (sombras, eficiencia, temperatura) y, por otro, las pérdidas en la entrega de energía al inversor-variador, las que se producen en el propio inversor-variador y las que se producen en la conexión de entrega de energía.

#### 8.4.1.1 Pérdidas por sombreados

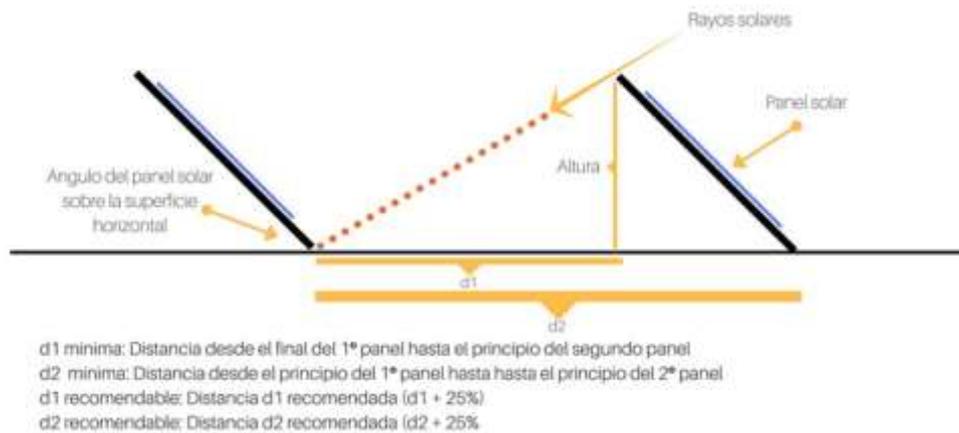
Para obtener un cálculo de sombreado adecuado es necesario representar la geometría exacta del campo solar fotovoltaico.

Tanto la inclinación como la orientación se conseguirán gracias a la estructura portante que tendrá que asegurar la continuidad de estos parámetros mientras esté activa la instalación.

El generador fotovoltaico está dispuesto con acimut 0° según la orientación de la parcela y dispone de una inclinación de 15°. La distancia entre filas permite que queden 3 m de separación libres y se diseña expresamente para que no se produzcan sombras en el periodo de funcionamiento de la instalación de autoconsumo (de marzo a octubre).

Se han tenido en cuenta las condiciones concretas de la estructura, diseñada para tal fin, tratando de obtener la mejor integración en la parcela con la mínima pérdida de rendimiento del sistema.

Para calcular la distancia mínima entre módulos, de manera que no se produzcan sombras, se parte del cálculo de la altura solar en el lugar de emplazamiento.



**Figura 14.** Cálculo geométrico de la distancia entre filas de módulos

$$d_1 = \frac{\text{Altura}}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

La latitud de la zona donde se ubican los paneles es 37,66 °. Por tanto, la distancia mínima entre filas de paneles será:

$$d_1 = \frac{1,2522}{\tan(61^\circ - 37,66^\circ)} = 2,90 \text{ m}$$

En este caso, la separación de 3 m entre filas supone un 3,44 % superior a la distancia mínima recomendable. Por tanto, no se producirá ninguna pérdida por sombreado.

#### 8.4.1.2 Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal

Los módulos FV obtenidos de un proceso de fabricación industrial no son todos idénticos, sino que su potencia nominal referida a las condiciones estándar de medida, STC, presenta una determinada dispersión. Se tomará el 1 % de pérdidas.

#### 8.4.1.3 Pérdidas de mismatch o de conexionado.

Son pérdidas energéticas originadas por la conexión de módulos fotovoltaicos de potencias ligeramente diferentes para formar un generador fotovoltaico. Esto tiene su origen en que si conectamos dos módulos en serie con diferentes corrientes (por muy pequeñas que sean las diferencias), el módulo de menor corriente limitará la corriente de la serie. De modo semejante ocurre para la tensión de la conexión de módulos en paralelo.

Resultando que la potencia de un generador FV es inferior (o en un caso ideal, igual) a la suma de las potencias de cada uno de los módulos FV que lo componen. Se tomará el 1 % de pérdidas.

#### 8.4.1.4 Pérdidas por polvo y suciedad

Tienen su origen en la disminución de la potencia de un generador FV por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos FV. Cabría destacar dos aspectos, por un lado, la presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el generador FV y por otro lado la presencia de suciedades localizadas (como puede ser el caso de excrementos de aves) da lugar a un aumento de las pérdidas de mismatch y a las pérdidas por formación de puntos calientes. Se tomará el 1 % de pérdidas.

#### 8.4.1.5 Pérdidas LID (Light Induced Degradation)

La Degradación Inducida por la Luz es una pérdida de rendimiento que surge en las primeras horas de exposición al sol, con módulos cristalinos. Es decir, puede afectar el rendimiento y la potencia reales con respecto a los datos finales de las pruebas de flash de fábrica entregados por los fabricantes. El agotamiento se crea durante los primeros meses de exposición a la radiación solar.

La pérdida de LID está relacionada con la calidad de la fabricación de la oblea y puede ser del orden del 1 % al 3 %. Los módulos fotovoltaicos de última generación en base a los que se redacta el proyecto permitirán tomar el 1 % de pérdidas.

#### 8.4.1.6 Pérdidas por rendimiento AC/DC del inversor-variador

El inversor-variador fotovoltaico se puede caracterizar por la curva de rendimiento en función de la potencia de operación. Para el modelo que se ha diseñado el proyecto, el fabricante indica una eficiencia del 98,69 %. En cualquier caso, se tomará el 2 % de pérdidas.

#### 8.4.1.7 Pérdidas por rendimiento de seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT) del generador FV

El inversor-variador fotovoltaico opera directamente conectado al generador FV y tiene un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia del generador FV (este punto de máxima potencia cambia con la irradiancia y la temperatura) cuyos algoritmos de control pueden variar entre diferentes modelos y fabricantes.

Se puede caracterizar al inversor-variador por una curva de rendimiento de seguimiento del punto de máxima potencia definida como el cociente entre la energía que el inversor es capaz de extraer del generador FV y la energía que se extraería en un seguimiento ideal. Un problema adicional puede surgir cuando hay sombras sobre el generador FV. En este caso puede haber escalones en la curva IV y el inversor-variador operar en un punto que no es el de máxima potencia. Se tomará el 2 % de pérdidas.

#### 8.4.1.8 Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado

Tanto en la parte DC como en la parte AC (desde la salida de los inversores hasta la conexión a la estación de bombeo) de la instalación se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Estas pérdidas se minimizan dimensionando adecuadamente la sección de los conductores en función de la corriente que por ellos circula.

Los conductores serán de cobre o aluminio y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %. Se tomará el 1,5 % de pérdidas.

#### 8.4.1.9 Pérdidas en el transformador

En las instalaciones fotovoltaicas proyectadas, el transformador no es parte del inversor, sino un dispositivo externo conectado directamente a la red de MT. Por tanto, no generará pérdidas en la producción del campo fotovoltaico.

#### 8.4.1.10 Pérdidas por nivel de temperatura

Las condiciones de prueba estándar se especifican para una temperatura de celda de 25 °C, pero los módulos generalmente funcionan a temperaturas mucho más altas. La pérdida térmica se calcula siguiendo el modelo de un diodo.

La temperatura afecta principalmente a la curva de tensión I/V del módulo. La disminución de la temperatura afecta en gran medida a la tensión de funcionamiento del panel, provocando sobretensiones.

Las pérdidas efectivas dependen en gran medida de la sobretensión del conjunto con respecto a la tensión de funcionamiento. Esta pérdida se puede contabilizar por el coeficiente de temperatura del módulo de Voc como se indica en su hoja de datos (ficha técnica). El coeficiente de temperatura Voc indica la pérdida porcentual de tensión de circuito abierto de la placa solar por cada grado de diferencia entre la temperatura ambiente de referencia 25 °C y la temperatura de operación de las células.

El comportamiento térmico del campo, que influye fuertemente en el rendimiento eléctrico, está determinado por un balance de energía entre la temperatura ambiente y el calentamiento de la celda debido a la radiación incidente.

La temperatura afecta principalmente a los valores de voltaje y tiene su mayor influencia en el

voltaje de circuito abierto, aunque también modifica los valores del punto de máxima potencia y el valor de I<sub>cc</sub>.

Para determinar la temperatura de célula utilizaremos la fórmula:

$$T_c = T_{amb} + \frac{I_{inc} \times (TONC - 20)}{800}$$

Donde:

- T<sub>c</sub>: Temperatura de célula (°C)
- T<sub>amb</sub>: Temperatura ambiente (°C)
- I<sub>inc</sub>: Irradiancia (W/m<sup>2</sup>)
- TONC: Temperatura de operación nominal de la célula (°C)

En la siguiente tabla se calculan las temperaturas máximas estimadas en celda para cada mes del año partiendo de los datos del PVGIS para irradiancia y temperatura ambiente:

**Tabla 18.** Temperaturas máxima en celda

	Irradiancia (W/m <sup>2</sup> )	Tamb (°C)	TONC (°C)	Tc (°C)
ENERO	522	10,83	45	27,14
FEBRERO	636	12	45	31,88
MARZO	705	15,26	45	37,29
ABRIL	777	18,65	45	42,93
MAYO	879	23,93	45	51,40
JUNIO	942	29,43	45	58,87
JULIO	999	34,32	45	65,54
AGOSTO	961	33,41	45	63,44
SEPTIEMBRE	846	27,27	45	53,71
OCTUBRE	687	22,46	45	43,93
NOVIEMBRE	560	14,85	45	32,35
DICIEMBRE	496	11,8	45	27,30

Las características de los módulos fotovoltaicos se proporcionan a una temperatura de 25 °C. Si estas condiciones varían el módulo fotovoltaico proporcionará una tensión y potencia inferior a la obtenida en condiciones estándar. Las fichas técnicas de los módulos fotovoltaicos incluyen coeficiente de pérdida de potencia por cada grado de mayor temperatura de celda que los citados 25 °C. para el módulo de 615 Wp, el coeficiente será -0,3 %/°C, lo que equivale a perder 1,845 Wp de potencia por cada grado de temperatura de celda superior a 25 °C. En la siguiente tabla se calcula la pérdida de potencia para cada mes por efecto de la temperatura

**Tabla 19.** Pérdida de potencia por mes

	Potencia (W)	Diferencia W/°C	Temp. nominal (°C)	T real Celda (°C)	Perdida Potencia (W)	Potencia real (W)	Rendimiento (%)
ENERO	615	-1,845	25	27,14	3,95	611,05	99,36%
FEBRERO	615	-1,845	25	31,88	12,68	602,32	97,94%
MARZO	615	-1,845	25	37,29	22,68	592,32	96,31%
ABRIL	615	-1,845	25	42,93	33,08	581,92	94,62%
MAYO	615	-1,845	25	51,40	48,71	566,29	92,08%
JUNIO	615	-1,845	25	58,87	62,49	552,51	89,84%
JULIO	615	-1,845	25	65,54	74,79	540,21	87,84%
AGOSTO	615	-1,845	25	63,44	70,92	544,08	88,47%
SEPTIEMBRE	615	-1,845	25	53,71	52,97	562,03	91,39%
OCTUBRE	615	-1,845	25	43,93	34,92	580,08	94,32%
NOVIEMBRE	615	-1,845	25	32,35	13,56	601,44	97,80%
DICIEMBRE	615	-1,845	25	27,30	4,24	610,76	99,31%

Se puede observar que el rendimiento del módulo fotovoltaico tiene una importante caída en su rendimiento en los meses de más altas temperaturas. Para estimar una pérdida de rendimiento media se tomarán, por un lado, los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre (por ser los meses de mayor temperatura con una mayor caída del rendimiento) y, por otro lado, los meses de marzo, abril y octubre. El resultado es un rendimiento medio en los meses de verano del 89,92 % en los meses de verano, lo que equivale a unas pérdidas del 10,08 %. En los meses de marzo-abril-octubre el rendimiento medio es del 95,08 %, lo que equivale a unas pérdidas del 4,92 %.

#### 8.4.1.11 Pérdida de rendimiento durante la vida útil de la planta

Las pérdidas de producción que se pueden producir por efecto del envejecimiento del sistema a lo largo del tiempo están motivadas principalmente por la degradación natural del módulo fotovoltaico. La degradación anual de las células fotovoltaicas es un efecto inevitable y está definido por los fabricantes. Además, este efecto se establece mediante garantías de producción o garantías de potencia limitada.

La Tasa de Degradación no deberá exceder el 1 % en el primer año a partir de la Fecha de Inicio, este valor se calcula a partir de la pérdida LID (1,0 %) y un 0,5 % adicional cada año a partir del comienzo del segundo año hasta esa fecha que es 25 años después de la Fecha de Inicio. Con estos valores se obtiene que la Potencia de Salida Máxima no será inferior al 87 % de la de la potencia inicial del módulo fotovoltaico en el año 25.

Esto supone una caída del rendimiento del 12 % en 24 años. Para fijar las pérdidas por el descenso del rendimiento se tomará un valor medio, lo que equivale a considerar unas pérdidas del 6 %.

8.4.1.12 Resumen de las pérdidas de producción de energía

En la siguiente tabla se recoge un resumen con las pérdidas consideradas para calcular la producción de energía de los campos fotovoltaicos proyectados.

**Tabla 20.** Pérdidas en %

	Pérdidas (%) Verano	Pérdidas (%) resto año
Pérdidas por sombreados	0	0
Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal:	1	1
Pérdidas de <i>mismatch</i> o de conexiónado.	1	1
Pérdidas por polvo y suciedad	1	1
Pérdidas LID ( <i>Light Induced Degradation</i> )	1	1
Pérdidas por rendimiento AC/DC del inversor	2	2
Pérdidas por rendimiento de seguimiento del Punto de	2	2
Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado	1,5	1,5
Pérdidas en el transformador	0	0
Pérdidas por nivel de temperatura	10,08	4,92
Pérdida de rendimiento durante la vida útil de la planta	6	6
<b>TOTAL PERDIDAS</b>	<b>25,58</b>	<b>20,42</b>

**Por tanto, para todos los cálculos de producción de energía se consideran unas pérdidas acumuladas del 25,58 % en los meses de verano y del 20,42 % en el resto.**

**8.4.2 Estimación de producción de energía mensual y anual**

Teniendo en cuenta el diseño de la planta junto con los datos de radiación y las pérdidas estipuladas tomadas por diferentes factores, se procede a calcular la producción de energía de las instalaciones. Con los datos horarios mensuales de radiación se interpolan para sacar datos cuartohorarios y en base a la potencia del campo fotovoltaico se obtiene la potencia máxima teórica generada en cada cuarto de hora con la ecuación antes citada

$$Y_r = P_{STC} \times \frac{G}{G_{STC}}$$

Donde:

- Yr: Producción de referencia (*Reference Yield*)
- PSTC: Suma de la potencia nominal de los módulos en condiciones STC (Condiciones normalizadas para el ensayo de paneles: Radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de la célula fotovoltaica 25 °C, Valor espectral = 1,5 AM)

- G: Irradiación global en el plano inclinado (plano de los módulos) sin considerar las pérdidas por sombreado interno o externo
- GSTC: Irradiancia en condiciones STC (1.000 W/m<sup>2</sup>)

La potencia máxima obtenida se verá afectada por las pérdidas que se dan (solo se aprovecha el 74,42 % en los meses de verano y el 79,58 % en marzo-abril-octubre). La producción real de energía será:

$$\text{Producción de energía real} = Y_r \times (1 - \text{Total de pérdidas})$$

En el Apéndice 3 «Cálculos justificativos de potencia bruta, potencia neta y autoconsumo campo fotovoltaico de 393,6 kWp» del Anejo nº 10 «Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica» se desarrollan todos los cálculos justificativos para la planta de 393,6 kWp. En las siguientes tablas se muestran los resultados de producción estimados mensualmente para la planta fotovoltaica.

En el Apéndice 2 «Cálculos justificativos de potencia bruta, potencia neta y autoconsumo campo fotovoltaico de 885,6 kWp» del Anejo nº 10 «Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica» se desarrollan todos los cálculos justificativos para la planta de 885,6 kWp (planta completa para el funcionamiento del bombeo completo que se construirá entre las Fases II y III) y en el Apéndice 3 «Cálculos justificativos de potencia bruta, potencia neta y autoconsumo campo fotovoltaico de 393,6 kWp» para 393,6 kWp (planta de 393,6 kWp es la prevista en la Fase II para el bombeo bajo). En la siguiente tabla se muestran los resultados de producción estimados mensualmente para la planta fotovoltaica de 393,6 kWp, la cual es objeto de este proyecto.

**Tabla 21.** Datos de producción de energía campo FV del proyecto de Fase II (393,6 kWp)

Mes	Campo 393,6 kWp	
	Energía producida bruta (kWh)	Energía producida neta (kWh)
Enero	44.333	34.462
Febrero	47.852	38.081
Marzo	65.024	51.746
Abril	74.724	59.465
Mayo	87.443	65.075
Junio	91.846	68.351
Julio	97.375	72.466
Agosto	90309	67.208
Septiembre	73567	54.748
Octubre	64376	51.230
Noviembre	44299	35.253
Diciembre	41.919	33.359
<b>Totales</b>	<b>823.065</b>	<b>631.445</b>

#### 8.4.3 Estimación de la energía autoconsumida

En el epígrafe anterior se ha calculado la energía mensual y anual que pueden producir los campos fotovoltaicos, pero como el destino de esta energía es el autoconsumo en las estaciones de bombeo, tienen que estar en funcionamiento para que la energía producida se pueda usar.

Las estaciones de bombeo están en funcionamiento durante la campaña de riego para lo cual se consideran los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre. La energía que se produce en el resto de meses no se usará para el bombeo.

Además, hay que considerar que la producción del campo fotovoltaico es mayor que el consumo de la estación de bombeo (que es de 305 kW cuando esté completa la estación de bombeo en fases futuras y de 130 kW con las bombas del subsector de bombeo bajo contempladas en el presente proyecto de Fase II) a partir de un cierto valor de radiación relativamente bajo, pues se tiene como objetivo consumir el mínimo posible de energía de red convencional. Luego tampoco se aprovechará toda la energía producida.

Por último, aunque la energía producida mensualmente sea menor que la consumida no tiene por qué coincidir instantáneamente, ya que el consumo de las estaciones de bombeo cambia constantemente al funcionar a la demanda.

Como se justificó en el Anejo nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos», el riego del sector

de bombeo se ha diseñado para ser realizado desde marzo a octubre durante 8 horas al día (8,5 horas en junio y julio) coincidiendo con la franja horaria de mayor radiación que son las de mayor producción de energía. Con el periodo de riego previsto y los caudales de las bombas se podrían llegar a proporcionar un máximo de 4.995,5 m<sup>3</sup>/ha.año, lo cual no es posible, ya que la dotación autorizada por la concesión de aguas es de 3.546 m<sup>3</sup>/ha.año. Esto quiere decir que se tiene capacidad para generar más energía de la que realmente se puede consumir a lo largo del año (aunque no puntualmente por ser un riego a la demanda dentro de las 8-8,5 horas establecidas para el funcionamiento), luego un 29 % de la energía autoproducida no se podrá consumir por estar limitada la dotación de agua.

En el Apéndice 3 «Cálculos justificativos de potencia bruta, potencia neta y autoconsumo campo fotovoltaico de 393,6 kWp» del Anejo nº 10 «Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica», se calcula la energía-potencia producida por periodos cuartohorarios y se determina el número de horas que el campo fotovoltaico estaría produciendo energía para el bombeo dentro de la franja prevista. Con estos parámetros podemos determinar para cada mes cuál es la energía que se puede autoconsumir de la energía producida. En la siguiente tabla se muestran por meses los resultados de la producción neta del campo fotovoltaico, el autoconsumo potencial (máximo que se podría dar) y real (el que realmente se puede producir) estimados mensualmente.

**Tabla 22.** Datos de autoconsumo del proyecto de Fase II (393,6 kWp)

Mes	Energía producida neta (kWh)	Autoconsumo kWh	Autoconsumo real kWh
Enero	34.462	0	0
Febrero	38.081	0	0
Marzo	51.746	31.703	22.509
Abril	59.465	31.158	22.122
Mayo	65.075	32.240	22.890
Junio	68.351	33.150	23.537
Julio	72.466	34.255	24.321
Agosto	67.208	32.240	22.890
Septiembre	54.748	30.938	21.966
Octubre	51.230	31.040	22.038
Noviembre	35.253	0	0
Diciembre	33.359	0	0
<b>Totales</b>	<b>631.445</b>	<b>256.724</b>	<b>182.274</b>

El consumo de energía de apoyo de la red convencional sería muy bajo y también se estima en el citado Apéndice 3 «Cálculos justificativos de potencia bruta, potencia neta y autoconsumo campo fotovoltaico de 393,6 kWp». Habría que añadir el consumo que se produzca por días nublados de baja radiación en los que se pretenda regar, que no se contempla en la siguiente

tabla.

**Tabla 23.** Datos de consumo de energía de apoyo

Mes	Consumo de energía de red (kW)
ENERO	0
FEBRERO	0
MARZO	537
ABRIL	44
MAYO	0
JUNIO	0
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	279
OCTUBRE	1200
NOVIEMBRE	0
DICIEMBRE	0
<b>TOTAL</b>	<b>2.059</b>

#### 8.4.4 Ahorro de energía y de emisiones de CO<sub>2</sub>

El ahorro de energía que se alcanzará con el presente proyecto al sustituir los bombeos particulares de cada regante (alimentados por grupos electrógenos) por un bombeo colectivo sería de 182.274 kWh, que corresponde con el autoconsumo estimado real que se puede dar y que se ha calculado anteriormente.

Además de los ahorros económicos que conlleva la instalación de un generador fotovoltaico, también hay que sumarle el beneficio medioambiental que esta lleva consigo, contribuyendo medioambientalmente a generar una energía limpia que posteriormente será consumida, evitando así las emisiones perjudiciales a la atmósfera típicas de las energías convencionales. Todo esto hace que el generador fotovoltaico propuesto posea una calidad medioambiental excepcional.

La energía generada en un generador fotovoltaico está libre de toda emisión de CO<sub>2</sub>. En esto, y su carácter distribuido y modular, radica la ventaja que esta fuente energética tiene sobre las fuentes convencionales.

Al ser esta un energía limpia y libre de emisiones, se está evitando anualmente una emisión de un total de 45.568,5 kg de CO<sub>2</sub> (considerando un coeficiente de paso de CO<sub>2</sub>/energía de 0,25 kg CO<sub>2</sub>/kWh).

$$\text{Reducción kg de CO}_2 \text{ anual} = 182.274 \text{ kWh} \times 0,25 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 45.568,5 \text{ kg de CO}_2$$

Por tanto, con la actuación proyectada se está contribuyendo positivamente a la lucha contra el cambio climático y sus consecuencias.

#### **8.4.5 Componentes de la instalación fotovoltaica**

La energía procedente de la radiación solar (energía solar fotovoltaica) se convierte en energía eléctrica en su formato de corriente continua a través de una serie de paneles solares dispuestos en número apropiado en series. Estas series se agrupan formando paralelos que se conectan al equipo inversor (variador de frecuencia híbrido solar), encargado de convertir la corriente continua generada en corriente alterna a 400 V, que se usará, para la alimentación de motores de bombas de riego.

Asimismo, se ejecutará la instalación de modo que se asegure un grado de aislamiento eléctrico tipo clase II en lo que afecta a equipos tales como módulos e inversores-variadores, así como al resto de materiales, tales como conductores, cajas, armarios de conexión, etc. En cualquier caso, el cableado de corriente continua será de doble aislamiento.

La instalación fotovoltaica estará constituida, básicamente, por los siguientes elementos:

- Estructura soporte metálica, previa adecuación del terreno.
- Módulos fotovoltaicos.
- Cajas concentradoras de series y caja general de series.
- Variadores de frecuencia híbridos solares (3x75 kW).
- Sistema DC/AC.
- Protecciones.
- Puesta a tierra.
- Monitorización y sistema antivertido.
- Sistema de videovigilancia.

##### **8.4.5.1 Adecuación de la parcela**

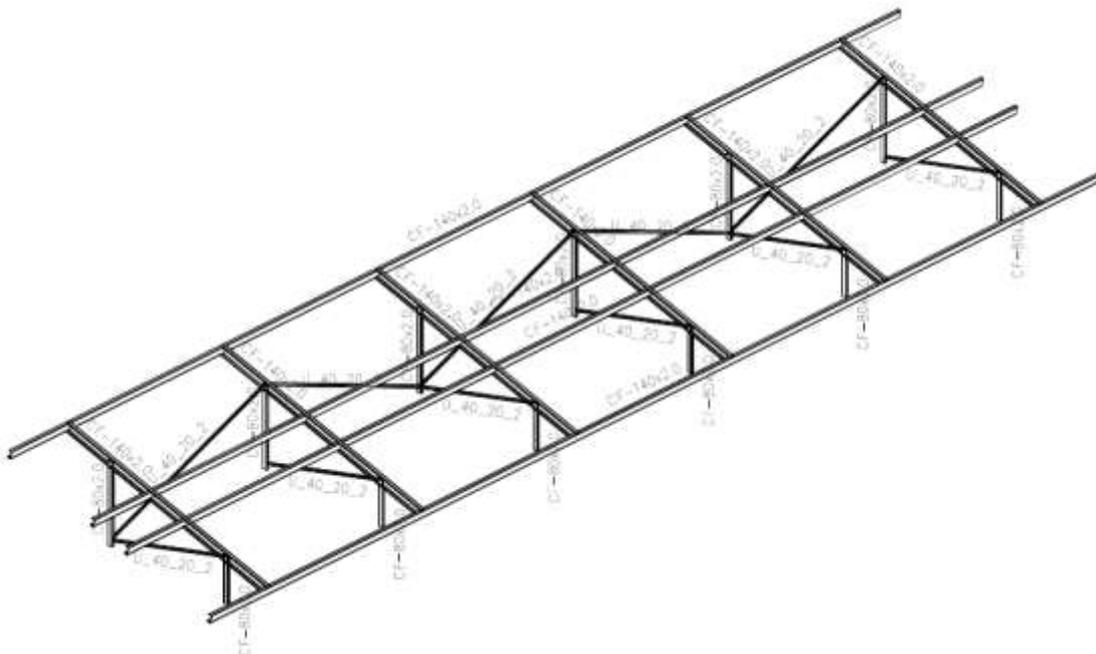
Previo a cualquier actuación es necesario adecuar el terreno de la parcela para que pueda servir para la instalación de los soportes de los módulos fotovoltaicos. La parcela presenta una suave pendiente que no hace necesario movimiento de tierra, adaptándose el campo fotovoltaico a la topografía existente. Se realizarán los siguientes trabajos:

- Desbroce de 10 cm.
- Carga, transporte y extendido de la tierra vegetal a parcelas de la Comunidad de Regantes.

- Vallado completo del campo solar mediante cerramiento de postes de tubo de acero galvanizado en caliente de 5 cm de diámetro y 2,35 m de altura, a 3 m de separación, empotrados y anclados mediante hormigón 30 cm en el terreno y guarnecidos con malla galvanizada simple torsión 50 mm de paso de malla y diámetro 1,8 mm, de 2,0 m de altura. El acceso al recinto se realizará mediante puerta de acceso 5 m con doble hoja, realizada mediante estructura de tubos de acero de 48 mm de diámetro galvanizados.

#### 8.4.5.2 Estructura metálica y cimentación

Se proyecta una estructura soporte metálica (llamada mesa) de acero conformado calidad S 350 GD, según norma «UNE-EN 10162 Perfiles de acero conformados en frío. Condiciones técnicas de suministro. Tolerancias dimensionales y de la sección transversal», de 18,37 m de largo para soportación de 32 módulos fotovoltaicos, disposición vertical de cada módulo fotovoltaico en 2 filas con 16 módulos cada fila (16 x 2V). En total, serán 20 mesas para albergar los 640 módulos fotovoltaicos proyectados, según croquis adjunto:



**Figura 15.** Disposición de la mesa “tipo” de soportación de módulos FV

Los cálculos mecánicos de la estructura se incorporan en el Anejo Nº 13 «Cálculos estructurales».

Los perfiles portadores (4) se apoyan sobre la viga dintel inclinada 15° de forma tal que se pueden anclar los módulos fotovoltaicos, según muestra el plano de estructura correspondiente, Plano 5.4 «Instalación Fotovoltaica. Estructura soportación». Se realizan en secciones abiertas (CF 140.2.0) en chapa de acero conformado S 350 GD para facilitar el montaje y correcto apriete de los tornillos de fijación a otros componentes. Sobre este acero se aplicará en una línea continua de galvanización una protección por inmersión en caliente con zinc, un 3,5 % de aluminio y un 3 % de magnesio, con un recubrimiento de 25 micras por cara (ZM310).

La viga inclinada de soporte para los perfiles portadores está formada por un perfil abierto de pared delgada, tipo CF 140.2.0 en acero de construcción de calidad S 350 GD, de 4,27 m de longitud.

Denominamos puntal a la pieza inclinada que arriestra la viga inclinada generando el triángulo que rigidiza la mesa, ya que al tratarse de una estructura metálica flexible y dúctil es como mejor se comporta para resistir las cargas. Se trata de una pieza conformada tipo U 40.2 de sección continua

Denominamos soportes a los pilares de la mesa, como es lógico, siendo verticales para soportar la viga dintel con su inclinación óptima. Se trata de una pieza conformada en forma de C tipo CF 80.2.0 de sección continua y acero conformado S 350 GD.

El sistema de fijación de los módulos será mediante grapas intermedias y finales fijando los módulos fotovoltaicos en la posición marcada en el manual de montaje del fabricante. La grapa intermedia y final dispone en su extremo en una zona dentada para romper el anodizado del módulo fotovoltaico para garantizar la equipotencialidad. La tornillería será desmontable con arandela de seguridad calidad de acero AISI 304 (A2 70). Las pinzas de soporte de módulos estarán fabricadas en aluminio extruido de aleación 6063.

Se realiza el estudio de la cimentación de la estructura para los soportes más desfavorables en cada uno de los casos, agrupando los resultados para grupos de soportes por razones de homogeneización. Para todos ellos se ha elegido zapatas centradas de 1 x 1 x 0,6 m, de hormigón armado, ya que se adaptan mejor a las sollicitaciones consideradas.

Según el Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), la cimentación se realizará a base de zapatas de hormigón armado HA-25/B/20/IIa de resistencia característica 25 N/mm<sup>2</sup> y dimensiones en planta especificadas en el plano 5.3.1 «Instalación Fotovoltaica. Cimentación. Planta general», con un mallazo de barras de acero corrugado B 500 S.

#### 8.4.5.3 Módulos fotovoltaicos

El parque solar fotovoltaico estará formado por un campo solar con una potencia de 393,60 kWp. El campo solar se diseña mediante una estructura fija provista de inclinación a 15° para la colocación de paneles, con el fin de optimizar al máximo la energía solar captada en meses de primavera-verano (que es cuando se da el mayor consumo en las estaciones de bombeo) y obteniendo en meses de invierno una aceptable cantidad de energía.

Para la realización de este proyecto se utilizarán módulos de alto rendimiento y que presentan las siguientes características:

- Baja degradación y excelente rendimiento en condiciones de alta temperatura y baja radiación.
- Marco de aluminio robusto que asegura a los módulos soportar cargas de viento de hasta 2.400 Pa y cargas de nieve de hasta 5.400 Pa.
- Alta fiabilidad contra condiciones ambientales extremas (habiendo superado test de niebla salina, amoníaco y granizo).
- Resistencia a la degradación inducida por potencial (DIP).
- Tolerancia solo positiva de 0 ~ +3 %.
- Garantía del producto de 12 años.
- Garantía limitada de potencia lineal: Tendrá una degradación anual máxima de 0,4 % en 30 años.

La tecnología de fabricación de estos módulos ha superado unas pruebas de homologación muy estrictas que permiten garantizar, por un lado, una gran resistencia a la intemperie y, por otro, un elevado aislamiento entre sus partes eléctricamente activas y accesibles externamente.

Los módulos se fabricarán con células de alto rendimiento de tecnología de silicio monocristalino y dispondrán de los certificados IEC-61215 (UNE-EN 61215), IEC 61730:2004 IEC-62716, IEC61701.

Los módulos presentan además una baja tolerancia (0 ~ +3 %), siendo siempre positiva, lo que permite contar con bajas discrepancias en cuanto a las indicaciones generales.

El diseño de campo solar está vinculada tanto al módulo solar como a los inversores instalados. En la tabla adjunta puede observarse las características técnicas (eléctricas y físicas) que poseen los paneles proyectados para suministro y que se resumen en las siguientes:

**Tabla 24.** Características técnicas de los paneles proyectados (I)

Potencia pico (Wp)	615
Eficiencia	22,00 %
Vmp (V)	45,69
Imp (A)	13,46
Voc (V)	55,40
Coef Voc (%/°C)	-0,25
Coef Pmax (%/°C)	-0,30
Superficie (m <sup>2</sup> )	2,795
Dimensiones (mm)	2.465x1.134x35
Máximo voltaje ( VCD)	1.500
Nº de celdas	156 (2x78)

Estas características son especificaciones en CEM (STC, condiciones estándares de medida), consistentes en una irradiancia de 1.000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de célula de 25 °C y masa de aire de 1,5.

En cualquier caso, los módulos se asociarán dentro de su misma serie en función de su propia intensidad de máxima potencia (Imp), que es el criterio óptimo de asociación. Si bien, aunque hay una correlación entre la Imp y la Pmp, no siempre a mayor potencia tendremos una mayor corriente.

Cada serie dará una corriente diferente que se sumará a la del resto de las series hasta el inversor. Las tensiones de las series serán las mismas, y vendrán fijadas por el inversor DC/AC en su búsqueda del punto de máxima potencia. Se conectarán directamente a cada una de las entradas de CC del inversor correspondiente.

El número total de paneles de la instalación será de 640 unidos en series de 16 módulos fotovoltaicos. La distribución de dichas series se ajusta a su ubicación en la parcela.

Las distancias de separación entre paneles, para evitar los efectos negativos de pérdida de producción eléctrica asociado a las sombras que unas hileras puedan producir sobre las otras son de 2 m.

#### 8.4.5.4 Variadores de frecuencia híbridos solares.

Se dimensionan 3 variadores de frecuencia trifásicos, uno por bomba, de 75 kW de potencia unitaria, que harán la función de inversores transformando la corriente continua procedente del

campo solar en alterna y además, estarán conectados a red eléctrica convencional para tomar la energía que pueda faltar en cada momento para abastecer a las bombas. Tendrán las siguientes características:

**Modelo para motores de 75kW**

Cantidad	3
Aplicación	Bombeo. Sector "BAJO"
Intensidad Nominal	150A
Sobrecarga	150% durante 60seg
Tensión de Alimentación AC	400Vac
Tensión de Alimentación DC	560 - 1000Vdc
Grado de protección	IP54
Temperatura ambiente	50°C
Potencia motor hasta	75KW (100CV)

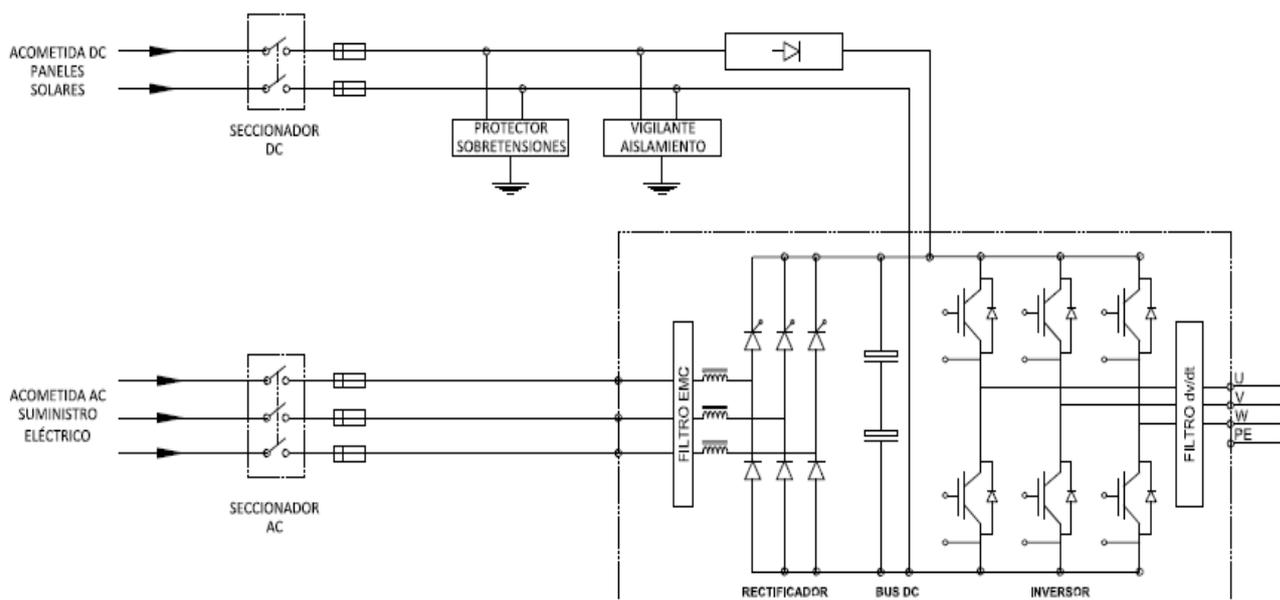
**Elementos opcionales**

Seccionador AC	Integrado	
Fusibles AC	Integrados	
Seccionador DC	Integrado	
Fusibles DC	Integrados	
Protector contra sobretensiones	Integrado	
Vigilante de aislamiento	Integrado	
Kit de diodo de protección Tiristor –	Integrado	
Diodo	Integrado	
Filtros RFI DC		
Resistencias de caldeo	No	
Higrostat	No	
Filtro EMC	Integrado de serie (C3)	
Filtro Dv/dt	Integrado de serie	
THDi	<40%, Bobinas de entrada 3% de impedancia	
Display alfanumérico	Integrado de serie	
Dimensiones del conjunto (AnxPxAl)	1231x529x2000mm [**]	
Dimensiones del variador (AnxPxAl)	320x466x2000mm	
Entradas y Salidas	Entradas Digitales Programables	6 + 4
	Salidas Digitales Programables	3 + 5
	Entradas Analógicas Programables	2 + 1
	Salidas Analógicas Programables	2 + 1
	Entradas PTC	1
	Entradas PT100	0
	Entradas vibraciones (4-20mA)	0
Comunicación	Modbus TCP	
Cables Entrada/Salida	Inferior	
Otros		

[\*] Zona limpia: Electrónica IP54. Conexiones de potencia y filtros de entrada: IP20. Armario de seccionamiento: IP42

[\*\*] Dimensiones aproximadas en fase de oferta. Los datos presentados se contrastarán a la recepción del pedido.

Corresponde a un esquema del tipo señalado en la figura:



**Figura 16.** Esquema de componentes del variador de frecuencia

#### 8.4.5.5 Cableado.

El sistema DC está formado por el conjunto de elementos de interconexión eléctrica en CC desde los módulos hasta los variadores de frecuencia.

Según el pliego de condiciones técnicas del IDAE, el cableado cumplirá los puntos siguientes:

- Los conductores tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC tendrán la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %, aunque debemos considerar que es una instalación de fuerza para alimentación de motores (bombas), por lo que podrá ser superior, limitándose esta caída al **2,5 %**. Los conductores de la parte de CA tendrán la sección adecuada para que la caída de tensión sea inferior del 1 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.
- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.
- Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Se ha supuesto un valor del ángulo del factor de potencia del sistema muy próximo a 0°, de esta manera la componente reactiva de la línea presentaría un valor muy próximo a 0 y podría ser

despreciado siendo el valor de la pérdida resistiva el principal presente en la línea.

Los módulos fotovoltaicos producen energía en corriente continua. Los cables preinstalados en los módulos de serie tienen una sección de 4 mm<sup>2</sup> que será a través de los cuales se conecten los diferentes módulos que constituyen cada uno de los *strings*. Estas líneas discurrirán bajo la superficie de los módulos, por la parte trasera de las estructuras fijados con bridas.

Desde los extremos de cada *string* partirán 2 cables (positivo y negativo) hasta el inversor. Se tratará de cable solar flexible de sección 6 mm<sup>2</sup> y tensión máxima asignada 1,8 kV<sub>DC</sub> en cobre. Tanto su aislamiento como su cubierta exterior estarán hecho a base de elastómeros termoestables libres de halógenos.

Su designación completa será:

H1Z2Z2-K 1,8 kV<sub>DC</sub> 2x(1x6) mm<sup>2</sup>

#### 8.4.5.6 Protecciones

La instalación contará con un sistema de protecciones adecuado para que la unión entre la instalación fotovoltaica y la red de distribución se realice en condiciones adecuadas de seguridad, tanto para las personas como para los elementos que integran la red.

- **Protecciones eléctricas en continua**

#### **Contactos directos e indirectos**

El generador fotovoltaico se conectará en modo flotante, proporcionando niveles de protección adecuados frente a contactos directos e indirectos, siempre y cuando la resistencia de aislamiento de la parte de continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no ocurra un primer defecto a masas o a tierra.

En este último caso se genera una situación de riesgo que se soluciona mediante:

- Aislamiento de clase II en los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión.
- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el variador de frecuencia, que detecte la aparición de derivaciones a tierra. El variador de frecuencia detendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo.

#### **Sobreintensidades**

Se emplearán fusibles 1000 Vcc adecuados (16A) ubicados en las cajas concentradoras de

series (x4)

### **Sobretensiones**

La caja general de series en el campo solar dispone de protección contra sobretensiones

Además, cada variador de frecuencia instalado incluye protecciones contra sobretensiones en el lado de corriente continua, siguiendo las prescripciones del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (REBT), y en especial la ITC-BT-40 Instalaciones generadoras de baja tensión. Además, presenta los restantes dispositivos de protección mencionados en el apartado donde se describe el inversor.

- **Protecciones eléctricas en alterna**

### **Contactos directos e indirectos**

Incluidas en el lado de AC de los variadores de frecuencia.

### **Sobretensiones**

Incluidas en el lado de AC de los variadores de frecuencia.

#### **8.4.5.7 Puesta a tierra.**

La instalación de puesta tierra cumplirá con lo dispuesto en el artículo 12 del R.D. 1699/2011 de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, concretamente sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una red de tierras independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el REBT, así como de las masas del resto del suministro.

La red de tierras se realizará a través de picas de cobre y conductor de cobre desnudo. El valor de la resistencia de puesta a tierra se determinará en función de la que determine la legislación de referencia para este tipo de electrodos en función de la resistividad del terreno.

Se realizará una instalación de puesta a tierra constituida por un cable de cobre desnudo enterrado de 35 mm<sup>2</sup> de sección con picas en las zonas donde sean necesarias

Los módulos fotovoltaicos se conectarán a tierra con el objetivo de reducir el riesgo asociado a la acumulación de cargas estáticas. Con esta medida se consigue limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas, permitir a los vigilantes de aislamiento la detección de corrientes de fuga, así como propiciar el paso a tierra de las corrientes de falta o descarga de origen de alterna (fundamentalmente el inversor).

Para la conexión de los dispositivos al circuito de puesta a tierra será necesario disponer de bornas o elementos de conexión que garanticen una unión perfecta, teniendo en cuenta los esfuerzos dinámicos y térmicos que se producen en caso de cortocircuito.

La instalación de puesta a tierra del parque fotovoltaico se deberá realizar teniendo en cuenta la ITC-RAT 13 del “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” (RD 337/2014, 9 mayo) y la ITC-BT 18 del “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”.

La instalación de puesta a tierra se realiza mediante un anillo de cable de Cu de 35 mm<sup>2</sup> de sección, enterrado a una profundidad mínima de 80 cm para conseguir una resistencia <10 Ω, tal y como se detalla en el plano correspondiente de red de tierra.

#### 8.4.5.8 Monitorización y control de la instalación

Desde el punto de vista de la monitorización y control de la instalación fotovoltaica, se diseña a su vez un sistema de adquisición de datos consistente en:

- 1) Sonda de radiación solar, temperatura de panel y temperatura ambiente instalada junto a los módulos. Cableada mediante ModBus RS-485 (par trenzado) hasta cuadro de monitorización del campo FV ubicado en la estación de bombeo y filtrado. Emitirá alarma mantenimiento/limpieza módulos FV.
- 2) Sistema para monitorización de corriente y tensión en los *strings* con fuente de alimentación propia a 24 Vdc. Se instalará un módulo de toma de datos en cada caja concentradora de series (CCS) y se cableará (ModBus RS-485, par trenzado) hasta el cuadro de monitorización ubicado en la estación de bombeo y filtrado. Cada caja de *strings* (CCS) dispondrá de dos salidas digitales más, indicando una de ellas el estado del seccionador y la otra, posibles sobretensiones y protecciones contra descargas ambientales.
- 3) Sistema HMI con pantalla para visualización completa del funcionamiento y valores de producción fotovoltaicos en la instalación. Incluye registro de datos (*datalogger*) y

conexión cable Ethernet a *switch*. Este será el mismo HMI de control del bombeo y filtrado.

- 4) *Switch* de comunicaciones 4 puertos cobre Ethernet 10/100, alimentado a 24 Vdc. Al *switch* se conectarán los convertidores de puerto serie a Ethernet, correspondientes tanto a la estación meteorológica como a la monitorización de CCS del campo fotovoltaico.
- 5) Módem Rúter 3G/4G, comunicación segura VPN. Mediante una salida Ethernet (fibra óptica desde conversor F.O.-RJ45) el sistema se conectará a un módem rúter (conexión red wifi) que enviará los datos a la nube para su almacenamiento y consulta. Servirá el mismo que se ha proyectado para el control del bombeo y filtrado (ya incluido en Fase I).
- 6) Sistema antivertido en la red de suministro, al objeto de cumplir ITC BT40 (REBT) y RD 244/2019, compuesto por controlador dinámico de potencia (inyección cero) por desplazamiento del punto de trabajo del campo solar, que permite regular el nivel de generación de un inversor-variador en una instalación fotovoltaica en función del consumo del usuario. Se apoya en analizador de redes trifásicas, tecnología ITF, montaje carril DIN y medidas en 4 cuadrantes, para monitorizar y registrar la producción fotovoltaica y el consumo de la red eléctrica. Dispondrá de salidas de relé y comunicación tipo ModBus RS-485, par trenzado.
- 7) Los equipos se instalarán en el interior del armario de automatización (servirá el mismo que se ha proyectado para el control del bombeo y filtrado ya **incluido en Fase I**) completamente cableados (UTP cat 6 LSZH 100  $\Omega$  350 MHz) entre sí, incluidos los elementos necesarios para su funcionamiento.

Desde el punto de vista del control de los variadores frecuencia híbridos solares (VFH), el sistema está formado por:

- 1) Red con protocolo Modbus TCP desde el PLC, al que se conectarán los VFH que actuarán como esclavos.
- 2) **PLC** situado en el CCM automatización y telecontrol **existente** en la estación de bombeo y filtrado, al que también se conectan el resto de nuevos controladores (caudalímetro, flujostatos de bombas, transductores de presión en colectores de entrada y salida, presostato a salida) Dichos controladores se protegen en el CCM automatización

existente de una fuente de alimentación 230 Vac / 24 Vdc y un SAI interactivo (in line) a 24 Vdc, dotado de baterías propias, **instalados ya en la Fase I**

- 3) Convertidor Ethernet para la conexión directa a un *switch* mediante cable Ethernet. El protocolo utilizado es el estándar TCP/IP, por lo que el usuario tiene la posibilidad de controlar los sistemas usando VPN (red privada virtual) o un rúter. **Instalado en Fase I**

Se describe en el Anejo nº 11 «Electrificación. Cálculos eléctricos».

#### 8.4.5.9 Sistema de videovigilancia (CCTV)

Se ha diseñado para la cubrir la totalidad de las parcelas donde se encuentra el campo fotovoltaico.

En la instalación existirá un Centro de Control de Seguridad (CCS) ubicado en la Estación de Bombeo existente (en el despacho), desde el que se atenderán las operaciones de monitorización, parametrización, grabación y emisión de las señales y video. El CCS será, por tanto, el centro neurálgico de todo el sistema de seguridad desde el cual se monitorizarán y gestionarán los subsistemas de seguridad, se establecerán todas las comunicaciones al exterior y en su interior se alojarán los principales elementos de centralización de señales e integración de subsistemas de seguridad, así como maniobras de iluminación sorpresiva.

Los subsistemas que conforman el sistema de seguridad del presente proyecto son los siguientes:

#### **Subsistema de intrusión**

Como elementos pertenecientes al sistema de intrusión se instalarán un detector de movimiento exterior, un contacto magnético en la puerta de entrada al campo fotovoltaico, una sirena exterior, así como “támpor anti sabotaje” en las cajas exteriores que irán sujetas a los báculos que soportan las cámaras del subsistema de CCTV (**6 unidades**) y en el armario concentrador de control de campo (**1 unidad**), distribuidos por todo el perímetro.

Junto al CCS, en la estación de bombeo y filtrado existente, se instalarán las medidas de detección de intrusión, las cuales se conectarán a una central de intrusión (alarma) que dispondrá de un teclado local para su control, según UNE EN 50131-1:2008/A3:2021 Sistemas de alarma. Sistemas de alarma contra intrusión y atraco. Parte 1: Requisitos del sistema.

#### **Subsistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)**

Los sistemas de CCTV, pese a que pueden operar de manera aislada, suelen cubrir algunas de

las funciones de las requeridas para los sistemas de seguridad. De esta manera, el CCTV deberá actuar como subsistema de CCTV, integrado en mayor o menor medida con otros subsistemas que refuercen y complementen sus funciones, para obtener el nivel de seguridad requerido en la instalación.

Se dispondrán cámaras fijas IP tipo domo (**1 unidad**) y cámaras térmicas de analítica embebida (**5 unidades**), así como focos de infrarrojos (**4 unidades**) ubicados según Plano nº 5.5.3. «Instalación Fotovoltaica. Instalaciones. Sistema de videovigilancia» sobre báculos proyectados a lo largo del perímetro del campo fotovoltaico, a una altura de 4 metros.

Se ha definido y estudiado la instalación con objeto de tener una supervisión de análisis de video general de todas las zonas del perímetro del campo fotovoltaico. Se ubicarán en el mismo sentido de orientación, de forma que una supervise a la siguiente, minimizando ángulo muerto que éstas producen e incluyendo la eliminación del ángulo muerto, cubriendo la zona muerta entre cámaras contrapuestas.

### **Subsistema de centralización**

El subsistema de centralización se encargará de transmitir (vía rúter 3G/4G) y procesar las señales de los distintos subsistemas, actuando automáticamente según su programación y presentando la información resultante a los operadores cuando esto sea necesario, de manera que estos puedan reaccionar ante las distintas incidencias que puedan presentarse.

El núcleo de este subsistema se ubicará en el CCS, donde se alojarán la mayor parte de los equipos que realizarán la labor de centralización de los subsistemas de seguridad.

Se instalará en el CCS un *switch* de rango extendido que se encargará de gestionar las comunicaciones en la red de seguridad de todo el conjunto. Se considerará, por tanto, el suministro, instalación y configuración de los mismos.

### **Componentes**

El sistema de seguridad y videovigilancia del campo fotovoltaico está compuesto por los siguientes equipos:

- Subsistema de intrusión:
  - 1) Detector de movimiento de doble tecnología de grado 2 exterior.
  - 2) Contacto magnético en la puerta de entrada al campo fotovoltaico.

- 3) Sirena electrónica para exteriores IP65, autoalimentada mediante batería de níquel, fabricada en policarbonato 3 mm con salida acústica de 115 dB. 1m.
  - 4) Támper anti sabotaje en las cajas instaladas en el campo fotovoltaico.
  - 5) Central de Intrusión (alarma) en la estación de bombeo y filtrado, bajo caja metálica con fuente de alimentación, expansor de 8 zonas, modulo IP/GPRS para envío de alarmas, incluyendo batería recargable 12V-7,2 Ah.
- Subsistema de CCTV:
- 6) Cámaras térmicas (5 ud) con analítica embebida con detector de 324x256 píxeles y óptica de 19 mm, con caja de control de campo exterior y támper anti sabotaje, sobre báculo/columna troncocónica galvanizado de 4 m de altura, con pernos de anclaje y cimentación de hormigón HA-25, cada cámara. Alimentación ca desde con circuito tripolar 3x6 mm<sup>2</sup> Cu RV-K bajo tubo PEAD corrugado Ø 50.
  - 7) Cámara domo (1 ud) para uso exterior IP 1/2.8" Progressive Scan CMOS de 2 Megapíxel (1920 x 1080), con lente motorizada 2.8-12 mm autofocus, con caja de control de campo exterior y támper anti sabotaje, sobre báculo/columna troncocónica galvanizado de 4 m de altura, con pernos de anclaje y cimentación de hormigón HA-25. Alimentación corriente alterna mediante circuito tripolar 3x6 mm<sup>2</sup> Cu RV-K bajo tubo PEAD corrugado Ø 50.
  - 8) Focos IR (4 ud) de LEDs de alto rendimiento tipo SMD con 30° de apertura, bajo carcasa aluminio IP66. Hasta 75 m de alcance a 850 nm alimentado a 24Vdc / 12 W. Incluye minisoporte y célula fotoeléctrica integrada.
  - 9) Armario concentrador de control de campo CCTV, situado en campo fotovoltaico, bajo peana de fábrica protegida de la intemperie, la misma que protege el cuadro eléctrico general de *strings*, dotado de fuente alimentación 230 Vac / 24 Vdc así como las protecciones adecuadas y elementos necesarios para el funcionamiento del sistema. Conexionado con los elementos del sistema mediante cable UTP categoría 6 exterior marcado CPR.
  - 10) Conexión con CCS en estación de bombeo y filtrado existente, mediante cable fibra óptica monomodo incluyendo conexiones y conectores.
- Subsistema de Centralización:

- 11) Centro de Control de Seguridad (**CCS**) en la estación de bombeo y filtrado, formado por rack 24 unidades con sus accesorios de fijación, paneles, guías, etc. para alojamiento de los equipos: SAI on line doble conversión 2.000 VA con baterías, switch 8 puertos 10/100/1000 base POE, modem rúter 3G/4G comunicación segura VPN, grabador para cámaras TCP/IP 8 canales, resolución máxima 8 megapíxel, disco duro 1 TB, módulo entrada/salida alarma, salida VGA y HDMI 4K, acceso IP Dual Stream, ratón, teclado y monitor 14".

Se describe en el Anejo nº 11 «Electrificación. Cálculos eléctricos».

## **8.5 ELECTRIFICACIÓN**

### **8.5.1 Objetivos**

Las instalaciones eléctricas objeto del presente proyecto de modernización de regadíos son las siguientes:

1. Conexión en media tensión a la red de la compañía distribuidora.
2. Línea subterránea de media tensión para abastecer de energía la estación de bombeo y filtrado.
3. Centro de transformación 400 kVA tipo abonado, con medida de la energía.
4. Generación fotovoltaica para abastecer de forma híbrida los variadores de frecuencia de las bombas del subsector de bombeo Bajo en la estación de bombeo y filtrado.
5. Instalación eléctrica de baja tensión en la estación de bombeo y filtrado.

No es objeto del presente proyecto, ejecutándose por tanto en fase posterior, la instalación de generación fotovoltaica y la instalación de baja tensión en corriente alterna para alimentación de las bombas del subsector de bombeo alto de la estación de bombeo y filtrado.

### **8.5.2 Conexión en MT**

La alimentación convencional desde red eléctrica para la estación de bombeo y filtrado se alimentará en media tensión a través de entronque aéreo a línea aérea existente propiedad de Endesa (e-Distribución Redes Digitales SLU), tensión 20 kV en el apoyo A626686, coordenadas UTM X=507.405,07 Y=4.168.822,85, donde el nuevo apoyo de la derivación irá en un radio máximo de 20 m y no originará tracción mecánica sobre la línea aérea media tensión existente, según carta de condiciones AGRA001-0000510913-1.

Dispondrá de las medidas avifauna correspondientes según la normativa vigente, RD 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión, así como el Decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión

### **8.5.3 Línea subterránea MT**

Comenzará en el apoyo de la derivación, haciendo la conversión aero-subterránea correspondiente. La línea soportará una tensión más elevada de 24 kV, será simple circuito, con conductores de Al RHZ1 18/30 kV de 150 mm<sup>2</sup> de sección, normalizado por la compañía distribuidora, enterrados bajo tubo de PE diámetro 160, clasificada, por lo tanto, de categoría A, según el aptdo. 2.1 de la ITC-LAT 06 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión (RLAT, RD 223/2008, de 15 de febrero).

Tendrá una longitud de 160 m que discurrirá paralela a la tubería de entrada a la estación de bombeo y filtrado, ejecutándose las arquetas necesarias para su correcto tendido y mantenimiento.

### **8.5.4 Centro de transformación**

El centro de transformación será de tipo interior bajo envolvente prefabricada de hormigón, tipo caseta monobloque normalizada. El transformador será 400 kVA, relación de transformación 20.000/400 V, nivel de aislamiento del conjunto 24 kV, valores admitidos para este tipo de instalación según las Especificaciones Particulares 2018 de la compañía distribuidora (e-Distribución), cumpliendo con las condiciones requeridas en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión e ITC, más concretamente sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 13, Instalaciones de puesta a tierra e ITC- RAT 14, Instalaciones eléctricas de interior.

El centro tendrá puerta de entrada peatonal para el personal de mantenimiento y puerta de entrada/salida de la máquina transformadora. Presentará su fachada de cara al camino de acceso al objeto que sea posible extraer la máquina mediante camión grúa.

El equipamiento eléctrico será de una (1) celda de remonte, una (1) celda de protección con ruptofusibles (40 A) y una (1) celda de medida, compactas modulares con aislamiento 24 kV y corte en SF6.

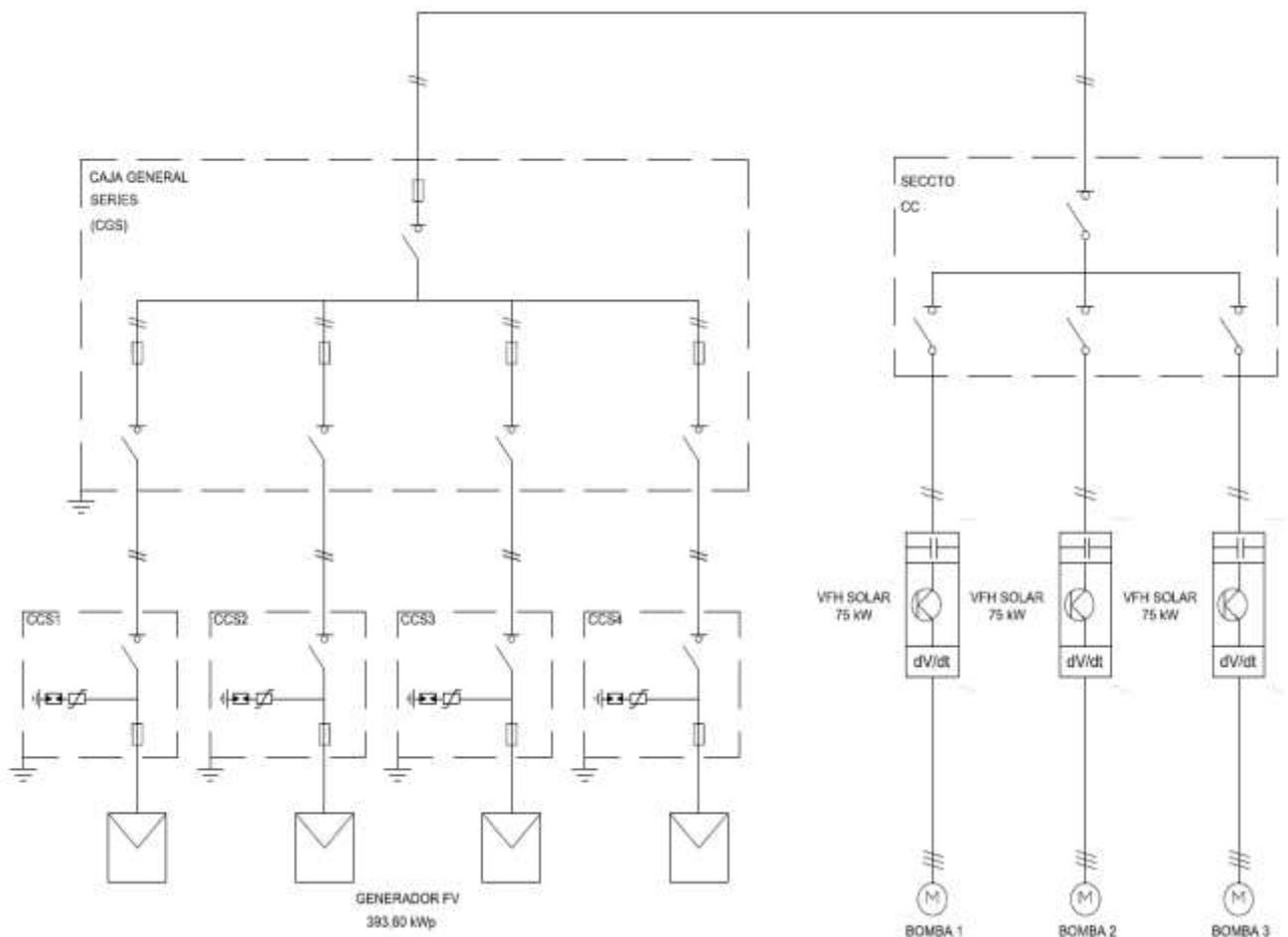
### **8.5.5 Instalación solar fotovoltaica**

Se proyecta un campo solar fotovoltaico para el sistema de generación de energía eléctrica de autoconsumo para la infraestructura de bombeo del sector Bajo descrito anteriormente.

La energía procedente de la radiación solar (energía solar fotovoltaica) se convierte en energía eléctrica en su formato de corriente continua a través de una serie de paneles solares dispuestos en número apropiado en series. Estas series se agrupan formando paralelos que se conectan al equipo inversor, encargado de convertir la corriente continua generada en corriente alterna para alimentar receptores (alumbrado, motores, etc..) en baja tensión.

Al diseñarse como instalación generadora interconectada para autoconsumo sin excedentes, según RD 244/2019 de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, tendrá el apoyo de energía de red en momentos puntuales, debido a las condiciones climatológicas fundamentalmente.

El esquema general de funcionamiento del sistema fotovoltaico será:



**Esquema 2.** Esquema general funcionamiento del sistema fotovoltaico

La justificación de la configuración de los lazos con 16 módulos fotovoltaicos se recoge en el Anejo nº 11 «Electrificación. Cálculos eléctricos». El diseño de campo solar (generador fotovoltaico FV) está vinculado tanto al módulo solar elegido como al variador de frecuencia

hibrido solar instalado.

Para el cálculo de módulos en serie es necesario determinar los valores de tensión mínima y máxima del módulo en las condiciones climatológicas de trabajo de la zona y con ello se fijará el número máximo y mínimo de paneles en serie que pueden conectarse.

La tensión mínima se corresponderá con la tensión a la temperatura ambiente máxima que se puede dar, mientras que la tensión máxima que aparezca, será la tensión de vacío a la mínima temperatura ambiente que tengamos en la ubicación.

**Tabla 25.** Resultados para posible configuración en serie

Nº MÓDULOS EN SERIE						
ACTUACIÓN	INVERSOR		MÓDULOS			
	Tensión máxima Vmax (V)	Tensión mínima Vmin (V)	Tensión Vmp mínima (a T <sup>a</sup> <sub>max</sub> ) (V)	Tensión vacío máxima Voc (a T <sup>a</sup> <sub>min</sub> ) (V)	Nº max	Nº min
ESTACIÓN BOMBEO Y FILTRADO	1.000	560	41,32	55,69	17	13

Por tanto, para respetar el rango de tensiones MPP (*Maximum Power Point*, punto de potencia máxima) del variador solar escogido, que oscila entre 560 y 1000 V, y la máxima corriente admisible, se deben de conectar como **mínimo 13 módulos** fotovoltaicos en serie (560 V / 41,32 V = 13,55 módulos), y **como máximo 17** (1.000 V / 55,69 V = 17,95 módulos). Con estos valores nos aseguramos de que el generador fotovoltaico se encuentre dentro del rango de tensiones nominales para cualquier temperatura en la que pueda operar.

Para el cálculo de las ramas (también llamadas series) en paralelo, se debe cumplir que la intensidad de cortocircuito máxima por rama, por el número de ramas en paralelo, sea menor que la corriente máxima admisible de entrada al variador solar, que es 150 A:

**Tabla 26.** Resultados para posible configuración en paralelo

Nº MÓDULOS EN PARALELO			
ACTUACIÓN	Intensidad de cortocircuito modulo I <sub>sc</sub> max (A)	Intensidad máxima entrada al variador I <sub>max</sub> (A)	Nº Ramas (Series)
ESTACIÓN BOMBEO Y FILTRADO	14,18	150,00	10

Según cálculos, pueden conectarse hasta un máximo de 10 ramas en paralelo (14,18 x 10 = 141,80 < 150 A máximo).

Así pues, la configuración propuesta del campo solar en la instalación proyectada cumple los requisitos anteriores, empleando 10 ramas con número máximo de paneles en cada rama o serie entre 13 y 17 (se toman 16), tal y como se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 27.** Resumen configuración elegida para la instalación fotovoltaica

CONFIGURACIÓN FOTOVOLTAICA					
ACTUACIÓN	POT unit (Wp)	Nº	POT total (kWp)	Nº Series	Distribución series
ESTACIÓN BOMBEO Y FILTRADO	615	640	393,60	10	16-16-16-16-16-16-16-16-16-16

Para la potencia pico del campo fotovoltaico se empleará un variador de frecuencia híbrido solar trifásico en la instalación para cada una de las bombas proyectadas. Escogiendo un variador solar para la instalación con potencia comercial de 75,00 kW.

**Tabla 28.** Elección del variador solar necesario para la instalación fotovoltaica

ACTUACIÓN	POT kW <sub>n</sub>	Nº	Salida
ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO	75,00	3	Trifásica

Las protecciones AC/DC diseñadas cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Polaridad inversa
- Detección de aislamiento por fallo de puesta a tierra
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

También cumplirán las especificaciones requeridas en el Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones aisladas de red (PCT-A-REV- febrero 2009, IDAE) así como el Real Decreto 1699/2011 de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

### **8.5.6 Instalación eléctrica de baja tensión**

El resto de la instalación eléctrica en la estación de bombeo y filtrado responde al esquema de una instalación alimentada desde red convencional, tanto en concepto (ramificada desde cuadro general de distribución) como en disposición física (protecciones, sistemas de canalización, cableado, tomas de corriente, etc.)

La alimentación a los Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP) de la estación de bombeo y filtrado, se ejecutará con conductor unipolar de cobre RZ1-K (AS) 2x(4x240) mm<sup>2</sup> bajo tubo de PE de  $\varnothing$ 200 mm(x2) enterrado conforme UNE-EN 61386-21:2005/A11:2011 «Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 21: Requisitos particulares. Sistemas de tubos rígidos», aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV en sistema trifásico, tendido mediante sus correspondientes accesorios, según ITC BT-21 del Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT), así como las Especificaciones Particulares 2018 de la Cía. Distribuidora Edistribución Redes Digitales, SLU.

Los dispositivos generales de mando y protección en la instalación se situarán en la sala eléctrica, en el interior de un armario metálico, según UNE-EN 61439-3:2012 «Conjuntos de aparata de baja tensión. Parte 3: Cuadros de distribución destinados a ser operados por personal no cualificado (DBO)», grado protección IP55 según UNE-EN 60529:2018 «Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)» e IK10 según UNE-EN 50102 CORR:2002 «Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)». Se instalará adosada, incluido embarrado de protección, y constará de 1 interruptor general automático de corte omnipolar, interruptores diferenciales para alumbrado (sensibilidad 30 mA) y fuerza (sensibilidad 300 mA), además de interruptores automáticos magnetotérmicos de corte omnipolar de los distintos circuitos, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado, según vigente REBT.

La distribución de energía se proyecta del tipo ramificado, partiendo toda ella del cuadro general de mando y protección de la instalación.

Todos los circuitos se protegerán contra sobreintensidades, tanto de origen térmico (sobreconsumo) como de origen magnético (cortocircuito), así como contra corrientes de defecto a tierra (corrientes diferenciales). Para ello se utilizan interruptores de tipo magnético, térmico y diferencial. Las distintas protecciones se instalarán aguas arriba de forma selectiva, atendiendo a una mayor sensibilidad cuanto más cerca de los receptores se encuentren.

### 8.5.7 Necesidades de energía eléctrica

La potencia total que demandará la instalación se resume como sigue:

**Tabla 29.** Listado de potencias instalación Estación Bombeo y Filtrado

INSTALACIÓN	RECEPTOR	Ud	P unit. (kW)	P inst. (kW)
ALUMBRADO	Alumbrado interior nave	2	0,04	0,080
	Alumbrado emergencia	1	0,005	0,005
	Alumbrado cuadro general	1	0,018	0,018
	TOTAL ALUMBRADO			<b>0,103</b>
OFIMÁTICA	Tomas corriente tipo “schuko”	2	1,50	3,000
VENTILACIÓN	Extractor sala eléctrica	2	0,151	0,302
	Extractor c/filtro cuadro general	1	0,035	0,035
	Resistencia caldeo cuadro gral.	1	0,100	0,100
CONTROL	Automatización	1	0,041	0,041
	Monitorización campo FV	1	0,158	0,158
	Videovigilancia campo FV	1	0,539	0,539
	TOTAL FUERZA			<b>4,175</b>
BOMBAS	Bomba 210 l/s	3	75,00	225,00
	<i>Previsión bomba 130 l/s</i>	3	90,00	270,00
	TOTAL MOTORES			<b>495,00</b>
	TOTAL			<b>499,279</b>

En el caso de la estimación de potencia demandada por las tomas de corriente se ha tenido en cuenta un factor de simultaneidad adecuado (0,40 para tomas 16 Amperios) y el rendimiento de los motores se ha tomado en función de la potencia de cada uno, oscilando de 0,60 a 0,70, según catálogo de fabricante de motores trifásicos de inducción.

### 8.5.8 Instalación eléctrica de fuerza

Son objeto del presente proyecto de modernización las instalaciones eléctricas de fuerza a ejecutar en la estación de bombeo y filtrado, según Plano 4.6. «Estación de Bombeo y Filtrado. Esquema unifilar BT». No es objeto de proyecto el cableado de los variadores solares híbridos que se instalarán para comandar las bombas proyectadas 90 kW cada una en el sector Alto, en fase posterior.

Desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) de la instalación se distribuirán los circuitos necesarios para alimentar los distintos receptores distribuidos en las instalaciones,

como puede observarse en los planos correspondientes.

Los cuadros eléctricos contendrán los contactores y arrancadores, elementos de seguridad intrínseca (fusibles, magnetotérmicos, etc.), las conexiones de los distintos elementos en manual o en automático con sus pilotos de funcionamiento real y los automatismos más simples de seguridad duplicada y alarmas básicas. En particular, las protecciones tanto magnetotérmicas como diferenciales serán individuales por cada equipo; no se podrá establecer protección diferencial por zonas. No se emplearán protecciones fusibles a menos que por razones de poder de corte en las instalaciones sea estrictamente necesario y siempre que no se encuentre protección de tipo magnetotérmico equivalente en el mercado.

Cada cuadro llevará el sistema correspondiente de resistencias de caldeo, ventiladores, transformadores necesarios para corrientes de señalización y los aparatos de medida de tensión e intensidad.

El principio de ventilación de los cuadros será por sobrepresión y la entrada de aire vendrá provista de un sistema filtrante.

En los cuadros siempre quedará un 20 % de reserva de potencia tanto en barras como en protección general de cabecera del mismo, así como de espacio disponible para futuras ampliaciones.

Todos los cuadros llevarán numeración de hilos y etiquetas que faciliten la localización de los equipos.

Los elementos en los cuadros se agruparán de forma lógica, es decir, según las zonas a las que correspondan, estando los distintos elementos de un mismo equipo agrupados. No obstante, se diferenciará claramente el cableado de fuerza del cableado de mando y señalización mediante código de colores.

#### **8.5.9 Instalación eléctrica de alumbrado**

La instalación eléctrica de alumbrado en la sala eléctrica proyectada arranca del cuadro general de distribución (CGMP) ubicado en la misma sala, hasta los receptores de alumbrado, situados como puede verse en el Plano 4.4.1. «Estación de Bombeo y Filtrado. Instalaciones. Planta General».

##### **A. Iluminación interior.**

- A.1) Alumbrado ordinario

Debido a sus características geométricas y altura de montaje ( $H < 4$  m), se emplean 2 luminarias tipo "pantalla", de led 40 W superficie.

- A.2) Alumbrado de Emergencia y Señalización.

Independientemente del alumbrado anterior, se colocarán en las vías de evacuación, lugares donde trabaje personal y locales donde estén instalados cuadros o mandos de las instalaciones técnicas de servicios, además junto a la puerta de salida y próximo al cuadro de fuerza y alumbrado, aparatos automáticos de emergencia con capacidad para poder funcionar durante un mínimo de una hora. Estará previsto que entren en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70 % de su valor nominal.

La instalación de la sala eléctrica constará de los aparatos que se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 30.** Cálculo alumbrado emergencia en Sala eléctrica

LOCAL	LUMINARIA EMERGENCIA	SUPERF. (m <sup>2</sup> )	ILUMIN (lux)
Sala eléctrica	1 x 570 lm	22,22	16,16 >5 lux

#### 8.5.10 Elementos de protección

El cuadro general de mando y protección de la instalación será aislante, incombustible y estanco, homologado para estos usos según UNE-EN 61439-3:2012« Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 3: Cuadros de distribución destinados a ser operados por personal no cualificado (DBO)», formado por armario metálico de grado de protección IP55 IK10 fabricado en chapa electrocincada de 1,5 mm color gris claro RAL 7035, dotado de placa de montaje, regleta y carriles DIN reforzados, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado, según Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT), con capacidad para los elementos reflejados en el esquema unifilar.

Cada elemento susceptible de ser automatizado (bombas, válvulas, etc.) se cableará mediante circuito de señalización (uno por cada parámetro a controlar) formado por cable multifilar Z1C4Z1-K de cobre clase 5, tensión 300/500 V, aislamiento poliolefina, apantallado (trenza cobre) y cubierta poliolefina (enterrado o aéreo) que conectará el elemento en cuestión con el cuadro de automatización de la instalación. Esta instalación cumplirá lo establecido en la instrucción ITC BT-36 y 51 del REBT, además de cualquier otra normativa que le sea afecta.

### **8.5.11 Puesta a tierra**

Atendiendo a lo dictado por la Instrucción ITC BT 18 del REBT, para la protección de las personas respecto a un defecto eléctrico, y teniendo en cuenta que la instalación proyectada corresponde a un esquema de distribución TT (Neutro de B.T. a tierra y masas de los receptores a tierra separada, según ITC BT 08) se diseña el sistema formado por un interruptor diferencial y puesta a tierra de las masas mediante un electrodo de cobre, limitando a 24 V cualquier tensión de contacto que pudiera aparecer entre tierra y cualquier masa accesible.

Este electrodo artificial existente en la estación de bombeo y filtrado está formado por conductor de cobre enterrado perimetralmente en la cimentación, según ITC BT 18 del REBT. El conductor de unión entre la toma de tierra y el punto de puesta a tierra será cable conductor de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección. El punto de puesta a tierra, protegido por una arqueta, está constituido por borne de conexión que permita la unión entre conductores de la línea de enlace y la principal de tierra, de forma que puedan separarse estas con el fin de poder realizar la medida de la resistencia a tierra.

### **8.5.12 Ventilación forzada en la sala eléctrica**

Cara a proporcionar un caudal de aire apropiado para mantener la temperatura de la sala en torno a 40 °C como máximo, evitando pérdidas por rendimiento y posibles averías en los variadores de frecuencia híbridos solares, se diseña una instalación apropiada, siguiendo los requerimientos del fabricante de los variadores solares y la bibliografía técnica al respecto

Se instalarán 2 extractores helicoidales murales en fachada, por seguridad, con capacidad unitaria el total de 3.500 m<sup>2</sup>/h cada uno, para quedar del lado de la seguridad

La aportación de aire a la sala se realiza desde 2 rejillas de lamas de acero en la pared opuesta a la extracción, zona inferior, de dimensiones 100x50 cm.

## **8.6 RED DE RIEGO**

En el Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se realiza el dimensionamiento de las nuevas redes de riego de la Colectividad de Cuevas del Campo comprendidas en el proyecto de la Fase II. Se fijan los criterios de diseño a emplear para cada uno de los elementos que la componen. Estos criterios son los mismos que se han empleado para el diseño de todas las redes de riego en la Fase I de modernización.

En el proyecto de modernización completo de la Colectividad de Cuevas del Campo se distinguen distintos niveles en la red de riego que partiendo desde la balsa de cabecera lleva el agua hasta

cada parcela de cada regante. Para cada nivel se asignará un caudal de diseño que se justificará en este anejo. Los distintos niveles en los que se divide el proyecto son los siguientes:

1. Red de transporte. Es la que conducirá el agua desde la balsa de cabecera en Pozo Alcón hasta la estación de bombeo y filtrado. Quedó diseñada en el proyecto de la Fase I.
2. Red primaria. Es la que parte de la estación de bombeo y filtrado y llega hasta las agrupaciones de los distintos sectores. Las agrupaciones son las casetas donde se encuentran concentrados los contadores de varias parcelas que riegan desde dicha agrupación. Se distinguirá entre la red del sector de gravedad y el sector de bombeo.
3. Red secundaria. Es la que parte de cada uno de los contadores de cada agrupación y llega a cada parcela.
4. Red interior de parcela. Es la que el agricultor construye en el interior de la parcela para distribuir el agua desde la toma parcelaria hasta los diferentes goteros o emisores. No es objeto de este proyecto.

Cada tipo de red tiene unas características diferentes, por lo que para definir los caudales se fijarán unos criterios de diseño expresamente para cada una de ellas.

En la optimización de una red hidráulica es fundamental partir de un buen trazado de la misma. En este caso, la topología definida, ha sido estudiada y analizada en profundidad.

En redes de altura de cabecera fija, como es nuestro caso más significativo por ser los sectores de gravedad los más grandes, la optimización de una red hidráulica consiste sencillamente en consumir la energía gravitatoria disponible, garantizando la presión mínima exigida en todos y cada uno de los nodos de la red, seleccionando para cada tramo, de entre las distintas conducciones que cumplen los condicionantes técnicos impuestos, aquella que genere un menor coste global de la instalación.

Para el caso del sector de bombeo, en los diseños convencionales se analizaba el óptimo entre el coste energético y la inversión en infraestructuras de riego. En la situación actual y con este proyecto en concreto, donde se parte de que la energía eléctrica será autoproducida fotovoltaicamente buscando que el consumo de energía de la red eléctrica sea lo menor posible (lo cual representará un coste muy bajo de explotación), hace que la optimización de la red hidráulica sea muy similar a una red por gravedad.

**En la Fase II del proyecto de modernización de la Colectividad de Cuevas del Campo se incluye la red primaria del Sector de Gravedad de la Colectividad de Cuevas del Campo (en la Fase I se había acometido una parte de ella), con las correspondientes agrupaciones de riego y la red secundaria a las cuales llegue la tubería primaria. Del sector de bombeo,**

**dividido en dos subsectores (bombeo bajo y bombeo alto), se acometerá parte de la red de riego del subsector de bombeo bajo.**

Otra variable que condiciona la concepción global del proyecto es el correcto diseño de las agrupaciones y contadores de parcela, sobre todo en un proyecto como este donde las parcelas de riego son muy pequeñas y supondrán un importante coste.

Así mismo, se incorporan los elementos de valvulería que hacen posible el buen funcionamiento de la instalación en condiciones de fiabilidad, durabilidad y seguridad, así como su manejo y mantenimiento de forma adecuada.

### **8.6.1 Caudales de diseño de cada uno de los niveles hidráulicos**

#### *8.6.1.1 Caudales de parcela y de las agrupaciones*

En el Anejo Nº 3 «Estudio agronómico» se ha determinado un caudal ficticio continuo de 0,395 l/s ha para las alternativas de cultivos existentes-previstas y sistema de riego previsto en la zona regable. Este caudal es válido para el diseño de las redes de riego, pero no para el dimensionamiento de los caudales de parcela que afectan al conjunto de contador-red secundaria-toma de parcela. Esto es debido a:

- Que en cada parcela concreta el cultivo real existente puede ser mucho más exigente en necesidades hídricas que la alternativa de cultivos para el conjunto de la zona regable que se emplea para estimar el caudal ficticio continuo.
- Que la distribución de la propiedad existente en la zona regable, donde las parcelas son muy pequeñas y además cada propietario suele tener varias parcelas diseminadas, es muy importante que dichas parcelas se dividan en los menores sectores de riego posibles.

Por tanto, en primer lugar, se calcula el caudal ficticio continuo ( $q$ ) de la alternativa de cultivos más exigente durante el período más desfavorable. No coincide con el caudal ficticio continuo que se ha definido para el cálculo de los caudales de línea, ya que para determinarlo se considera que cada parcela está ocupada al 100 % por el cultivo más exigente en agua.

Además, el método de riego a utilizar en la parcela condiciona el caudal que es preciso derivar a esta para su correcto funcionamiento. Un aspecto importante en este sentido es que las parcelas deben dividirse en un número de sectores de riego ( $N_s$ ) en función de su tamaño y el cultivo. A nivel de parcela no se tiene por que considerar lo que se denomina jornada efectiva de riego

(JER), por ser un sistema de riego que funciona con presión natural sin bombeo desde la balsa de cabecera.

En el caso de la zona regable, es el maíz, que es el cultivo de mayor consumo en el mes de julio, se estima que es de 220 mm/mes netos. Si se toman las eficiencias en el sistema de aplicación del Anejo nº 3 del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (2015-2021) la eficiencia de aplicación del agua en parcela para el maíz:

$$Ea \text{ maíz (\%)} = 83 \%$$

**Tabla 31.** Eficiencias en el sistema de aplicación del Anejo nº 3 del Plan Hidrológico

Sistema de Aplicación	Eficiencia
Superficie	0,75
Aspersión	0,83
Localizado	0,95

Al aplicar la eficiencia en parcela del 83 % a las necesidades netas del maíz en el mes de julio, 220 mm/mes, se obtendrán unas necesidades brutas de riego de 265,06 mm/mes brutos (no se considera la eficiencia de transporte y distribución, pues ya ha sido considerada a otros niveles de cálculo de las redes).

$$Nr \text{ maíz (mm/mes)} = Nn \text{ maíz (mm/mes)} / Ea \text{ maíz (\%)} = 220 / 0,83 = 265,06 \text{ mm/mes}$$

A partir de este dato de necesidades brutas se obtendrá el caudal necesario en parcela. Este caudal resulta:

$$q = Nr \cdot \frac{10000}{(24 \cdot 3600 \cdot 31)} = 0,989 \frac{l}{s \cdot ha}$$

donde: q = caudal ficticio continuo ( $l \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ); Nr = necesidades brutas de riego de la alternativa de cultivo en periodo punta ( $l \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  o  $\text{mm día}^{-1}$ ); 10.000 ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ); 24 (h/día) y 3600 (s/h).

Dadas las características de los cultivos de la zona regable donde la gran mayoría es olivar y almendro y dada la existencia de un alto grado de parcelación y con parcelas de reducido tamaño, se deben diseñar las agrupaciones, contadores, tomas de parcela y red secundaria con un caudal que permita hacer el menor número de sectores de riego en parcela.

Si se toma para el olivar un sistema de riego por goteo con 2 goteros autocompensantes de botón de 8 l/h por árbol, ya que este es el sistema más empleado, y unos 175 olivos por hectárea

(marco de 8 x 7 m) y, además se considera una variación del caudal del gotero del 5 %, el caudal necesario para riego de olivar sería de 0,817 l/s ha.

$$Q_{\text{olivar}} = 2 \times 8 \times 175 \times 1,05 / 3.600 = 0,817 \text{ l/s ha}$$

Para el caso del almendro, aunque también se da en olivar, se ha considerado un sistema de riego por goteo estándar con gotero autocompensante insertado en línea con emisores de 2,3 l/h cada metro. Con almendros a 7 x 7 m resultará que son necesarios 1.429 metros de tubería portagoteros por cada hectárea ( $10.000 \text{ m}^2 / 7 \text{ m} = 1.429,6 \text{ m}$ ), lo que equivale a 1.429 goteros por hectárea. Se considera una variación del caudal del gotero del 5 %, por lo que el caudal necesario para el riego sería de 0,958 l/s ha.

$$Q_{\text{almendro}} = 1.429 \times 2,3 \times 1,05 / 3600 = 0,958 \text{ l/s ha}$$

**Por tanto, con un caudal de 1 l/s ha se cubren las necesidades de riego en base a los dos condicionantes expuestos: máximas necesidades de riego del cultivo más exigente y no necesitar hacer sectores de riego dentro de parcelas de cultivos leñosos. Será con este caudal con el que se diseñe la red secundaria que va desde los armarios de agrupación hasta las parcelas de riego, los contadores que abastecen cada parcela y las agrupaciones de contadores en la que se concentran varias parcelas.**

#### 8.6.1.2 *Caudales de la red de distribución primaria*

Es la red de tuberías que parte de la estación de bombeo y filtrado y llega hasta las agrupaciones de los distintos sectores. Las agrupaciones son las casetas donde se encuentran concentrados los contadores de varias parcelas que riegan desde dicha agrupación.

En el Anejo N° 3 «Estudio agronómico» se ha determinado un caudal ficticio continuo para las alternativas de cultivos existentes-previstas y sistema de riego previsto en la zona regable de 0,395 l/s ha. Para los sectores que riegan por gravedad, que son la gran mayoría de la zona regable, se ha supuesto que la jornada efectiva de riego (JER) será de 19 h, por lo que el rendimiento de la red será:

$$r = \frac{JER}{24} = \frac{19}{24} = 0,79$$

El caudal ficticio continuo que consideraremos en adelante será pues:

$$q_r = \frac{q}{r} = \frac{0,395}{0,79} = 0,5 \frac{l}{s \cdot ha}$$

**Por tanto, para las redes de distribución primaria de las redes de gravedad se tomará un caudal continuo de 0,5 l/s ha.**

Para la **red primaria del sector de bombeo** se realiza un diseño específico, condicionado con que el abastecimiento de energía para la estación de bombeo será mediante energía fotovoltaica. Esto hace que el riego se realice en una franja horaria diurna concreta, coincidiendo con las horas de mayor radiación. Estas horas son variables a lo largo de los meses de riego (fijados desde marzo a octubre, ambos incluidos) si solo se emplease energía solar fotovoltaica, pero al disponer de un apoyo de energía eléctrica de la red convencional se establece un horario fijo de riego para toda la campaña de al menos 8 horas al día. En los meses de marzo, abril, mayo, agosto, septiembre y octubre se regarán 8 horas de 10:00 a 18:00. En junio y julio se regará 8,5 h de 9:30 a 18:00.

Una vez fijado el horario de riego, se define en caudal de bombeo para garantizar que en la jornada de riego establecida se proporcione la dotación de agua de la zona regable autorizada por la concesión de aguas de 3.546 m<sup>3</sup>/ha.año. Tomando un caudal de 0,7 l/s.ha se suministrarían 4.995,5 m<sup>3</sup>/ha.año, lo cual representa un 40,87 % más que la dotación de la concesión de aguas. Con este porcentaje de cobertura se podrá garantizar un riego adecuado en el sector de bombeo, luego se tomará el caudal de 0,7 l/s.ha para el diseño de bombas y los ramales principales, pues además en el sector de bombeo todos los cultivos son olivar y almendro. Conforme nos vayamos acercando a las agrupaciones, en los ramales pequeños se ampliará el caudal de diseño del ramal a 1 l/s.ha.

**Tabla 32.** Cálculo de dotación de riego en base a la jornada establecida

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	TOTAL año
RIEGO DIARIO (h)	8	8	8	8,5	8,5	8	8	8	
MESES	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5	
DIAS DE RIEGO	30	30	31	30	31	31	30	31	
q (l/s.ha)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Q (m <sup>3</sup> /h.ha)	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	
<b>VOL MES (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>604,80</b>	<b>604,80</b>	<b>624,96</b>	<b>642,60</b>	<b>664,02</b>	<b>624,96</b>	<b>604,80</b>	<b>624,96</b>	<b>4.995,90</b>

### 8.6.2 Diseño de agrupaciones y contadores de parcela

Como se ha justificado en epígrafes anteriores será con un caudal de 1 l/s.ha con el que se diseñe la red secundaria que va desde los armarios de agrupación hasta cada parcela, los contadores que abastecen cada parcela y las agrupaciones de contadores en que se concentran varias parcelas.

En los apéndices del Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se describe cada tipo, el cálculo de los caudales de parcela y de hidrantes, y un listado general detallado con las características de cada hidrante y de cada toma de parcela. Hay que indicar que para la redacción del presente proyecto la Comunidad de Regantes ha sido la encargada de realizar el elenco de regantes actualizado y de proporcionar las parcelas catastrales y superficie regada por cada comunero.

Las agrupaciones o hidrantes de agrupación son aquellas que derivan de las tuberías principales y suministran agua a las parcelas o a las agrupaciones de riego. Disponen de forma general de válvula de corte de compuerta, filtro cazapiedras, ventosa, válvula hidráulica reductora de presión y limitadora de caudal y la calderería en chapa de acero necesaria para su conexión con la red de distribución. Además, dentro de una agrupación, para cada parcela a la que abastece dispondrá de un contador con emisor de pulsos con su válvula de corte individual.

Es muy importante para el funcionamiento adecuado de la red de riego que los pilotos limitadores de caudal estén regulados según los datos que aparecen en este anejo. Esta regulación deberá de hacerse en fábrica antes de su instalación. El dimensionamiento de todos ellos se ha realizado de forma que proporcionen el caudal necesario y la presión de salida fijada.

Las agrupaciones contendrán un máximo de 20 contadores (en el caso de que estos sean de diámetro pequeño) y la superficie a regar será como mucho de 18,5 ha y serán de diámetro variable de 50, 65, 80 y 100 mm.

A la entrada de la agrupación se dispone una acometida de 50, 65, 80 ó 100 mm con una válvula de corte de compuerta, filtro cazapiedras, ventosa de 50 mm, y una válvula hidráulica con pilotos limitadores de caudal y reductores de presión. La conexión entre la red de riego y las válvulas se realizará mediante calderería de chapa de acero de 50, 65, 80 ó 100 mm de diámetro y 4 mm de espesor. La arqueta será prefabricada de hormigón armado de 2,5 x 1,44 x 1,95 m de dimensiones interiores, colocadas sobre base de grava y losa de hormigón armado en superficie ejecutada in situ, cerrada con puerta metálica que ocupen todo el frontal de la caseta para facilitar el acceso (ver Plano 12.7 «Detalles redes de riego. Hidrantes de agrupación»). Del colector común de la agrupación se alimentarán las derivaciones de parcela que estarán dotadas cada una de ellas de una válvula de corte y un contador con emisor de pulsos. Tras el contador se instalará un contradisco dinámico acoplado en el racor del contador aguas abajo, con lo que obtendremos a la salida un caudal que no supera el 40 – 60 % del caudal nominal en un rango de presiones de entrada de 2,5 a 10 bares. Esto hace que el contador nunca supere sus valores máximos de caudales y por lo tanto no sufra deterioro ni desgaste por exceso de caudal.

Aguas abajo del contador saldrá la red secundaria que llegará a cada una de las parcelas de riego.

La dimensión de la acometida a cada agrupación desde la red primaria y de la válvula hidráulica reductora de presión y limitadora de caudal general de la agrupación depende del caudal total asignado en la agrupación, que corresponde a 1 l/s ha. Toda la agrupación se dimensionará en base al diámetro elegido para la válvula hidráulica. Los caudales considerados para cada diámetro han sido seleccionados para producir una baja pérdida de carga de alrededor de 1 mca. La relación caudal-diámetro es la siguiente:

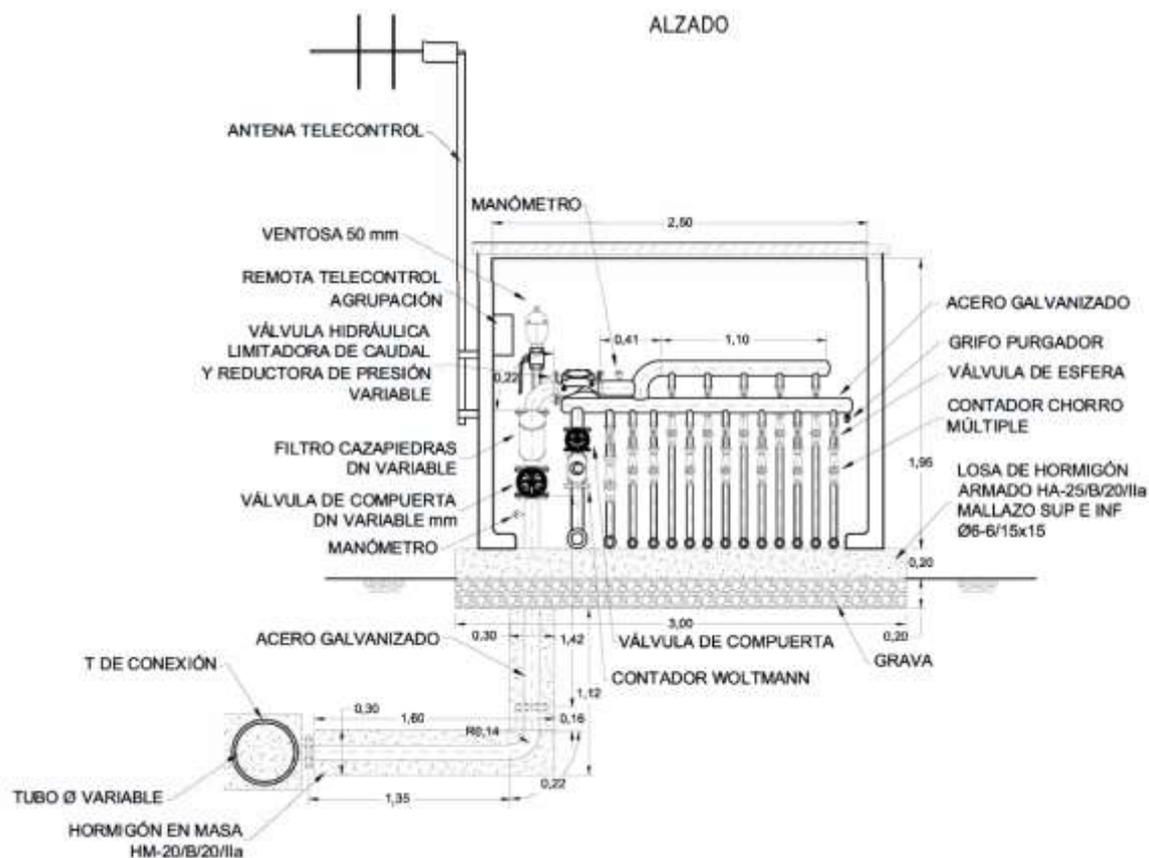
**Tabla 33.** Resumen del caudal de cada tipo de válvula hidráulica

<b>Contador (mm)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
50	≤ 4,8
65	≤ 8
80	≤ 10,5
100	≤ 18,5

El conjunto del circuito de control de los pilotos (será de tres vías) junto con el piloto limitador de caudal tendrá un diseño que disminuya al máximo las pérdidas de carga, pues existen zonas donde la presión que llega a las agrupaciones es baja. La válvula incorporará un sistema de regulación de serie que permite una regulación hasta caudal cero sin pérdidas de carga adicionales a válvula abierta. La pérdida de carga a válvula abierta será de 1 mca para el caudal máximo. El regulador de presión estará tarado para una presión máxima de 6 atm.

La válvula de corte, filtro cazapiedras y la calderería serán del mismo diámetro que la acometida. Todos los elementos de las agrupaciones serán PN 16 atm.

Su diseño se recoge en el Plano 12.7 «Detalles redes de riego. Hidrantes de agrupación» y se localizan conforme a Plano 6 «Redes Primarias Ramal G-1», Plano 7 «Redes Primarias Ramal G-2», Plano 8 «Redes Primarias Ramal Bombeo Bajo», Plano 9 «Redes Secundarias Ramal G-1», Plano 10 «Redes Secundarias Ramal G-2» y Plano 11 «Redes Secundarias Ramal Bombeo Bajo».



**Figura 17.** Hidrante de agrupación

En el Apéndice 1 «Agrupaciones e hidrantes» del Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se recogen los hidrantes incluidos en la Fase II, la superficie que riegan, el caudal, sus dimensiones y el número de contadores que incluye. En dicho apéndice se indican también que parcelas catastrales componen cada agrupación. Son un total de 185 agrupaciones.

**Tabla 34.** Resumen diámetro agrupaciones

Diametro agrupación (mm)	Sector Gravedad Ramal G-1	Sector Gravedad Ramal G-2	Sector Bombeo Bajo	Total
50	18	2		<b>20</b>
65	24	8		<b>32</b>
80	17	8	3	<b>28</b>
100	14	66	25	<b>105</b>
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>	<b>84</b>	<b>28</b>	<b>185</b>

La calderería de los hidrantes será conforme a lo recogido en el epígrafe 3.3.45 del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Los materiales a emplear para los distintos elementos

serán: Tubos y chapas de acero al carbono S 275 JR; Bridas normalizadas de acero al carbono S 235 JR; Tornillería calidad 8.8 cincada a y juntas de estanqueidad de goma natural EPDM.

Los espesores mínimos a emplear en las piezas serán los siguientes según la norma UNE-EN 10224:2003/A1:2006 «Tubos y accesorios de acero no aleado para la conducción de agua y otros líquidos acuosos. Condiciones técnicas de suministro» (si bien también se usan habitualmente la DIN 2458 o la AP 5L).

El sistema de pintura a aplicar deberá ser adecuado para la protección contra la corrosión, conforme a la norma UNE-EN ISO 12944-1:2018 «Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general. (ISO 12944-1:2017)». Se requerirá que el sistema de protección empleado sea, como mínimo, de la categoría C3 y durabilidad VH (muy alta). El espesor de epoxi será mínimo de 200 micras. Las piezas especiales que queden enterradas serán recubiertas exteriormente por hormigón (excepto las bridas) que servirá tanto para protección contra la corrosión como anclaje de las piezas especiales. En el caso de los hidrantes de agrupación la calderería será galvanizada.

#### 8.6.2.1 Contadores

Con un caudal de servicio proporcional a la superficie de cada parcela (o conjunto de parcelas de un mismo propietario colindantes) a razón de 1 l/s ha, se han diseñado dos tipos de contadores considerando sus caudales de funcionamiento, además de tener en cuenta las restricciones que impone la instalación del contradisco dinámico para limitar el caudal. Todos los contadores tendrán emisor de pulsos.

Así para los caudales menores se han utilizado contadores de chorro múltiple (25, 32 y 40 mm). Para el resto de contadores se han diseñado tipo Woltman.

Los caudales considerados para cada diámetro y tipo de contador han sido seleccionados para producir una baja pérdida de carga menor de 1,5 mca. El contador más pequeño a instalar será de 25 mm.

**Tabla 35.** Resumen del caudal de cada tipo de contador

Contador (mm)	Caudal (l/s)
25	≤ 0,7
32	≤ 1,1
40	≤ 1,8
50 W	≤ 4,2
65 W	≤ 6,6
80 W	≤ 10,5
100 W	≤ 16,7

En el Apéndice 2 «Contadores» del Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se recoge para cada parcela de cada agrupación el caudal de diseño y el tipo de contador que le corresponde, así como tablas resumen por agrupación y totales. Son un total de 2.035 contadores.

**Tabla 36.** Resumen de número de contadores

Contadores (mm)	Sector Bombeo Bajo	Sector Gravedad Ramal G-1	Sector Gravedad Ramal G-2	Total general
25	53	621	411	1085
32	65	114	156	335
40	68	76	179	323
50	58	56	139	253
65	6	7	18	31
80	1		5	6
100			2	2
<b>Total general</b>	<b>251</b>	<b>874</b>	<b>910</b>	<b>2.035</b>

Se diseñan también los conjuntos de salida de la caseta de agrupación de riego para los distintos contadores con conexión a las tuberías de PEAD de diferente diámetro (enlaces mixtos de polipropileno rosca hembra, codos a 90° de polipropileno, bridas, piezas especiales, etc.). Se recogen en el Apéndice 2 «Contadores» del Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos».

**Tabla 37.** Resumen de número de conexiones de contadores a tubería secundaria

Conexión Contador-PEAD (mm)	Sector Bombeo Bajo	Sector Gravedad Ramal G-1	Sector Gravedad Ramal G-2	Total general
100-90			2	2
25-25	12	460	275	747
25-32	13	113	131	257
25-40	12	32	5	49
25-50	16	15		31

Conexión Contador-PEAD (mm)	Sector Bombeo Bajo	Sector Gravedad Ramal G-1	Sector Gravedad Ramal G-2	Total general
32-32	15	51	103	169
32-40	19	35	46	100
32-50	26	17	6	49
32-63	5	12	1	18
40-32	2	9	25	36
40-40	15	42	120	177
40-50	31	17	30	78
40-63	16	5	4	25
40-75	4	3		7
50-40	1	1	14	16
50-50	19	27	74	120
50-63	16	18	45	79
50-75	6	7	4	17
50-90	16	3	2	21
65-63		1	4	5
65-75	5	6	13	24
65-90	1		1	2
80-90	1		5	6
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>874</b>	<b>910</b>	<b>2035</b>

Se localizan conforme a los Planos 9, 10 y 11 de «Redes Secundarias».

#### 8.6.2.2 Tomas de parcela

Las tomas de parcela, debido a que se ubican dentro de cada parcela y que serán las llaves que manipulen los regantes, no se incluyen en el presente proyecto, pues cada regante la instalará donde mejor le convenga

La tubería secundaria se instalará hasta dentro de la parcela (o parcelas, ya que si tiene varias colindantes se consideran como si fueran una sola a efectos hidráulicos) de cada agricultor, unos metros separada de la linde más próxima a la caseta de la agrupación que corresponda. Serán los regantes los que prolonguen dicha tubería hasta el punto donde deseen instalar su cabezal de riego. En los Planos 9, 10 y 11 de «Redes Secundarias» se recogen los trazados de estas tuberías y dónde quedará la entrada en cada parcela.

#### 8.6.3 Presiones de diseño de cada uno de los niveles hidráulicos

En todo riego presurizado el objetivo es llegar a las tomas de parcela con una presión y caudal que permita la implantación de un sistema de riego por aspersión o goteo, por lo que resulta fundamental garantizar estos parámetros básicos.

En el caso de este proyecto se proporcionará presión garantizada para riego por goteo, dados los cultivos que se dan en las parcelas incluidas en la Fase II son casi en su totalidad olivar y almendro. Los cultivos anuales están localizados prácticamente en su totalidad en la Cañada del Aljibe, que ya está modernizada y consigue la presión necesaria desde la balsa donde se dejó en la Fase I un hidrante individual.

Para determinar la presión en las tomas de parcela se debe tener en cuenta:

- Nivel de agua en la balsa de cabecera.- Se toma como cota de agua en la balsa la 935,75 (un metro por debajo de su nivel máximo: cota 936,75), ya que al ser una balsa de regulación que funciona como un vaso comunicante con el canal principal siempre estará prácticamente llena en las épocas de máxima demanda, que son las más restrictivas en el cálculo de las presiones. Aguas abajo de la toma en el canal existe una compuerta de nivel constante aguas arriba que mantiene el nivel de agua siempre a la misma cota.
- Pérdidas de carga en la tubería de transporte.- Se calcularon como un total de 8,7 mca en el proyecto de la Fase I (en el epígrafe 5 del Anejo nº 8 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos», páginas 16-17) en base al caudal ficticio continuo de 0,395 l/s ha.
- Pérdidas de carga en el cabezal de filtrado general.- Se determinan en el Anejo Nº 12 «Diseño de filtrado» unas pérdidas de carga de 3 mca.
- Pérdidas de carga en las tuberías de distribución primaria.- Se determinan en el Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» y se estima la presión que llegará a la entrada de cada agrupación de hidrantes.
- Pérdidas de carga en las agrupaciones: piezas especiales, filtro cazapiedras, válvulas hidráulicas, contadores y válvulas de corte. Se han estimado en 5 mca de forma general en cada agrupación, estando este valor del lado de la seguridad, pues se han tomado caudales bajos de diseño en toda la valvulería y elementos de las agrupaciones para disminuir al máximo las posibles pérdidas (1 mca de pérdidas en la válvula hidráulica con circuitos de tres vías, 1,5 mca en el contador y otros 2,5 mca para el resto elementos).
- Pérdidas de carga en las tuberías secundarias hasta las tomas de parcela.- Se determinan en el Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» y se estima la presión que llegará al punto más alto de cada parcela que es donde se situará la toma de parcela.
- Presión mínima en parcela.- Se requiere una presión mínima de 10 mca para el correcto funcionamiento del emisor. Considerando 5 mca de pérdidas en terciarias y ramales portagoteros y otros 5 mca en el cabezal de riego de las parcelas, se necesitarán 20 mca en la toma de parcela en el punto más elevado de la parcela.

Si se consideran unas pérdidas de carga máximas de 5 mca en los elementos de las agrupaciones de riego, se tendrá que suministrar un mínimo de 25 mca de presión en la red

primaria aguas arriba de cada hidrante de agrupación, a los efectos de fijar las presiones mínimas requeridas en el cálculo de las redes primarias. En el Apéndice 3 «Tuberías primarias» del Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se calcula la presión que llegará aguas arriba de cada hidrante de agrupación con el dimensionamiento de la red de riego primaria.

**Tabla 38.** Presiones calculadas en agrupaciones. Sector Gravedad Ramal G-1 (Fase II)

Nº Agrupación	Área (ha)	Caudal (l/s)	Diámetro de agrupación (mm)	Nudo de cálculo red de riego	Cota	Presión dinámica (mca)	Presión estática (mca)
80	4,4283	4,4283	50	80	858	44,80	78,05
92	7,6057	7,6057	65	92	870	36,58	66,05
93	10,0014	10,0014	80	93	849	59,79	87,05
94	6,4936	6,4936	65	94	873	33,08	63,05
95	9,0573	9,0573	80	95	851	52,45	85,05
96	10,1331	10,1331	80	96	852	53,70	84,05
97	5,2302	5,2302	65	97	851	53,38	85,05
100	7,2637	7,2637	65	100	858	44,32	78,05
102	7,7286	7,7286	65	102	881	20,26	55,05
103	5,0771	5,0771	65	103	860	33,65	76,05
105	2,8438	2,8438	50	105	822	63,31	114,05
106	5,0605	5,0605	65	106	829	56,49	107,05
107	8,1607	8,1607	80	107	828	60,98	108,05
108	7,7825	7,7825	65	108	881	20,71	55,05
109	4,3881	4,3881	50	109	838	53,11	98,05
110	11,3816	11,3816	100	110	835	49,14	101,05
112	4,071	4,071	50	112	859	42,14	77,05
168	12,2912	12,2912	100	168	849	43,55	87,05
169	6,6811	6,6811	65	169	830	58,08	106,05
170	8,424	8,424	80	170	850	35,08	86,05
171	4,5541	4,5541	50	171	837	48,85	99,05
172	11,1446	11,1446	100	172	858	47,46	78,05
173	12,8852	12,8852	100	173	858	42,00	78,05
174	9,1644	9,1644	80	174	859	45,99	77,05
203	5,7733	5,7733	65	203	845	63,18	91,05
229	8,9159	8,9159	80	229	825	52,26	111,05
230	12,7166	12,7166	100	230	833	47,24	103,05
239	8,2728	8,2728	80	239	776	88,91	118,05
240	10,3482	10,3482	80	240	782	88,74	114,05
252	12,2305	12,2305	100	252	798	70,38	98,05
254	9,7651	9,7651	80	254	799	76,55	97,05
255	9,2045	9,2045	80	255	807	74,07	89,05
256	12,9816	12,9816	100	256	828	57,44	108,05

Nº Agrupación	Área (ha)	Caudal (l/s)	Diámetro de agrupación (mm)	Nudo de cálculo red de riego	Cota	Presión dinámica (mca)	Presión estática (mca)
257	4,3314	4,3314	50	257	853	35,56	83,05
258	12,2634	12,2634	100	258	802	68,99	94,05
259	7,3041	7,3041	65	259	801	72,97	135,05
260	7,0044	7,0044	65	260	791	76,23	145,05
262	9,7049	9,7049	80	262	814	51,41	122,05
263	7,8458	7,8458	65	263	807	65,52	129,05
265	6,2293	6,2293	65	265	823	64,93	113,05
267	2,5657	2,5657	50	267	821	60,57	115,05
268	12,2454	12,2454	100	268	834	42,85	102,05
269	9,7736	9,7736	80	269	823	56,20	73,05
270	7,4752	7,4752	65	270	857	31,95	79,05
271	9,0891	9,0891	80	271	845	42,72	91,05
272	11,0153	11,0153	100	272	844	46,79	92,05
273	4,5881	4,5881	50	273	852	41,48	84,05
274	11,9401	11,9401	100	274	852	36,92	84,05
276	5,0685	5,0685	65	276	849	43,95	87,05
277	5,5584	5,5584	65	277	840	41,79	96,05
278	4,7466	4,7466	50	278	834	57,70	102,05
280	5,4342	5,4342	65	280	843	43,31	93,05
282	1,7443	1,7443	50	282	843	50,82	93,05
283	4,1899	4,1899	50	283	842	54,45	94,05
284	6,1894	6,1894	65	284	847	41,21	89,05
286	3,8454	3,8454	50	286	857	36,98	79,05
288	6,1917	6,1917	65	288	855	40,71	81,05
289	1,6777	1,6777	50	289	856	41,70	80,05
291	2,9726	2,9726	50	291	864	33,96	72,05
293	11,4229	11,4229	100	293	868	25,45	68,05
294	9,4071	9,4071	80	294	846	45,72	90,05
296	4,6114	4,6114	50	296	849	40,18	87,05
297	7,8669	7,8669	65	297	850	39,81	86,05
298	10,6528	10,6528	100	298	855	37,56	81,05
299	7,0662	7,0662	65	299	863	32,76	73,05
317	10,5745	10,5745	100	317	862	30,51	74,05
318	4,2826	4,2826	50	318	848	36,60	88,05
320	5,1939	5,1939	65	320	864	39,43	72,05
322	5,6612	5,6612	65	322	848	39,61	88,05
323	3,9111	3,9111	50	323	827	62,19	109,05
324	8,3089	8,3089	80	324	814	51,93	122,05
325	2,9379	2,9379	50	325	853	45,46	83,05
328	9,1614	9,1614	80	328	779	87,05	117,05

**Tabla 39.** Presiones calculadas en agrupaciones. Sector Gravedad Ramal G-2 (Fase II)

Nº Agrupación	Área (ha)	Caudal (l/s)	Diámetro de agrupación (mm)	Nudo de cálculo red de riego	Cota	Presión dinámica (mca)	Presión estática (mca)
115	10,9316	10,9316	100	115	858	63,24	78,05
116	15,1569	15,1569	100	116	859	60,12	77,05
118	11,0972	11,0972	100	118	848	61,32	88,05
123	10,7394	10,7394	100	123	837	78,29	99,05
124	8,4971	8,4971	80	124	829	76,33	107,05
129	11,7149	11,7149	100	129	850	62,90	86,05
130	11,0951	11,0951	100	130	848	60,77	88,05
131	11,184	11,184	100	131	842	66,69	94,05
132	8,3252	8,3252	80	132	845	53,96	91,05
135	14,9441	14,9441	100	135	859	51,25	77,05
136	15,1677	15,1677	100	136	850	62,63	86,05
137	15,5339	15,5339	100	137	839	64,64	97,05
138	10,9958	10,9958	100	138	846	53,57	90,05
142	14,7294	14,7294	100	142	859	49,74	77,05
143	12,5631	12,5631	100	143	850	53,63	86,05
144	14,568	14,568	100	144	848	55,18	88,05
145	7,693	7,693	65	145	829	62,67	107,05
146	6,8064	6,8064	65	146	840	53,26	96,05
147	11,317	11,317	100	147	844	52,79	92,05
151	16,2502	16,2502	100	151	858	48,04	78,05
152	13,6566	13,6566	100	152	856	48,15	80,05
155	14,2984	14,2984	100	155	839	53,36	97,05
156	13,7937	13,7937	100	156	839	50,91	97,05
157	16,7323	16,7323	100	157	850	52,82	86,05
158	14,5679	14,5679	100	158	846	53,27	90,05
160	9,1543	9,1543	80	160	842	58,91	94,05
161	11,5751	11,5751	100	161	841	56,11	95,05
164	5,5269	5,5269	65	164	834	61,83	102,05
182	12,7821	12,7821	100	182	837	36,25	99,05
183	8,7687	8,7687	80	183	836	48,21	100,05
184	16,8279	16,8279	100	184	836	49,41	100,05
186	11,694	11,694	100	186	838	43,20	98,05
187	12,2348	12,2348	100	187	836	51,02	100,05
188	15,4717	15,4717	100	188	836	51,77	100,05
190	13,8023	13,8023	100	190	834	56,01	102,05
191	15,4903	15,4903	100	191	832	59,05	104,05
192	7,9454	7,9454	65	192	832	59,70	104,05
195	12,2869	12,2869	100	195	837	35,15	99,05
198	16,2968	16,2968	100	198	835	39,38	101,05

Nº Agrupación	Área (ha)	Caudal (l/s)	Diámetro de agrupación (mm)	Nudo de cálculo red de riego	Cota	Presión dinámica (mca)	Presión estática (mca)
199	14,1858	14,1858	100	199	835	40,62	101,05
200	17,2577	17,2577	100	200	833	45,69	103,05
201	14,4349	14,4349	100	201	831	50,99	105,05
206	14,375	14,375	100	206	828	57,27	108,05
207	15,8357	15,8357	100	207	830	53,62	106,05
208	14,0638	14,0638	100	208	828	59,80	108,05
209	13,1988	13,1988	100	209	827	56,40	109,05
210	10,8992	10,8992	100	210	811	67,84	85,05
211	12,9813	12,9813	100	211	806	70,49	90,05
212	14,6219	14,6219	100	212	826	68,02	110,05
213	16,7285	16,7285	100	213	799	74,51	97,05
214	10,6309	10,6309	100	214	808	69,99	88,05
215	12,0731	12,0731	100	215	808	67,67	88,05
217	15,6857	15,6857	100	217	806	70,32	90,05
218	13,8049	13,8049	100	218	809	68,52	87,05
219	13,9919	13,9919	100	219	801	73,02	95,05
220	14,729	14,729	100	220	806	63,68	90,05
221	18,2943	18,2943	100	221	806	64,06	90,05
224	18,2734	18,2734	100	224	815	45,92	81,05
225	16,0673	16,0673	100	225	807	60,38	89,05
227	14,3753	14,3753	100	227	787	68,76	109,05
232	8,366	8,366	80	232	786	55,67	110,05
233	8,29	8,29	80	233	783	48,94	113,05
234	14,8438	14,8438	100	234	785	62,63	111,05
235	14,8341	14,8341	100	235	816	43,14	80,05
236	14,4894	14,4894	100	236	822	38,17	74,05
237	15,276	15,276	100	237	785	55,43	111,05
238	4,3429	4,3429	50	238	788	51,98	108,05
242	5,9851	5,9851	65	242	778	52,04	118,05
303	12,7145	12,7145	100	303	814	66,05	82,05
304	16,8444	16,8444	100	304	828	54,95	108,05
305	12,205	12,205	100	305	816	71,79	80,05
307	12,0038	12,0038	100	307	814	71,53	82,05
308	16,1985	16,1985	100	308	803	72,03	93,05
309	16,6347	16,6347	100	309	815	72,16	81,05
310	16,8085	16,8085	100	310	827	69,42	109,05
311	14,2088	14,2088	100	311	826	68,92	110,05
312	11,8034	11,8034	100	312	795	56,01	101,05
313	13,0741	13,0741	100	313	817	74,22	119,05
314	5,9912	5,9912	65	314	805	50,85	91,05
319	9,8973	9,8973	80	319	824	70,95	112,05

Nº Agrupación	Área (ha)	Caudal (l/s)	Diámetro de agrupación (mm)	Nudo de cálculo red de riego	Cota	Presión dinámica (mca)	Presión estática (mca)
326	10,1675	10,1675	80	326	823	64,87	113,05
327	4,476	4,476	50	327	839	53,49	97,05
329	5,0857	5,0857	65	329	783	49,65	113,05
330	6,9201	6,9201	65	330	832	59,01	104,05

**Tabla 40.** Presiones calculadas en agrupaciones. Subsector de Bombeo Bajo (Fase II)

Nº Agrupación	Área (ha)	Caudal (l/s)	Diámetro de agrupación (mm)	Nudo de cálculo red de riego	Cota	Presión dinámica (mca)	Presión estática (mca)
2	10,2653	10,2653	80	2	899	48,03	62,75
3	12,9486	12,9486	100	3	903	39,95	58,75
4	15,7683	15,7683	100	4	904	36,16	57,75
5	14,0514	14,0514	100	5	908	34,00	54,75
6	15,6652	15,6652	100	6	907	35,56	53,75
7	14,0713	14,0713	100	7	906	35,60	54,75
9	14,6462	14,6462	100	9	899	45,78	62,75
10	14,103	14,103	100	10	908	32,97	53,75
12	15,711	15,711	100	12	905	35,02	55,75
14	12,1132	12,1132	100	14	900	43,65	61,75
15	12,4566	12,4566	100	15	910	29,87	51,75
20	13,7361	13,7361	100	20	902	40,36	59,75
21	12,7022	12,7022	100	21	907	34,19	54,75
22	11,9419	11,9419	100	22	907	33,46	54,75
28	14,2676	14,2676	100	28	908	33,09	53,75
36	14,6512	14,6512	100	36	906	33,86	55,75
37	13,8764	13,8764	100	37	905	33,81	56,75
38	12,8669	12,8669	100	38	904	34,49	57,75
41	10,5832	10,5832	100	41	898	39,17	63,75
50	13,7332	13,7332	100	50	901	33,23	60,75
52	10,0071	10,0071	80	52	895	38,02	66,75
53	11,8226	11,8226	100	53	899	37,07	62,75
56	13,3688	13,3688	100	56	899	35,98	62,75
58	10,5684	10,5684	100	58	897	35,73	64,75
60	13,0968	13,0968	100	60	892	40,66	69,75
61	9,9502	9,9502	80	61	895	42,32	66,75
64	11,2231	11,2231	100	64	907	29,65	54,75
316	12,0415	12,0415	100	316	901	43,22	60,75

Como se ha dicho anteriormente, para el correcto funcionamiento del riego en las parcelas se debería garantizar una presión mínima de 20 mca en la toma de parcela, situada en el punto más elevado de cada parcela. Sin embargo, como condicionante impuesto por la Comunidad de Regantes de reducir al máximo el Sector de Bombeo y considerando que las parcelas son de muy pequeño tamaño, se estudiará suministrar una presión más baja en casos concretos donde su situación desfavorable condicione mucho el diseño del conjunto de la red de riego. En el Apéndice 4 «Tuberías secundarias» del Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se calcula la presión que llegará a cada parcela con el dimensionamiento de la red de riego secundaria. Las acometidas que quedarían con una presión menor de 20 mca se recogen en la siguiente tabla (todas localizadas en el ramal G-1).

**Tabla 41.** Presiones mínimas calculadas en acometidas en parcela

Nº Agrupación	Contador-acometida	Presión dinámica (mca)
94	94.1	16,96
94	94.2	19,56
94	94.4	13,70
94	94.5	11,52
94	94.6	12,05
94	94.7	10,24
94	94.8	12,65
94	94.9	15,51
95	95.10	19,70
102	102.3	18,02
102	102.4	19,98
102	102.8	17,36
102	102.9	15,24
170	170.13	18,56
170	170.8	19,93

#### 8.6.4 Diseño de la red de riego

El trazado y topología de la red de riego se definen en el Anejo 4 «Cartografía, topografía y replanteo». La red de riego está constituida topológicamente por los siguientes elementos:

- Inicio de la red: Salida de la estación de bombeo y filtrado.
- Red primaria de riego: es la compuesta por todos los ramales que, partiendo del inicio de la red, conducen el agua hasta las derivaciones a las agrupaciones de riego.

- Agrupación de riego: es el conjunto de parcelas dentro de la Comunidad que funcionarán de forma hidráulicamente independiente a otras parcelas de la zona al ser todas ellas controladas por una misma válvula hidráulica (hidrante de agrupación). Coinciden con los nudos de consumo de la red de riego primaria.
- Red secundaria de riego y Derivación a parcela: tubería que distribuirá el agua desde la agrupación de riego hasta cabeza de cada parcela. Estas tuberías serán de polietileno de alta densidad PN-10 atm.

#### 8.6.4.1 Criterios de trazado

Los criterios fundamentales que se han seguido han sido definidos junto con la Colectividad de Cuevas del Campo, pues junto a ellos se han recorrido los posibles trazados. Son los siguientes:

- Definir el trazado principalmente paralelo a viales o caminos existentes siempre que sea posible para minimizar en la medida de lo posible las afecciones y servidumbres, y disponer de un camino de servicio para la red de tuberías
- No llevar, en la medida de lo posible, sentidos hacia el origen de la red de riego.
- Derivar caudales de ramales principales lo antes posible, de manera que puedan ser de menores dimensiones.
- Se ha intentado no atravesar parcelas con ramales de la red primaria de riego, para evitar afecciones y servidumbres en parcelas. Sin embargo, esto en muchos casos no ha sido posible, dado el alto grado de parcelación de la Colectividad y la inexistencia de caminos en muchas zonas, por lo que se han intentado adaptar los trazados a las lindes de parcelas.
- Ubicación de las agrupaciones de riego en los puntos donde se puedan alimentar directamente el mayor número de parcelas posible y que queden accesibles para su mantenimiento (aunque sea a costa de ampliar la longitud de las redes secundarias).

#### 8.6.4.2 Diseño de la red de riego primaria

Es la que parte de la estación de bombeo y filtrado y llega hasta las agrupaciones de los distintos sectores. Se distinguirá entre la red del sector de gravedad y la red del sector de bombeo. En el presente proyecto de Fase II se recogerá toda la superficie regada por gravedad (1.604,30) y solo una parte de la regada por bombeo (362,24 ha correspondientes a una parte del Subsector Bajo del Sector de Bombeo). El resto de superficie del sector de bombeo, hasta culminar su completa modernización, se incluirá en una futura Fase III.

En la Fase I del proyecto se diseñó una parte de la red de gravedad, si bien los cálculos hidráulicos se realizaron para todo el sector completo, ya que lo que se ejecuta en esa fase es la cabecera de uno de los ramales principales de gravedad (ramal G-1). En dicha fase se proyectó

la modernización directa de 524,25 ha (a las que se llegaba con las tuberías primarias y secundarias) más la superficie de la Cañada del Aljibe (383,24 ha).

La tubería que riega el sector de gravedad se denomina ramal G y se proyectó de HPCC con diámetro 1.000 mm hasta el PK 0+304,5 donde se diseñó una arqueta de válvulas donde se derivarán los ramales G-1 y G-2 (todo ello en la Fase I). Por tanto, el ramal principal G se calcula con el que será el caudal de todo el sector hasta la bifurcación G-1 y G-2.

Los caudales se obtienen por el método de Clément aplicado a cada uno de los ramales G-1 y G-2 y fijando el caudal del tramo G común como suma del caudal necesario de G-1 más G-2 completos.

Para el ramal G-1 completo con 1.451,60 ha a modernizar (Fase I 524,25 ha + Fase II 544,11 ha + Cañada del Aljibe 383,24 ha) con 115 agrupaciones (42 en Fase I y 73 en Fase II), se obtiene un caudal total de 742,71 l/s en cabecera del G-1 (incluye la superficie que se tomó para la Fase I y el resto que se considera en esta Fase II. En el punto donde se inicia el cálculo de la red de riego del ramal G-1 incluido en el proyecto de esta Fase II corresponderán con 387,74 l/s (hasta dicho punto es de Fase I).

El Ramal G-2 abarcará 1.060,19 ha con 84 agrupaciones y resulta un caudal en cabecera de 652,93 l/s.

Por tanto, el ramal principal G se calcula con 1.395,64 l/s que será el caudal futuro de todo el sector hasta la bifurcación G-1 y G-2 (742,71 l/s + 652,93 l/s). Este caudal difiere muy levemente del considerado en el proyecto de Fase I que fue 1.393,48 l/s, lo cual no tiene ninguna influencia en los cálculos hidráulicos realizados en dicho proyecto de Fase I. La diferencia se debe al ajuste final de superficies que se incluyen en cada agrupación y en cada sector o ramal, que no se puede considerar cerrado hasta que no se hace el proyecto de cada fase (cuando se han hecho los cálculos del presente proyecto se han pasado algunas parcelas inicialmente incluidas en el ramal G-1 al ramal de bombeo y del ramal G-2 al ramal G-1).

Los resultados de los cálculos de los caudales de Clément se recogen en el «Apéndice 3 Tuberías primarias» del Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos».

Tanto en el ramal G-1 como en el Ramal G-2 se instalarán unas válvulas hidráulicas reductoras de presión para evitar tener en las zonas bajas presiones muy elevadas. Estas válvulas se colocan en el PK 4+760 del ramal G-1 con diámetro 200 mm (tarada a una presión de salida de 87,05 mca) y en el PK 6+820 del G-2 con diámetro 300 mm (tarada a una presión de salida de 80,05 mca). Solo actuarán cuando los caudales sean más bajos que los de diseño para evitar que la presión dinámica se acerque a la estática.

En el caso de la red de bombeo, se dimensiona a razón de 0,7 l/s.ha. El subsector de bombeo bajo regará 591,30 ha, luego el caudal punta de la instalación sería de 413,91 l/s.

Se han diseñado válvulas de corte para poder aislar los ramales, además de las ventosas, desagües, anclajes, codos y derivaciones necesarios. Serán tuberías enterradas de tal forma que la generatriz superior del tubo tenga una profundidad mínima de 100 cm.

También existen numerosas afecciones a servicios existentes, los cuales se recogen expresamente en el Anejo 15 «Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias».

En el Plano 6 «Redes Primarias Ramal G-1», Plano 7 «Redes Primarias Ramal G-2» y Plano 8 «Redes Primarias Ramal Bombeo Bajo» se recogen todos los detalles de diseño de cada ramal.

#### 8.6.4.2.1 Metodología de cálculo

Una vez realizados los trabajos de campo necesarios para la comprobación de la viabilidad de los trazados de la red de tuberías diseñados en gabinete, se han seguido los siguientes pasos hasta conseguir el diseño definitivo de las redes primarias:

- Definición de la topología de las redes.- Cada red se divide en tramos, de los cuales se recogen los datos que definen las características de cada tramo, y que son:
  - Punto de inicio del tramo.- Es el denominado Nudo Inicio, que se corresponde con un punto físico que puede ser un hidrante o una bifurcación.
  - Punto final del tramo.- Es el denominado Nudo Fin, que se corresponde con un punto físico que puede ser un hidrante o una bifurcación.
  - Longitud.- Es la longitud expresada en metros de cada tramo. Se incrementa en un 10 % para simular las pérdidas de carga en singularidades en la red de riego.
  - Cota.- Se recoge la cota del nudo fin.
  - Superficie regada.- Se indica la superficie regada por el nudo fin (que será cero si no coincide con un hidrante).
  - Caudal.- Se define el caudal máximo a proporcionar en cada nudo fin (que será cero si no coincide con un hidrante).
  - Cálculo de los caudales circulantes por cada tramo de cada red aplicando el método de Clément (usando el programa Diopram) para las redes de gravedad y a razón de 0,7 l/s.ha para las redes de bombeo.
- Dimensionamiento y optimización de la red de riego en función de los parámetros anteriormente definidos y calculados.

Una vez definidos los caudales, se procede al dimensionamiento de la red de tuberías con la hoja de cálculo que Agrimensur Consulting tiene desarrollada, con la cual se realizan los cálculos hidráulicos de las redes de riego y diseños del proyecto. Las pérdidas de carga se han calculado por Hazen-Williams y se ha optimizado su diseño para que resulte la red más económica y proporcione en cada acometida el caudal y la presión fijada.

$$J(\text{m/m})=10,62 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87}(\text{m}) \cdot Q^{1.85}(\text{m}^3/\text{s})$$

donde C depende del material de la conducción y del diámetro de la misma. Para PVC Orientada y Polietileno se adopta un valor de  $C = 150$ . Las pérdidas de carga se han incrementado mayorando un 10 % la longitud de cada tramo de tubería, para tener en cuenta las pérdidas en singularidades de la red.

Las tuberías a emplear cumplirán las siguientes normas:

- Norma UNE-EN 17176: 2019 Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua, riego, saneamiento y alcantarillado, enterrado o aéreo, con presión. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O).
- Norma UNE-EN 12201: 2012 Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento con presión. Polietileno (PE).

#### 8.6.4.2.2 *Datos de partida*

Siguiendo la metodología anteriormente descrita y el uso de los programas de cálculo indicados se obtendrán los resultados recogidos en el Apéndice 3 «Cálculo tuberías primarias» del Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos», partiendo de los siguientes datos:

La cota de cabecera (nudo 0) es 888,84 msnm (cota terreno inicio Ramal G) y se considera que en este punto se dispondrá de una presión mínima garantizada de 35,21 mca para el sector de gravedad.

El agua procede de la balsa con una cota fija de agua en periodo de máxima demanda en cota 935,75 msnm. Con las estimaciones de pérdidas de carga realizadas para la tubería de transporte (8,7 mca) y en el filtrado (3 mca), las pérdidas de carga hacen un total de 11,7 m.c.a. Por tanto, con la diferencia de cotas existente y las pérdidas de carga estimadas, se considerará una presión en cabecera de 35,21 mca.

En el caso del sector de bombeo, se han estimado las pérdidas de carga en el sistema de bombas en 0,46 mca (ver Anejo nº 9 «Dimensionamiento del bombeo») que se detraerán de los 35,21

mca disponibles. A esta presión se sumará la proporcionada por las bombas (25 mca para el subsector del bombeo bajo), por lo que se tendrá una presión a salida de bombas de 59,75 mca.

▪ **Datos para método de Clément (Ramal G-1 y G-2)**

Este método aplica un modelo probabilístico en el que se ha considerado un caudal ficticio continuo de 0,5 l/s ha y una jornada de riego diaria de 19 horas (conforme se ha justificado en Epígrafe 2.2) con una garantía de suministro o calidad de servicio del 95 % (se considera más que suficiente ya que el número de tomas de parcela a abastecer cuando el proyecto completo esté ejecutado serán casi 3.000 tomas en 3.491,58 ha de riego, con lo que baja mucho la posibilidad de aperturas simultáneas). El caudal asignado en los nudos de consumo de cada agrupación será proporcional a la superficie regada a razón de 1 l/s.ha.

▪ **Datos de caudales de línea (Ramal Bombeo Bajo).**

En el caso de la red de bombeo, tal como se ha justificado en el epígrafe 2.2 se dimensionan a razón de 0,7 l/s.ha.

• **Presión mínima exigible**

Será de 25 mca de presión en la red primaria aguas arriba de cada hidrante de agrupación, considerando la cota más alta que riega dentro de dicha agrupación.

• **Velocidad máxima-mínima en las tuberías**

Será de 2,2-2,3 m/s como velocidad máxima (sólo en tramos concretos y normalmente por debajo de 2 m/s) y 0,3 m/s de velocidad mínima (solo en tramos donde haya que reducir al máximo las pérdidas de carga).

• **Materiales de las tuberías.**

Serán de PVC Orientado de 12,5 y 16 atm principalmente y algún tramo muy concreto de PEAD de 10 y 16 atm.

8.6.4.2.3 *Resultados*

Usando el programa de cálculo Diopram y hojas de cálculo de Agrimensur Consulting y de aplicar el método descrito a la red de riego, se obtienen los caudales circulantes por cada línea o tramo de dichas redes.

Se adjuntan en Apéndice 3 «Cálculo tuberías primarias» del Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» varias tablas para la red primaria:

- Una primera tabla que es el resultado de aplicar el método de Clement (o caudales de línea para el case del sector de bombeo), obteniendo los caudales de diseño.
- Otra tabla donde, con los caudales de diseño obtenidos, se hace en primer lugar un predimensionamiento y posteriormente se realiza la optimización. Una vez optimizada la red, se relacionan los diámetros, materiales y timbrajes para cada tramo de tubería de la red de distribución, así como la velocidad en cada uno, la presión estática existente y la dinámica. También aparece la longitud de cada diámetro de tubería.

En las siguientes tablas se muestran las mediciones por material y diámetro a modo resumen por ramal.

**Tabla 42.** Tuberías de PVC Orientado 12,5. Sector Gravedad Ramal G-1

PVC ORIENTADO 12,5 atm (m)										
RAMAL	Diámetro tubería (mm)									Total general
	110	125	140	160	200	250	315	400	500	
G-1							95,87	199,22	888,46	1183,55
G-1-10	355,7									355,7
G-1-10-1	178,52									178,52
G-1-11	372,8		217,33	164,99						755,12
G-1-12	77,7	188,25	181,78							447,73
G-1-12-1	106,32									106,32
G-1-12-2	366,24									366,24
G-1-13	331,68									331,68
G-1-14	272,83									272,83
G-1-15	564,39		397,65	9,73	46,45					1018,22
G-1-15-2			158,58							158,58
G-1-15-3	6,5									6,5
G-1-16	31,27									31,27
G-1-17	658,17									658,17
G-1-18						171,51				171,51
G-1-18-1	156,51									156,51
G-1-18-2	243,17		496,33							739,5
G-1-19	191,48	207,11	159,8				241,76			800,15
G-1-19-1	11,64									11,64
G-1-19-2			135,6	206,09						341,69
G-1-19-2-1	37,66									37,66
G-1-20	582,97	75,8	331,25							990,02
G-1-20-1	33,73									33,73
G-1-20-2	71,55									71,55
G-1-21				210,72						210,72
G-1-22	14,91									14,91
G-1-23		478,39		202,6						680,99
G-1-24	134			169,54						303,54
G-1-25	178,49									178,49
H-203	5,8									5,8
H-93	2,9									2,9
<b>Total general</b>	<b>4986,93</b>	<b>949,55</b>	<b>2078,32</b>	<b>963,67</b>	<b>46,45</b>	<b>171,51</b>	<b>337,63</b>	<b>199,22</b>	<b>888,46</b>	<b>10621,74</b>

**Tabla 43.** Tuberías de PVC Orientado 16. Sector Gravedad Ramal G-1

PVC ORIENTADO 16 atm (m)										
RAMAL	Diámetro tubería (mm)									Total general
	110	140	160	200	250	315	400	500	630	
G-1	239,5		283,31	388,86	549,14	770,31	641,39	775,14	658,64	4306,29
G-1-12			709,59							709,59
G-1-18	277,93		11,39	201,65	730,08					1221,05
G-1-18-3	146,23									146,23
G-1-19						613,07				613,07
G-1-23	368,58									368,58
G-1-26	353,7	92,34								446,04
G-1-27	231,41									231,41
H-240	8,93									8,93
<b>Total general</b>	<b>1626,28</b>	<b>92,34</b>	<b>1004,29</b>	<b>590,51</b>	<b>1279,22</b>	<b>1383,38</b>	<b>641,39</b>	<b>775,14</b>	<b>658,64</b>	<b>8051,19</b>

**Tabla 44.** Tuberías de PVC Orientado 20 atm. Sector Gravedad Ramal G-1

PVC ORIENTADO 20 atm (m)			
RAMAL	Diámetro tubería (mm)		Total general
	125	140	
G-1-18	70,81	491,08	561,89
<b>Total general</b>	<b>70,81</b>	<b>491,08</b>	<b>561,89</b>

**Tabla 45.** Tuberías de PEAD 10 atm. Sector Gravedad Ramal G-1.

TUBERÍA PEAD 10 atm (m)										
RAMAL	Diámetro tubería (mm)									Total general
	110	140	160	250	315	400	450	500	630	
G-1						16,17	344,38	305,9	16,22	682,67
G-1-10	10,4									10,4
G-1-11			8,5							8,5
G-1-13	5,5									5,5
G-1-15		6,32								6,32
G-1-15-1	8,23									8,23
G-1-18				16,49						16,49
G-1-18-1	11									11
G-1-19					15,88					15,88
G-1-21			5,18							5,18
G-1-24			7							7
<b>Total general</b>	<b>35,13</b>	<b>6,32</b>	<b>20,68</b>	<b>16,49</b>	<b>15,88</b>	<b>16,17</b>	<b>344,38</b>	<b>305,9</b>	<b>16,22</b>	<b>777,17</b>

**Tabla 46.** Tuberías de PEAD 16 atm. Sector Gravedad Ramal G-1.

TUBERÍA PEAD 16 atm (m)							
RAMAL	Diámetro tubería (mm)						Total general
	110	140	160	200	250	315	
G-1			26,22			22,24	48,46
G-1-12				12,29			12,29
G-1-12-2	6,44						6,44
G-1-18					28,6		28,6
G-1-18-2	11,42	6,5					17,92
G-1-19-3	15,2						15,2
H-282	6,31						6,31
<b>Total general</b>	<b>39,37</b>	<b>6,5</b>	<b>26,22</b>	<b>12,29</b>	<b>28,6</b>	<b>22,24</b>	<b>135,22</b>

**Tabla 47.** Tuberías de PVC Orientado 12,5 atm. Sector Gravedad Ramal G-2.

TUBERÍA PVC ORIENTADO 12,5 atm (m)							
RAMAL	Diámetro tubería (mm)						Total general
	110	125	140	160	200	710	
G-2						1273,72	1273,72
G-2-1	456,52						456,52
G-2-10	286,65						286,65
G-2-11	45,49						45,49
G-2-12		229,96					229,96
G-2-12-1		210,45			398,15		608,60
G-2-12-2	149,98						149,98
G-2-12-4	6,97						6,97
G-2-13	67,56						67,56
G-2-19		302,16					302,16
G-2-2	47,65						47,65
G-2-20	94,97						94,97
G-2-3	417,43	147,39		167,85	375,72		1.108,39
G-2-3-1	148,22						148,22
G-2-4	9,21						9,21
G-2-5	276,3	480,68			285,65		1.042,63
G-2-5-1	63,35	339,56					402,91
G-2-5-2	10,7						10,70
G-2-6	229,1						229,10
G-2-7	13,33		229,41	266,91	434,68		944,33
G-2-8	378,26			184,25			562,51
G-2-9	282,62	169,19					451,81
H-137	6,13						6,13
H-218	10,99						10,99
H-305	3,06						3,06
<b>Total general</b>	<b>3.004,49</b>	<b>1.879,39</b>	<b>229,41</b>	<b>619,01</b>	<b>1.494,20</b>	<b>1.273,72</b>	<b>8.500,22</b>

**Tabla 48.** Tuberías de PVC Orientado 16 atm. Sector Gravedad Ramal G-2.

TUBERÍA PVC ORIENTADO 16 atm (m)										
RAMAL	Diámetro tubería (mm)									Total general
	110	125	140	160	200	250	315	400	630	
G-2			978,73	40,4	882,26	645,82	1164,91	2444,91	5457,6	11.614,63
G-2-12				66,52	490,13	213,83	1215,28	358,13		2.343,89
G-2-12-1						416,71	1046,06			1.462,77
G-2-12-1-1	365,15			512,71						877,86
G-2-12-2							153,66			153,66
G-2-12-3					181,35	27,06				208,41
G-2-14	307,8			19,68						327,48
G-2-15	66,14		38		247,91					352,05
G-2-16				514,4		191,24				705,64
G-2-16-1			112,11		14,44					126,55
G-2-17	436,17	587,88								1.024,05
G-2-17-1	635,23									635,23
G-2-18	8,39									8,39
G-2-19				37,59						37,59
G-2-21				386,78						386,78
G-2-22	364,32	625,24								989,56
G-2-22-1	7,12									7,12
G-2-5				187,37						187,37
H-303	76,99									76,99
<b>Total general</b>	<b>2.267,31</b>	<b>1.213,12</b>	<b>1.128,84</b>	<b>1.765,45</b>	<b>1.816,09</b>	<b>1.494,66</b>	<b>3.579,91</b>	<b>2.803,04</b>	<b>5.457,60</b>	<b>21.526,02</b>

**Tabla 49.** Tuberías de PEAD 16 atm. Sector Gravedad Ramal G-2.

TUBERÍA PEAD 16 atm (m)							
RAMAL	Diámetro tubería (mm)						Total general
	110	125	140	200	315	630	
G-2			15	106,51		78,1	199,61
G-2-1	5						5
G-2-10	7,66						7,66
G-2-11	8						8
G-2-12-1					10		10
G-2-3	180,59	8,32					188,91
G-2-7	10,39						10,39
H-147	11,9						11,9
<b>Total general</b>	<b>223,54</b>	<b>8,32</b>	<b>15</b>	<b>106,51</b>	<b>10</b>	<b>78,1</b>	<b>441,47</b>

**Tabla 50.** Tuberías de PVC Orientado 12,5 atm. Subsector Bombeo Bajo

PVC orientado 12,5 atm (m)									
Ramal	Diametro tubería (mm)								Total general
	110	125	140	160	200	250	500	630	
BB							3.298,45	681,50	3.979,95
BB-1				354,59	192,44	1.013,19			1.560,22
BB-1-1				277,89	268,31				546,20
BB-2			317,82	262,69					580,51
BB-3			216,89		532,11				749,00
BB-4		431,63		216,01					647,64
BB-4-1			244,66						244,66
BB-5		205,10	50,65		535,54				791,29
BB-5-1		144,29							144,29
H-20	7,63								7,63
H-37	8,00								8,00
H-56	9,40								9,40
H-64	7,00								7,00
H-9	5,00								5,00
H-22	4,36								4,36
<b>Total general</b>	<b>41,39</b>	<b>781,02</b>	<b>830,02</b>	<b>1.111,18</b>	<b>1.528,40</b>	<b>1.013,19</b>	<b>3.298,45</b>	<b>681,50</b>	<b>9.285,15</b>

**Tabla 51.** Tuberías de PEAD 10 atm. Subsector Bombeo Bajo

PEAD 10 atm (m)		
Ramal	Diametro tubería (mm)	Total general
	250	
BB-1	22,99	22,99
<b>Total general</b>	<b>22,99</b>	<b>22,99</b>

La longitud total de la red de riego primaria es de 59.923,06 m (58.546,21 de PVC orientado de diferentes timbrajes y diámetros y 1.376,85 m de tubería de PEAD de diferentes timbrajes y diámetro). Se recoge en las siguientes tablas resumen.

**Tabla 52.** Tuberías de PVC Orientado

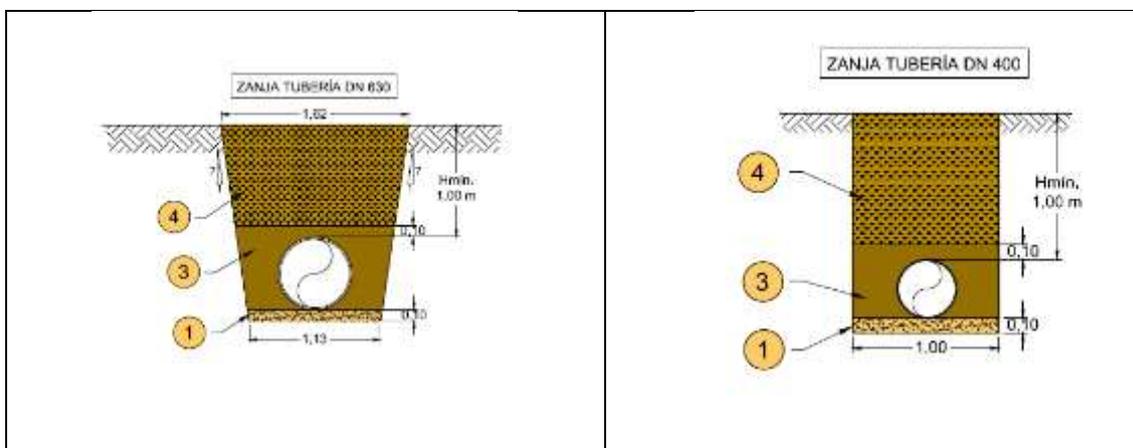
TUBERÍA DE PVC ORIENTADO														
	RAMAL	Diámetro tubería(mm)											TOTAL	
		110	125	140	160	200	250	315	400	500	630	710		
12,5 atm	G1	4.986,93	949,55	2.078,32	963,67	46,45	171,51	337,63	199,22	888,46			1.273,72	11.895,46
	G2	3.004,49	1.879,39	229,41	619,01	1.494,20								7.226,50
	BB	41,39	781,02	830,02	1.111,18	1.528,40	1.013,19			3.298,45	681,50			9.285,15
16 atm	G1	1.626,28		92,34	1.004,29	590,51	1.279,22	1.383,38	641,39	775,14	658,64			8.051,19
	G2	2.267,31	1.213,12	1.128,84	1.765,45	1.816,09	1.494,66	3.579,91	2.803,04		5.457,60			21.526,02
	BB													0,00
20 atm	G1		70,81	491,08										561,89
	G2													0,00
	BB													0,00
TOTAL		11.926,40	4.893,89	4.850,01	5.463,60	5.475,65	3.958,58	5.300,92	3.643,65	4.962,05	6.797,74	1.273,72	58.546,21	

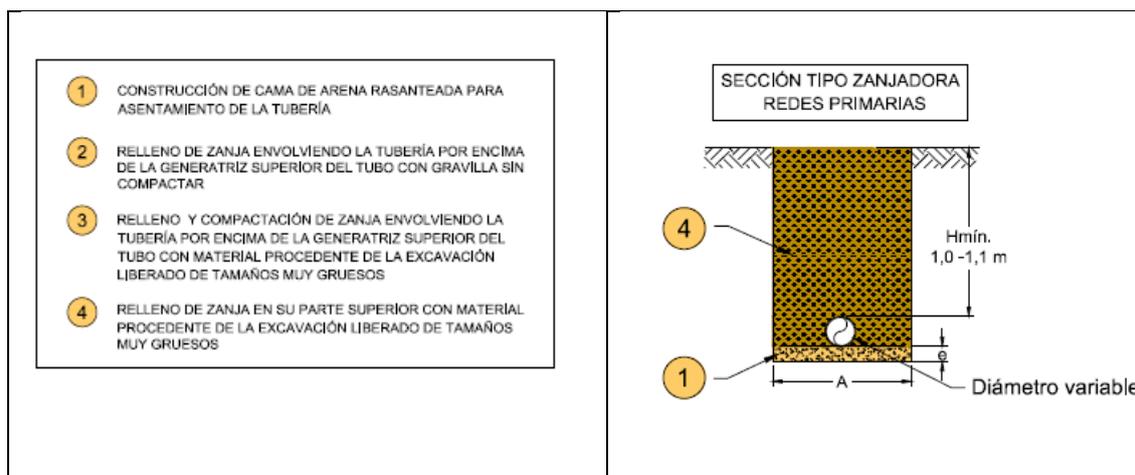
**Tabla 53.** Tuberías de PEAD

TUBERÍA DE PEAD													
	RAMAL	Diámetro tubería (mm)											TOTAL
		110	125	140	160	200	250	315	400	450	500	630	
10 atm	G1	35,13		6,32	20,68		16,49	15,88	16,17	344,38	305,9	16,22	777,17
	G2												0
	BB						22,99						22,99
16 atm	G1	39,37		6,5	26,22	12,29	28,6	22,24					135,22
	G2	223,54	8,32	15		106,51		10				78,1	441,47
	BB												0
TOTAL		298,04	8,32	27,82	46,9	118,8	68,08	48,12	16,17	344,38	305,9	94,32	1376,85

8.6.4.2.4 Zanjas tipo para las tuberías de la red primaria

En el plano «12.1 Detalles redes de riego. Secciones zanjas tuberías» se muestran en detalle todas las secciones tipo para cada tipo de tubería y diámetro. A continuación, se muestran figuras de ejemplo donde se puede apreciar cómo es cada zanja tipo:





**Figura 18.** Ejemplos de secciones de zanjas tipo

En el Apéndice 3 «Cálculo tuberías primarias» del Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se recogen los cálculos del movimiento de tierras para cada ramal y las piezas especiales de calderería.

#### 8.6.4.3 Diseño de la red secundaria

La red de tuberías secundarias es aquella que lleva el agua desde cada agrupación hasta cada una de las parcelas que forman la misma. Esta red está formada por tuberías de PEAD.

En el Plano 9 «Redes Secundarias Ramal G-1», Plano 10 «Redes Secundarias Ramal G-2» y Plano 11 «Redes Secundarias Ramal Bombeo Bajo» se recogen todos los detalles de cada agrupación y aparecen estas tuberías.

La tubería secundaria se instalará hasta dentro de la parcela de cada agricultor (o parcelas, ya que si este tiene varias parcelas colindantes se consideran como si fueran una sola a efectos hidráulicos), unos metros separada de la linde más próxima a la caseta de la agrupación que corresponda. Serán los regantes los que prolonguen dicha tubería hasta el punto donde deseen instalar su cabezal de riego. Para los cálculos hidráulicos se considerará la cota del punto más alto de cada parcela.

##### 8.6.4.3.1 Metodología de cálculo

Una vez realizados los trabajos de campo necesarios para la comprobación de la viabilidad de los trazados de la red de tuberías diseñados en gabinete, se han seguido los mismos pasos que para la red primaria: Definición de la topología de las redes y dimensionamiento y optimización de la red de riego en función de los parámetros definidos.

Las pérdidas de carga se han calculado por Hazen-Williams. Para Polietileno se adopta un valor de  $C = 150$ . Las pérdidas de carga se han incrementado mayorando un 10 % la longitud de cada tramo de tubería, para tener en cuenta las pérdidas en singularidades de la red.

#### 8.6.4.3.2 *Datos de partida*

Siguiendo la metodología anteriormente descrita y el uso de los programas de cálculo indicados se obtendrán los resultados recogidos en el Apéndice 4 «Tuberías secundarias» del Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos», partiendo de los siguientes datos:

- **Cota de cabecera y presión disponible en cabecera (mca)**

La cota de cabecera es la cota de cada hidrante de agrupación y se considera que en este punto se dispondrá de una presión mínima garantizada que será la presión dinámica en cada hidrante de agrupación resultante de los cálculos hidráulicos de la red primaria.

- **Caudal de diseño**

El caudal asignado será proporcional a la superficie regada a razón de 1 l/s ha.

- **Presión mínima exigible**

El diseño se realizará para proporcionar un mínimo de 20 mca en el punto más elevado de la parcela, salvo en algunos puntos muy concretos y localizados más desfavorables muy alejados y con cotas muy elevadas donde se llegará algo menos de presión. Estas tomas con presión inferior a 20 mca se han identificado en el epígrafe 8.6.3 (Tabla 41) de esta Memoria.

- **Velocidad máxima-mínima en las tuberías**

Será de 2,2 m/s como velocidad máxima y 0,2 m/s de velocidad mínima (en ramales muy concretos donde haya que reducir al máximo las pérdidas de carga para llegar con la presión de diseño).

- **Materiales de las tuberías.**

Serán de PEAD de diámetro variable (25, 32, 40, 50, 63, 75 y 90 mm) y presión nominal de 10 atm. Esta tubería se suministra en rollos para facilitar su instalación.

#### 8.6.4.3.3 *Resultados*

En el Apéndice 4 «Tuberías secundarias» del Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se recogen los cálculos de la red secundaria en cada una de las agrupaciones,

reflejándose los nudos inicial y final, su longitud, el caudal circulante, la diferencia de cota, el diámetro interno, el diámetro comercial, las pérdidas de carga en la tubería (hf), la velocidad del agua y la altura manométrica en el nudo final de la tubería. La presión considerada al comienzo de cada agrupación es la calculada en la red primaria, a la que se restará 5 mca como pérdidas de carga en las agrupaciones (piezas especiales, filtro cazapiedras, válvulas hidráulicas, contadores, válvulas de corte). En la columna "Ni" se recoge nudo inicial que corresponde con el nudo de consumo (agrupación) usado en las tablas de cálculo de la red. La cota final corresponde a la ubicación del punto más alto de la parcela.

En la siguiente tabla se recoge un resumen por agrupación de la longitud de los distintos diámetros de tuberías de PEAD de 10 atm diseñados, así como sus longitudes totales.

**Tabla 54.** Longitud tubería secundaria por agrupación y por diámetro. Gravedad Ramal G-1.

Agrupación	PEAD 25-16	PEAD 32-10	PEAD 40-10	PEAD 50-10	PEAD 63-10	PEAD 75-10	PEAD 90-10	Total general
80	568,36	169,86	162,50	236,24				1.136,96
92	439,09	374,19	492,20	140,51		7,63		1.453,62
93	689,21	325,95	7,84	344,58		0,91		1.368,49
94	5,64		13,02	216,36	868,99			1.104,01
95	170,66	256,24	350,79	226,29	180,89			1.184,87
96	842,53	611,17	567,50	217,19				2.238,40
97	882,75	361,67	78,76					1.323,18
100	560,22	779,88						1.340,10
102	242,66	666,07	588,74	1.100,22	101,86			2.699,55
103	688,66	883,13	4,07					1.575,85
105	780,31	9,24	156,09					945,64
106	1.030,19	111,10	139,22					1.280,52
107	1.208,15	147,40	472,56		10,36			1.838,46
108	1.812,15	643,93	319,34		299,26	177,55		3.252,24
109	872,38	18,60	271,69					1.162,66
110	25,71	549,78	580,11	302,26				1.457,86
112	778,98	639,41		7,58				1.425,96
168	120,49	648,02	140,04	366,08		0,74		1.275,37
169	898,22	319,37		1,17				1.218,76
170	712,86		26,75	503,03	248,74			1.491,37
171	1.910,22	557,48	260,59					2.728,28
172	247,79	863,76	705,61	1.028,19				2.845,34
173	51,68	334,26		359,57	452,78	0,61		1.198,89
174	413,19	133,32	139,75	251,90				938,15
203	800,37	15,81	189,85	371,98				1.378,01
229	1.448,28	872,05	574,48					2.894,81
230	228,52	2.728,73	444,33	148,95				3.550,53
239	443,96	1.571,09	560,04	7,58				2.582,68

<b>Agrupación</b>	<b>PEAD 25-16</b>	<b>PEAD 32-10</b>	<b>PEAD 40-10</b>	<b>PEAD 50-10</b>	<b>PEAD 63-10</b>	<b>PEAD 75-10</b>	<b>PEAD 90-10</b>	<b>Total general</b>
240	45,66	537,80	81,75	403,93				<b>1.069,14</b>
252			890,45	205,84	6,38			<b>1.102,66</b>
254		530,83	307,31	211,17	6,24			<b>1.055,55</b>
255	170,81	645,35	413,47	74,81				<b>1.304,44</b>
256						236,56		<b>236,56</b>
257	322,36	271,43	35,82					<b>629,60</b>
258	691,54	123,44	777,39	312,97				<b>1.905,34</b>
259	253,28	120,86	284,24		4,46			<b>662,84</b>
260	826,62	254,68			3,98			<b>1.085,27</b>
262	1.835,99	980,79	217,52		71,11			<b>3.105,41</b>
263	479,94	193,54	311,38					<b>984,86</b>
265	857,74	699,40						<b>1.557,14</b>
267	628,13	206,56						<b>834,68</b>
268	31,78	671,11	210,00	368,76	249,14			<b>1.530,79</b>
269	193,34	927,72	767,91	0,69				<b>1.889,65</b>
270	441,85	199,27	68,87	167,74	244,33			<b>1.122,05</b>
271	291,42	47,00	266,93	393,23	132,69			<b>1.131,28</b>
272		123,07	2,30	112,03	516,38	15,18		<b>768,95</b>
273	911,97	411,27	199,35					<b>1.522,58</b>
274	1.332,55	215,34	377,80	767,07				<b>2.692,75</b>
276	2.154,80	2,65	181,89					<b>2.339,34</b>
277	487,63		64,45	6,71				<b>558,79</b>
278	1.213,12	8,24	197,60					<b>1.418,96</b>
280	1.330,70		56,55					<b>1.387,25</b>
282	738,50							<b>738,50</b>
283	2.324,47	9,18						<b>2.333,64</b>
284	663,36	116,21	281,29			196,33		<b>1.257,18</b>
286	3.004,87	458,24	49,73					<b>3.512,85</b>
288	2.924,92	42,55			32,65			<b>3.000,13</b>
289	1.569,88							<b>1.569,88</b>
291	638,30	131,75						<b>770,04</b>
293		115,91	141,14	93,01	137,75		613,45	<b>1.101,26</b>
294	177,93	1.026,20	444,21	1.363,05	445,93			<b>3.457,32</b>
296				117,54	110,68			<b>228,22</b>
297	773,03		526,19	413,25		187,65		<b>1.900,11</b>
298	121,09	232,62	395,50		108,72	351,86		<b>1.209,79</b>
299		289,85		656,44	111,26	206,21		<b>1.263,76</b>
317		82,91	475,45		87,94	246,00	177,86	<b>1.070,16</b>
318	1.358,39	572,47						<b>1.930,86</b>
320	389,55	1,20	610,85	430,01				<b>1.431,61</b>
322	1.248,50	574,28	300,68					<b>2.123,46</b>
323	1.657,69	317,72	116,60					<b>2.092,01</b>
324	2.455,95	2,32			113,53			<b>2.571,80</b>
325	721,75	612,90		87,55				<b>1.422,19</b>

Agrupación	PEAD 25-16	PEAD 32-10	PEAD 40-10	PEAD 50-10	PEAD 63-10	PEAD 75-10	PEAD 90-10	Total general
328	32,30	244,08	395,93					672,31
<b>TOTAL</b>	<b>54.174,90</b>	<b>26.592,19</b>	<b>16.696,38</b>	<b>12.015,44</b>	<b>4.546,05</b>	<b>1.627,22</b>	<b>791,30</b>	<b>116.443,49</b>

**Tabla 55.** Longitud de tubería secundaria por agrupación y por diámetro. Gravedad Ramal G-2.

Agrupación	PEAD 25-16	PEAD 32-10	PEAD 40-10	PEAD 50-10	PEAD 63-10	PEAD 75-10	PEAD 90-10	Total general
115			6,31	227,97	27,56			261,84
116	399,65	246,23	117,70	98,05	2,37	52,13		916,14
118	817,68	413,60	83,14		96,29			1.410,72
123		618,37	14,89				8,93	642,18
124	1.682,78	183,18		19,39				1.885,34
129		403,24	210,77		241,49			855,50
130		493,37	446,11	189,42				1.128,89
131	272,65	600,20		234,71				1.107,56
132	862,38	2.479,96	3,47					3.345,82
135	73,56	286,30	705,85			3,59		1.069,30
136	94,36	119,37	1.068,45		616,95			1.899,12
137		549,06	385,26	464,85	12,66			1.411,84
138	4.399,62	1.913,59	110,13	575,46				6.998,80
142	195,13	95,86	797,67	229,21				1.317,87
143	1.545,13	731,67	1.288,28	530,90				4.096,00
144	931,96	770,74	1.075,05		3,39			2.781,14
145	758,35			21,77	172,58			952,71
146	2.109,49	677,07	788,38					3.574,94
147	488,40	2.606,12	453,87	148,40				3.696,79
151		529,27	220,15	790,68				1.540,11
152	220,99	641,89	83,18	154,99	330,74			1.431,79
155	757,23	1.001,07	385,06		163,93	323,97		2.631,26
156	570,01	3.662,13	533,17	10,73				4.776,04
157	1.074,11	200,06	2,50	383,17		222,07		1.881,90
158	2.465,07		743,19	544,38	392,37			4.145,02
160	3.740,99	900,34	132,05	89,90				4.863,28
161	1.738,37	1.132,41	263,68			4,37		3.138,83
164	2.924,65	1.080,76	928,25					4.933,66
182		605,15	3,16	380,49		41,45		1.030,26
183	347,23	895,32	46,03					1.288,58
184		242,30	526,46	44,34				813,10
186	594,58	372,54	402,97	163,77				1.533,85
187	1.692,87	391,30	37,68	461,44				2.583,29
188		116,84	265,23	86,76	156,66			625,49
190	958,33	1.702,48	393,89	13,35				3.068,05
191	1.045,85	528,81	590,72	500,60				2.665,97
192	1.086,98	772,76	5,39					1.865,13

<b>Agrupación</b>	<b>PEAD 25-16</b>	<b>PEAD 32-10</b>	<b>PEAD 40-10</b>	<b>PEAD 50-10</b>	<b>PEAD 63-10</b>	<b>PEAD 75-10</b>	<b>PEAD 90-10</b>	<b>Total general</b>
195			48,16	75,57		11,48		135,22
198		105,70	92,12	10,13	109,62	58,42		376,00
199		154,12	235,82	451,23				841,18
200		173,33		2.031,19	655,75	792,76		3.653,03
201	104,28	304,99	171,72	78,13				659,11
206	2,45	148,62	485,10	202,86				839,04
207		475,20	771,96	1.397,35				2.644,52
208			1.904,92	484,97	42,59			2.432,49
209		332,42	1.148,61	834,68	1.138,13			3.453,84
210		1.200,61	449,25	870,06				2.519,92
211		1.662,79		778,57			2,44	2.443,80
212	1.213,11	250,66	589,00	687,97	252,55			2.993,29
213	1.024,35	289,03			105,26		252,97	1.671,61
214		186,72	561,54			5,66		753,92
215							5,38	5,38
217		1.463,42	1.470,22		487,62			3.421,25
218		38,32		850,37	95,97			984,65
219	1.419,55	1.021,07	825,53	7,42	117,81			3.391,38
220	776,38	701,54	413,79	378,04		7,29		2.277,05
221	48,93	197,43	1.000,10	1.050,40	8,34			2.305,20
224			304,48	897,46	1.457,73	5,50		2.665,17
225	255,30	384,37	1.046,27	1.815,02	5,47			3.506,42
227	338,34	5,49	913,51	1.519,35	531,09			3.307,78
232	229,28	401,15	197,80					828,23
233	580,67	1.693,81	406,68	284,73				2.965,89
234	517,63	251,06			41,32		91,09	901,10
235	60,45	14,08	117,97	181,60	8,83		160,17	543,09
236		244,77		3,84	549,48	230,95	236,42	1.265,47
237			243,86	38,03	103,20		148,00	533,10
238		164,82		24,48				189,30
242	1.715,61	529,60	9,25					2.254,46
303		196,91	615,80	191,65	251,36			1.255,72
304							5,24	5,24
305	894,79	785,30	741,02	50,71	171,79			2.643,61
307	622,79	452,81	174,31	82,85	173,00			1.505,76
308	1.368,73	1.768,35	48,98	172,99	170,18			3.529,24
309	362,33	751,56	1.197,46	337,48	280,02			2.928,85
310		1.594,81	208,39	160,75		83,90		2.047,85
311	590,86	2.527,95	576,87	2,33	239,83			3.937,83
312	447,22	754,59		313,68	284,33	183,12		1.982,94
313	2.488,33	1.464,23	458,33				3,53	4.414,42
314	2.339,22	224,25						2.563,47
319	222,08	57,83	418,48	842,28		581,56		2.122,23
326	888,67	808,79		491,26	41,28			2.230,00

Agrupación	PEAD 25-16	PEAD 32-10	PEAD 40-10	PEAD 50-10	PEAD 63-10	PEAD 75-10	PEAD 90-10	Total general
327	864,10	184,98	255,74					<b>1.304,83</b>
329	1.231,78	568,23						<b>1.800,00</b>
330	282,51	661,13	184,77					<b>1.128,40</b>
<b>Total general</b>	<b>54.738,13</b>	<b>53.160,22</b>	<b>31.405,92</b>	<b>23.964,19</b>	<b>9.539,54</b>	<b>2.608,22</b>	<b>914,17</b>	<b>176.330,38</b>

**Tabla 56.** Longitud tubería secundaria por agrupación y por diámetro. Subsector Bombeo Bajo.

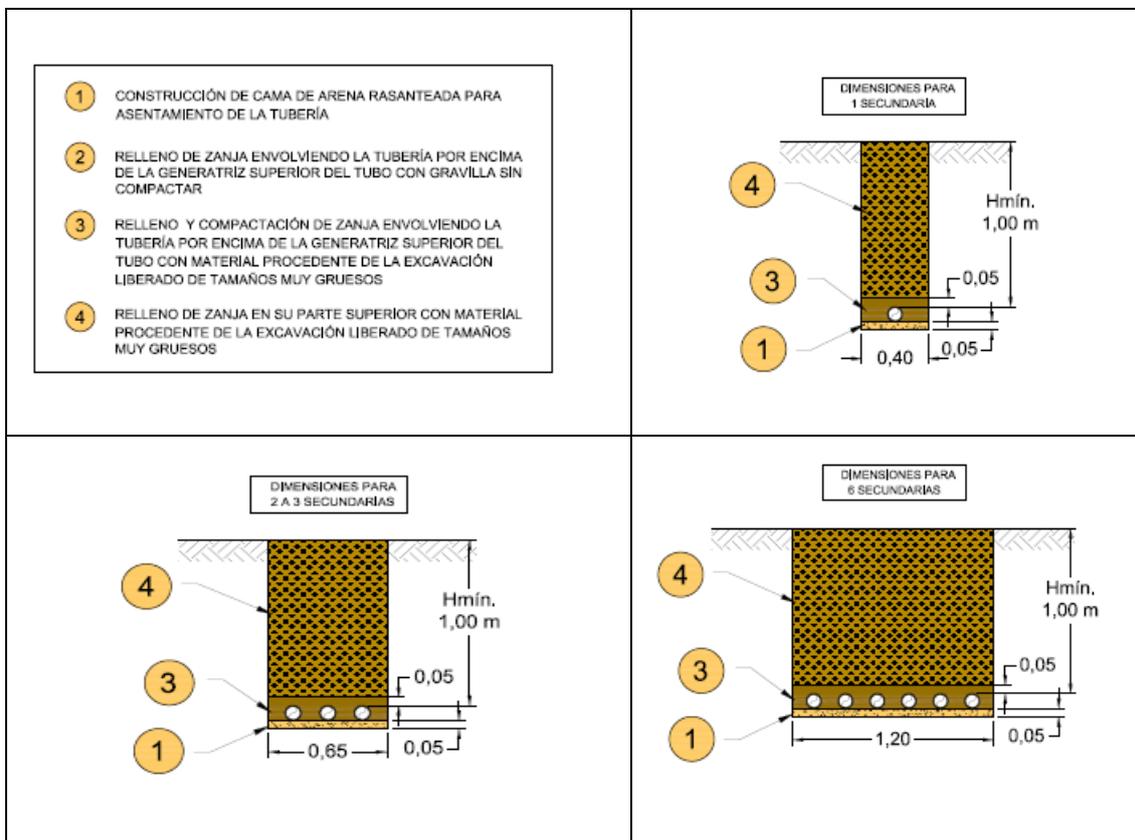
Agrupación	PEAD 25-16	PEAD 32-10	PEAD 40-10	PEAD 50-10	PEAD 63-10	PEAD 75-10	PEAD 90-10	Total general
2	66,39	597,28	1,78			106,37		771,81
3	25,36	47,22	813,66	3,36				889,60
4		10,84	394,88	222,08	595,94			1.223,74
5			8,52	199,20			19,71	227,44
6				1.020,05	1.231,78		443,88	2.695,71
7			281,04	114,72	898,55	557,81	906,78	2.758,90
9	108,19	61,13	458,68	288,83	136,51			1.053,34
10	5,71			309,36		70,94	550,85	936,86
12					789,30		601,79	1.391,09
14	7,49	200,65		638,92		4,81		851,87
15			82,91	1.220,37	567,34		238,95	2.109,58
20		3,26		3.376,65				3.379,90
21			117,19	150,71	467,13			735,03
22		13,85	55,33	224,37	87,86	397,37		778,77
28			631,37	300,45		375,09		1.306,91
36			177,32	830,00	120,05	212,62		1.339,99
37		96,29	351,63	280,82	127,35	381,62	237,86	1.475,57
38		253,70		548,28	239,00			1.040,97
41	9,91	214,63	318,19	283,67	47,95		5,51	879,85
50			357,94	1.831,89	147,07		120,52	2.457,42
52		137,23	123,36	67,35	285,02	247,77		860,73
53			4,40	761,97	66,69		166,86	999,92
56			351,00	436,95	510,62			1.298,56
58	45,64	32,85	593,45	137,83				809,77
60	216,11		395,10	157,81		220,30		989,33
61	50,83	238,39	516,14	384,88	217,70			1.407,94
64				471,47			106,97	578,44
316		32,47		296,79		11,94		341,21
<b>Total general</b>	<b>535,63</b>	<b>1.939,78</b>	<b>6.033,87</b>	<b>14.558,77</b>	<b>6.535,85</b>	<b>2.586,66</b>	<b>3.399,69</b>	<b>35.590,26</b>

**Tabla 57.** Longitud de tubería secundaria por agrupación y por diámetro. Tabla Resumen.

Sector	RESUMEN							TOTAL
	Tubería							
	PEAD 25-16	PEAD 32-10	PEAD 40-10	PEAD 50-10	PEAD 63-10	PEAD 75-10	PEAD 90-10	
Sector de Gravedad 1	54.174,90	26.592,19	16.696,38	12.015,44	4.546,05	1.627,22	791,30	116.443,49
Sector de Gravedad 2	54.738,13	53.160,22	31.405,92	23.964,19	9.539,54	2.608,22	914,17	176.330,38
Sector de Bombeo Bajo	535,63	1.939,78	6.033,87	14.558,77	6.535,85	2.586,66	3.399,69	35.590,26
<b>TOTAL</b>	<b>109.448,66</b>	<b>81.692,20</b>	<b>54.136,16</b>	<b>50.538,40</b>	<b>20.621,44</b>	<b>6.822,10</b>	<b>5.105,16</b>	<b>328.364,13</b>

8.6.4.3.4 Zanjas tipo para las tuberías de la red secundarias

En el plano «12.1 Detalles redes de riego. Secciones zanjas tuberías» se muestran en detalle todas las secciones tipo para cada tipo de tubería y diámetro. A continuación de muestran figuras donde se puede apreciar cómo es cada zanja tipo:



**Figura 19.** Ejemplos de secciones de zanjas tipo

En el Apéndice 4 «Tuberías secundarias» del Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se recoge el cálculo del movimiento de tierras.

### 8.6.5 Piezas especiales de calderería

Toda la calderería de las piezas especiales será conforme a lo recogido en el epígrafe 3.3.45 del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Los materiales a emplear para los distintos elementos serán: Tubos y chapas de acero al carbono S 275 JR; Bridas normalizadas de acero al carbono S 235 JR; Tornillería calidad 8.8 cincada y juntas de estanquidad de goma natural EPDM.

Los espesores mínimos a emplear en las piezas serán los siguientes según la norma UNE-EN 10224:2003/A1:2006 «Tubos y accesorios de acero no aleado para la conducción de agua y otros líquidos acuosos. Condiciones técnicas de suministro» (si bien también se usan habitualmente la DIN 2458 o la AP 5L).

**Tabla 58.** Espesores mínimos piezas calderería

$\varnothing \leq 250$ mm	e = 4 mm
300-400 mm	e = 5 mm
500-600 mm	e = 6,3 mm
700-800 mm	e = 7,1 mm

El sistema de pintura a aplicar deberá ser adecuado para la protección contra la corrosión, conforme a la norma UNE-EN ISO 12944-1:2018 «Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general. (ISO 12944-1:2017)». Se requerirá que el sistema de protección empleado sea, como mínimo, de la categoría C3 y durabilidad VH (muy alta). El espesor de epoxi será mínimo de 200 micras. Las piezas especiales que queden enterradas serán recubiertas exteriormente por hormigón (excepto las bridas) que servirá tanto para protección contra la corrosión como anclaje de las piezas especiales.

En caso de instalación en el interior de arquetas con o sin tapa o drenaje, estos se considerarán incluidos en la categoría Im1 (agua dulce), en cuyo caso la preparación de superficies debe ser Sa 3 (cuando se trate de sistemas C4 o Im1 a Im4 de durabilidad alta o muy alta). Se aplicarán dos capas de epoxi hasta alcanzar 350 micras.

Las piezas especiales para las tuberías de PE-100 se realizarán con piezas electrosoldables o bien fabricadas en el mismo material que la tubería y unidas a esta mediante soldadura a tope.

El cálculo de los pesos de las piezas especiales se recoge en cada uno de los apéndices de cada tipo de tuberías, así como los anclajes de dichas piezas especiales, que se diseña en el Anejo 9 «Cálculo mecánico de tuberías», pero sus mediciones se proporcionan junto a cada pieza especial. En el Plano 6 «Redes Primarias Ramal G-1», Plano 7 «Redes Primarias Ramal G-2»

y Plano 8 «Redes Primarias Ramal Bombeo Bajo» se recogen todas las piezas especiales de la red de tuberías.

**En las mediciones del presupuesto los cálculos de los pesos de las piezas especiales se han incrementado en un 5% para tener en cuenta el peso de las soldaduras, pinturas, tornillería, etc.**

### **8.6.6 Movimiento de tierras: zanjas para tuberías**

El movimiento de tierras para zanjas de las tuberías contempladas en el Proyecto que incluye las siguientes:

- Red de riego primaria
- Red de riego secundaria

Para la tubería de transporte y la red primaria se han tomado los listados de movimiento de tierras calculados con el programa Autocad Civil de los perfiles transversales del plano N° 6 «Redes Primarias Ramal G-1», plano N° 7 «Redes Primarias Ramal G-2» y plano N° 8 «Redes Primarias Ramal Bombeo Bajo». Se han aplicado las secciones tipo recogidas en el plano N° 12.1 «Detalles redes de riego. Secciones zanjas tuberías» se muestran en detalle todas las secciones tipo para cada tipo de tubería y diámetro.

Para la tubería secundaria se han obtenido las mediciones en base a las longitudes de cada sección tipo de zanja conforme el plano N° 12.1 «Detalles redes de riego. Secciones zanjas tuberías» y el plano N° 9 «Redes Secundarias Ramal G-1», plano N° 10 «Redes Secundarias Ramal G-2», y plano N° 11 «Redes Secundarias Ramal Bombeo Bajo».

El cálculo de los movimientos de tierras se recoge en cada uno de los apéndices de cada tipo de tuberías: primarias y secundarias (ver Anejo n° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos»).

En el Anejo n° 6 «Geología, geotecnia y estudio de materiales» se recoge un apartado dedicado a la excavabilidad de las zanjas para las tuberías. En base a esto, se diseñan en la mayoría con un nivel de excavabilidad bueno, terreno franco, a excepción de los tramos concretos identificados con excavación en terreno compacto, tránsito y en terrenos duro, donde se prevé el uso de zanjadora (y puntualmente de martillo hidráulico para picar), lo cual se recoge con detalle en los apéndices de cálculo de movimiento de tierras de cada tubería (ver Anejo n° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos»).

El total de las excavaciones de las tuberías primarias y secundarias se recoge en la siguiente tabla.

**Tabla 59.** Movimiento de tierras tuberías primarias y secundarias

MOVIMIENTO DE TIERRAS TUBERIAS PRIMARIAS	VOLUMENES (m <sup>3</sup> )			
	RAMAL G-1	RAMAL G-2	RAMAL BB	TOTALES
Excavación mecánica zanja tuberías, terreno roca		167,71		167,71
Excavación mecánica zanja tuberías, terreno compacto	7.210,74	4.105,02	686,55	12.002,31
Excavación mecánica zanja tuberías, terreno tránsito		3.624,02		3.624,02
Excavación mecánica zanja tuberías, zanjadora	1.295,06	10.256,08	790,81	12.341,95
Excavación mecánica zanja tuberías, terreno franco-ligero	19.752,43	28.970,20	14.695,21	63.417,84
Construcción cama tuberías, D<= 20 km	1.200,51	2.135,41	749,47	4.085,39
Relleno zanjas con gravilla obtenida en obra, D<=20 km		504,98		504,98
Relleno, compactado mecánico zanjas, material seleccionado procedente de las propias excavaciones	3.460,44	5.299,98	2.966,16	11.726,58
Relleno, compactado mecánico zanjas, material procedente de las propias excavaciones	1.231,88	877,44		2.109,32
Relleno mecánico de zanjas	21.275,94	35.198,79	11.458,11	67.932,84
Extendido tierras hasta 10 m	2.667,84	6.693,54	2.036,77	11.398,15

MOVIMIENTO DE TIERRAS TUBERIAS SECUNDARIAS	VOLUMENES (m <sup>3</sup> )			
	RAMAL G-1	RAMAL G-2	RAMAL BB	TOTALES
Excavación mecánica zanja tuberías, terreno compacto	4.832,00	9.229,83	834,54	14.896,37
Excavación mecánica zanja tuberías, zanjadora	2.965,60	11.191,45	660,12	14.817,17
Excavación mecánica zanja tuberías, terreno franco-ligero	28.036,05	33.071,78	9.486,42	70.594,25
Construcción cama tuberías, D<= 20 km	1.562,70	2.333,76	479,09	4.375,55
Relleno, compactado mecánico zanjas, material seleccionado procedente de las propias excavaciones	3.256,06	4.185,52	1.035,70	8.477,28
Relleno mecánico de zanjas	30.158,60	45.672,53	9.218,24	85.049,37
Extendido tierras hasta 10 m	6.895,02	10.290,85	2.115,31	19.301,18

### 8.6.7 Ventosas

Se diseñan para este proyecto ventosas trifuncionales. Presentan dos orificios de diferente sección y requieren menor espacio que el que ocuparían dos cuerpos diferentes para realizar dichas tres funciones, siendo su fiabilidad muy elevada.

El dimensionado de este tipo de ventosa se realiza eligiendo como tamaño óptimo el mayor de los obtenidos para el llenado, vaciado y purga.

Las recomendaciones de localización de las válvulas ventosa son:

- Puntos en que la línea de corriente varía respecto a la línea piezométrica (tanto incrementando o disminuyendo la pendiente): doble efecto.
- Puntos elevados de la tubería (arqueta válvula): doble efecto.

- Ramales largos de pendiente uniforme: doble efecto cada 500 a 1000 metros.
- Salida de los grupos de bombeo: efecto cinético en un punto alto antes de la válvula de retención.
- A la entrada de instrumentos de medición (contadores): doble efecto.
- A la salida de válvulas reductoras de presión: efecto automático.
- Reducciones del diámetro de la tubería: efecto automático.
- Cabezales de filtración: doble efecto en un punto alto.
- Depresiones en la línea de corriente: doble efecto en cada lado de la depresión.

Por otro lado, en cuanto al vaciado de la conducción, si consideramos un valor de 3,5 mca para la depresión diferencial máxima tolerable por la tubería y presuponemos un vaciado de la tubería con el mismo caudal de diseño considerado para el dimensionado de la red; entrando nuevamente en las mismas gráficas, obtenemos unos nuevos puntos de intersección que quedan a la derecha de la curva correspondiente a la ventosa siendo, por consiguiente, esta la que se precisaría para esta misión.

El dimensionamiento de las ventosas se recoge Anejo N° 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos», con los siguientes resultados en función del diámetro de la tubería sobre la que se instalan:

**Tabla 60.** Dimensionamiento ventosas

D (mm)	Material	Ventosa (mm)
710	PVC-O	100
630	PVC-O	100
500	PVC-O	100
450	PEAD	80
400	PVC-O	80
315	PVC-O	80
250	PVC-O	50
200	PVC-O	50
160	PVC-O	50
140-125-110	PVC-O	50
< 110	PEAD	25

En las redes secundarias con tuberías de un máximo de 90 mm de diámetro se diseñan ventosas de 1". Todas las ventosas serán PN 16 atm.

En las conducciones de mayor diámetro, dada su importancia en las instalaciones de riego, se diseñan dobles ventosas en candelabro para mayor garantía de funcionamiento.

En el plano N° 12.5 «Ventosas» se definen las ventosas y en los planos N° 6 «Redes Primarias Ramal G-1», plano N° 7 «Redes Primarias Ramal G-2» y plano N° 8 «Redes Primarias Ramal Bombeo Bajo» y plano N° 9 «Redes Secundarias Ramal G-1», plano N° 10 «Redes Secundarias Ramal G-2», y plano N° 11 «Redes Secundarias Ramal Bombeo Bajo». se recoge su ubicación sobre las tuberías. En cada uno de los apéndices de cada tipo de tuberías se recoge expresamente su ubicación y dimensiones.

En las siguientes tablas se muestran todas las ventosas diseñadas para la red primaria (183 unidades) y la red secundaria (229 unidades).

**Tabla 61.** Ventosas instaladas en el Sector de Gravedad Ramal G-1

RAMAL	Ventosa 100 mm sobre tub. 710 mm	Ventosa 100 mm sobre tub. 630 mm	Ventosa 100 mm sobre tub. 500 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 450 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 400 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 315 mm	Ventosa 50 mm sobre tub. 250 mm	Ventosa 50 mm sobre tub. 200 mm	Ventosa 50 mm sobre tub. ≤160 mm	Ventosa 25 mm sobre tub. ≤90 mm	TOTAL/RAMAL
G-1		1	6	1	4	3	2	1	1		<b>19</b>
G-1-10									1		<b>1</b>
G-1-10-1									1		<b>1</b>
G-1-11									3		<b>3</b>
G-1-12									3		<b>3</b>
G-1-12-1									1		<b>1</b>
G-1-12-2									1		<b>1</b>
G-1-13									1		<b>1</b>
G-1-14									1		<b>1</b>
G-1-15									3		<b>3</b>
G-1-15-2									1		<b>1</b>
G-1-16									1		<b>1</b>
G-1-17									1		<b>1</b>
G-1-18							5		2		<b>7</b>
G-1-18-1									1		<b>1</b>
G-1-18-2									2		<b>2</b>
G-1-18-3									1		<b>1</b>
G-1-19						2			2		<b>4</b>
G-1-19-1									1		<b>1</b>
G-1-19-2									1		<b>1</b>
G-1-19-2-1									1		<b>1</b>
G-1-20									3		<b>3</b>
G-1-20-2									1		<b>1</b>
G-1-21									1		<b>1</b>
G-1-23									2		<b>2</b>
G-1-24									1		<b>1</b>
G-1-25									1		<b>1</b>
G-1-26									1		<b>1</b>
G-1-27									1		<b>1</b>
Secundaria										41	<b>41</b>
<b>TOTAL</b>	0	1	6	1	4	5	7	1	41	41	<b>107</b>

**Tabla 62.** Ventosas instaladas en el Sector de Gravedad Ramal G-2

RAMAL	Ventosa 100 mm sobre tub. 710 mm	Ventosa 100 mm sobre tub. 630 mm	Ventosa 100 mm sobre tub. 500 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 450 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 400 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 315 mm	Ventosa 50 mm sobre tub. 250 mm	Ventosa 50 mm sobre tub. 200 mm	Ventosa 50 mm sobre tub. ≤160 mm	Ventosa 25 mm sobre tub. ≤90 mm	TOTAL/RAMAL
G-2	4	16			7	4	2	4	4		<b>41</b>
G-2-1									2		<b>2</b>
G-2-3								1	3		<b>4</b>
G-2-5									3		<b>3</b>
G-2-5-1									1		<b>1</b>
G-2-7								1	1		<b>2</b>
G-2-8									1		<b>1</b>
G-2-9									1		<b>1</b>
G-2-10									1		<b>1</b>
G-2-12					1	3	1	1	1		<b>7</b>
G-2-12-1						4	1	1			<b>6</b>
G-2-12-1-1									2		<b>2</b>
G-2-12-2									1		<b>1</b>
G-2-12-3							1				<b>1</b>
G-2-15-1									1		<b>1</b>
G-2-16							1		1		<b>2</b>
G-2-16-1									1		<b>1</b>
G-2-17									3		<b>3</b>
G-2-17-1									2		<b>2</b>
G-2-19									1		<b>1</b>
G-2-20									1		<b>1</b>
G-2-21									1		<b>1</b>
G-2-22									3		<b>3</b>
Secundaria										166	<b>166</b>
<b>TOTAL</b>	4	16	0	0	8	11	6	8	35	166	<b>254</b>

**Tabla 63.** Ventosas instaladas en el Sector de Bombeo Bajo

RAMAL	Ventosa 100 mm sobre tub. 710 mm	Ventosa 100 mm sobre tub. 630 mm	Ventosa 100 mm sobre tub. 500 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 450 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 400 mm	Ventosa 80 sobre tub. 315 mm	Ventosa 50 sobre tub. 250 mm	Ventosa 50 sobre tub. 200 mm	Ventosa 50 sobre tub. ≤160 mm	Ventosa 25 sobre tub. ≤90 mm	TOTAL/RAMAL
BB		2	12								14
BB-1							3	1	1		5
BB-1-1								1	1		2
BB-2									2		2
BB-3								1	1		2
BB-4									2		2
BB-5								2			2
Secundarias										22	22
<b>TOTAL</b>	0	2	12	0	0	0	3	5	7	22	51

**Tabla 64.** Resumen Ventosas instaladas.

RAMAL	Ventosa 100 mm sobre tub. 710 mm	Ventosa 100 mm sobre tub. 630 mm	Ventosa 100 mm sobre tub. 500 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 450 mm	Ventosa 80 mm sobre tub. 400 mm	Ventosa 80 sobre tub. 315 mm	Ventosa 50 sobre tub. 250 mm	Ventosa 50 sobre tub. 200 mm	Ventosa 50 sobre tub. ≤160 mm	Ventosa 25 sobre tub. ≤90 mm	TOTAL/RAMAL
RAMAL G-1	0	1	6	1	4	5	7	1	41		66
RAMAL G-2	4	16	0	0	8	11	6	8	35		88
Bombeo Bajo	0	2	12	0	0	0	3	5	7		29
Secundarias										229	229
<b>TOTAL</b>	4	19	18	1	12	16	16	14	83	229	412

### **8.6.8 Desagües de la red**

Se instalan en todos los puntos bajos de tuberías primarias y ramales para facilitar el vaciado de tuberías. Constarán básicamente de una válvula de compuerta del diámetro definido por el elemento, así como las piezas de calderería y piezas especiales para conexión de las válvulas y canalización de salida a desagüe natural. Dichos desagües se alojarán en el interior de una arqueta prefabricada de hormigón.

En función del diámetro de tubería y la velocidad en el desagüe no excederá de 3 m/s, se colocarán en número suficiente para desaguar toda la red de distribución en el menor periodo de tiempo siempre que la velocidad no exceda de 3 m/s. Los desagües permitirán que en su momento de máximo desagüe no se sobrepase el umbral de 0'35 bares de depresión interior en las ventosas instaladas.

En las tuberías primarias de  $D \leq 200$  mm se instalará una válvula de compuerta de 80 mm de diámetro y se conducirá el agua al arroyo más cercano con tubería de PEAD de 90 mm de diámetro y PN 10 atm. En las tuberías de  $200 \text{ mm} < D \leq 630$  mm se instalará una válvula de compuerta de 125 mm diámetro y se conducirá el agua al arroyo más cercano con tubería de PEAD de 140 mm de diámetro y PN 10 atm. En las tuberías de 710 mm se instalará una válvula de compuerta de 150 mm diámetro y se conducirá el agua al arroyo más cercano con tubería de PEAD de 160 mm de diámetro y PN 10 atm.

En la red secundaria no se instala ningún desagüe, por no ser necesario por su corto recorrido y sus pequeños diámetros.

En el plano 12.6 «Desagües» se definen y en el plano Nº 6 «Redes Primarias Ramal G-1», plano Nº 7 «Redes Primarias Ramal G-2» y plano Nº 8 «Redes Primarias Ramal Bombeo Bajo» se recoge su ubicación sobre las tuberías. En cada uno de los apéndices de cada tipo de tuberías se recoge expresamente su ubicación y dimensiones.

En las siguientes tablas se muestra un resumen de los desagües sobre los diámetros de tuberías que se instalan:

**Tabla 65.** Resumen tuberías de desagüe en el Sector Gravedad 1 Ramal G-1

RAMAL	DESAGÜES	500	400	315	160	140	125	110	TOTAL
G-1	D 125	2	1	1					4
	D 80							1	1
G-1-12	D 80					1			1
G-1-17	D 80							1	1
G-1-18	D 80					1			1
G-1-19	D 80							1	1
G-1-20	D 80							1	1
G-1-23	D 80							1	1
	<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>11</b>

**Tabla 66.** Resumen tuberías de desagüe en el Sector Gravedad 2 Ramal G-2

RAMAL	DESAGÜES	DIAMETROS TUBERIAS							TOTAL
		710	630	400	315	200	140	110	
G-2	D 150	1							1
	D 125		3	2	1				6
	D 80					1	1		2
G-2-10	D 80							1	1
G-2-12	D 125				1				1
G-2-12-1	D 125				1				1
G-2-16	D 80							1	1
G-2-22	D 80							1	1
	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>14</b>

**Tabla 67.** Resumen tuberías de desagüe en el subsector Bombeo Bajo

RAMAL	DESAGÜES	DIAMETROS TUBERIA		
		630	500	TOTAL
BB	D 125	1	1	2
	D 80			0
	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Tabla 68.** Resumen tuberías de desagüe

DESAGÜES (mm)	RAMAL G-1	RAMAL G-2	RAMAL BB	TOTAL
150	0	1		1
125	4	8	2	14
80	7	5		12
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>27</b>

En la red secundaria no hay desagües.

### 8.6.9 Válvulas de corte

Con el objeto de poder realizar manipulaciones en la tubería de distribución a la red primarias y sus ramales por motivos de mantenimiento, reparaciones u otras labores de regulación, se instalarán válvulas de corte distribuidas en puntos intermedios de la tubería principal y en cabecera de los ramales.

Para válvulas de diámetro igual o superior a 400 mm se opta por válvulas de mariposa con desmultiplicador. Para los diámetros menores de 400 mm se diseñan válvulas de compuerta como elementos de corte. Todas estarán protegidas por arquetas de diferentes tipos según los diámetros. Todas las válvulas de corte serán PN 16 atm.

En la red secundaria no se instala ninguna válvula de corte, por disponer de la existente en la caseta de cada agrupación para cada acometida.

En el plano 12.4 «Válvulas de corte» se definen y en el plano N° 6 «Redes Primarias Ramal G-1», plano N° 7 «Redes Primarias Ramal G-2» y plano N° 8 «Redes Primarias Ramal Bombeo Bajo» se recoge su ubicación sobre las tuberías. En cada uno de los apéndices de cada tipo de tuberías se recoge expresamente su ubicación y dimensiones.

En las siguientes tablas se muestra por ramales un resumen de las válvulas de corte proyectadas.

**Tabla 69.** Resumen válvulas de corte en el Sector Gravedad 1 Ramal G-1

RAMAL	V. MARIPOSA 600	V. MARIPOSA 500	V. MARIPOSA 400	V. COMPUERTA 300	V. COMPUERTA 250	V. COMPUERTA 200	V. COMPUERTA 150	V. COMPUERTA 125	TOTAL RAMAL
G-1	1	1	1				1		4
G-1-10								1	1
G-1-11							1		1
G-1-12						1			1
G-1-13								1	1
G-1-14								1	1
G-1-15						1			1
G-1-16								1	1
G-1-17								1	1
G-1-18					1			1	2
G-1-18-2							1		1
G-1-19				1					1
G-1-20								1	1
G-1-21							1		1
G-1-23							1		1
G-1-24							1		1
G-1-25								1	1
G-1-26								1	1
G-1-27								1	1
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>23</b>

**Tabla 70. Resumen válvulas de corte en el Sector Gravedad 2 Ramal G-2**

RAMAL	V. MARIPOSA 600	V. MARIPOSA 500	V. MARIPOSA 400	V. COMPUERTA 300	V. COMPUERTA 250	V. COMPUERTA 200	V. COMPUERTA 150	V. COMPUERTA 125	TOTAL RAMAL
G-2	2		1	1		1			5
G-2-1								1	1
G-2-2								1	1
G-2-3						1			1
G-2-5						1			1
G-2-6								1	1
G-2-7						1			1
G-2-8							1		1
G-2-9								1	1
G-2-10								1	1
G-2-11								1	1
G-2-12			1						1
G-2-12-1				1					1
G-2-12-1-1							1		1
G-2-13								1	1
G-2-14							1		1
G-2-15						1			1
G-2-16					1				1
G-2-17								1	1
G-2-21							1		1
G-2-22								1	1
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>25</b>

**Tabla 71. Resumen válvulas de corte en el subsector Bombeo Bajo**

RAMAL	V. MARIPOSA 600	V. MARIPOSA 500	V. MARIPOSA 400	V. COMPUERTA 300	V. COMPUERTA 250	V. COMPUERTA 200	V. COMPUERTA 150	V. COMPUERTA 125	TOTAL RAMAL
BB		1							1
BB-1					1				1
BB-2							1		1
BB-3						1			1
BB-4							1		1
BB-5						1			1
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>6</b>

**Tabla 72. Resumen válvulas de corte.**

Sector	V. MARIPOSA 600	V. MARIPOSA 500	V. MARIPOSA 400	V. COMPUERTA 300	V. COMPUERTA 250	V. COMPUERTA 200	V. COMPUERTA 150	V. COMPUERTA 125	TOTAL
RAMAL G-1	1	1	1	1	1	2	6	10	23
RAMAL G-2	2	0	2	2	1	5	4	9	25
RAMAL BB	0	1	0	0	1	2	2	0	6
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>54</b>

En la red secundaria no hay válvulas de corte.

## 8.7 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

El objetivo de este anejo es dotar a las nuevas instalaciones de riego de las infraestructuras de comunicaciones y control necesarias para que pueda realizarse un óptimo funcionamiento de los elementos hidráulicos situados en dicha red de riego.

El Sistema de Telecontrol está formado por los siguientes elementos principales:

1. CECO: Centro de Control ubicado en oficinas de la Comunidad de Regantes en Cuevas del Campo. Diseñado en el proyecto de Fase I.
2. OBRA DE TOMA Y Balsa: Estación remota de control con autómatas ubicada en la Balsa. Diseñado en el proyecto de Fase I.
3. ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO: Estación remota de control con autómatas ubicada en la estación de bombeo y filtrado. Diseñado en el proyecto de Fase I con las funcionalidades que correspondían a dicha fase.
4. CONCENTRADORAS Y REMOTAS EN HIDRANTES.- En cada hidrante o agrupación de hidrantes se instalará una remota y dada la distancia a salvar y/o el gran número de remotas existentes se dispondrán estaciones concentradores. Diseñado en el proyecto de Fase I con las funcionalidades que correspondían a dicha fase.

Como la obra completa de modernización se ejecutará por fases ha sido necesario dimensionar el sistema de control y automatización de forma integral, aunque en cada fase sólo se instalen los elementos que a dicha fase correspondan.

Además, **el sistema proyectado debe ser compatible con el telecontrol existente en la Colectividad de Pozo Alcón e Hinojares**. Todos los sistemas que se diseñan para el telecontrol en el presente proyecto de la Colectividad de Cuevas del Campo también deberán ser compatibles con lo existente en la Colectividad de Pozo Alcón e Hinojares, ya que son una única Comunidad de Regantes y en el futuro tendrán que gestionar infraestructuras comunes y dar servicio de forma indistinta tanto a los residentes de Pozo Alcón que tienen sus parcelas en Cuevas del Campo como al contrario. **Para ello las unidades remotas a instalar en este proyecto también deben ser operables con el software de gestión y SCADA ya diseñado para la Colectividad de Cuevas del Campo con el proyecto de la Fase I.**

En el actual proyecto para la Fase II se contempla incrementar el número de remotas en campo y realizar la configuración del SCADA y *software* de gestión para incluir las nuevas remotas y las funcionalidades de la estación de bombeo y filtrado con el campo solar ligado a ella. Todo el *hardware* y *software* del centro de control y de la estación de bombeo y filtrado se recogió en el

proyecto de Fase I, con lo que en la Fase II solo quedará ampliar los programas de control sobre los existentes.

**El conjunto del telecontrol y, por tanto, la aplicación de control SCADA y la aplicación de gestión estarán implementadas para cumplir la norma de interoperabilidad UNE 318002-3 «Técnicas de riego. Telecontrol de zonas regables. Parte 3: Interoperabilidad».**

#### **8.7.1 Red de alta**

La RED DE ALTA fue diseñada completamente en la Fase I, en lo que a *hardware* se refiere.

Los puntos de control de RED DE ALTA cuentan con autómatas con altas prestaciones de procesamiento de señal y consumo bajo.

Desde la balsa a través de la tubería de transporte llegará el agua hasta la estación de bombeo y filtrado y desde ella se distribuye hacia el Sector de Bombeo y el Sector de Gravedad. Al realizarse las obras por fases, en la Fase I solo se actuó en parte del Sector de Gravedad, pero para todo el diseño del sistema de automatización y control ya se tuvieron en cuenta todas las futuras instalaciones para el dimensionamiento del autómata y comunicaciones necesario, así como la alimentación solar del conjunto.

Los puntos de control son los siguientes:

**Tabla 73.** Características puntos de control (Red alta)

PUNTOS DE CONTROL EN RED DE ALTA		
ID	INSTALACIÓN	CONTROL PRINCIPAL
<b>BALSA</b>	<b>Balsa y obra de toma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuación compuerta motorizada obra de toma (1)</li> <li>- Actuación y monitorización de compuerta-caudalímetro en obra de toma (1)</li> <li>- Lectura Nivel canal (1)</li> <li>- Lectura Nivel Balsa (1).</li> <li>- Boyas máximo-mínimo</li> <li>- Dispositivos ultrasonidos en balsa</li> <li>- Actuación Válvulas de Corte Motorizadas a la salida de balsa (2): Apertura/Cierre.</li> <li>- Lectura Presión en salida balsa (1).</li> <li>- Lectura Caudalímetro salida balsa (1).</li> <li>- Sistema de vigilancia</li> </ul>
<b>BOMBEO-FILTRADO</b>	<b>Estación de bombeo y filtrado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuación Válvulas de Corte Motorizadas a la salida de gravedad (3): Apertura/Cierre</li> <li>- Actuación sobre batería de filtros (hasta un máximo de 22 filtros dobles).</li> <li>- Lectura presión aguas arriba y aguas abajo (4).</li> <li>- Lectura detector de flujo (6)</li> <li>- Lectura Caudalímetros Bombeo y Gravedad (3).</li> <li>- Monitorización de sistema fotovoltaico de abastecimiento de energía para nave</li> <li>- Actuación futura incorporación de control de Bombas (3 variadores de velocidad híbridos en Fase II y otros en Fase III).</li> <li>- Actuación futura incorporación de control de campo fotovoltaico para bombeo con monitorización de todas las cajas <i>string</i>.</li> <li>- Sistema de vigilancia</li> </ul>

### 8.7.2 Red de baja

Para la RED DE BAJA se utilizan concentradoras y remotas para control de hidrantes de bajo consumo, cuyo diseño específico minimiza la necesidad de consumo de energía eléctrica y que por tanto son las más adecuadas para su utilización en campo abierto. Estas requieren una alimentación mínima al estar optimizado su diseño en ese sentido, realizada con pilas

convencionales. Esto permite un sondeo frecuente de las remotas.

En la Fase I ya se instalaron 44 remotas y una concentradora.

**Tabla 74.** Características puntos de control (Red baja)

PUNTOS DE CONTROL EN RED DE BAJA		
ID	INSTALACIÓN	CONTROL PRINCIPAL
REM45 a REM229	Remota nº 45 a nº 229	N salidas individuales futuras (hasta un máximo de 20) - Actuación Válvulas Hidráulicas (1): Apertura/Cierre. - Lectura contador (N). - Lectura de presión (N en puntos seleccionados) - Intrusismo
CON02	Concentradora nº 2	- Concentran la comunicación de varias remotas y comunican con el Centro de Control - Ubicada en la estación de bombeo y filtrado

### 8.7.3 Sistema de comunicaciones.

El sistema de comunicaciones está estructurado en dos niveles:

- COMUNICACIÓN (Centro de Control, en adelante CECO) – RED DE ALTA. Proyectado en la Fase I.
  - RED DE ALTA:
    - Balsa
    - Estación de bombeo y filtrado

El CECO se encuentra ubicado en las oficinas de la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada), Calle Verjas, n.º 1. Entre el CECO y la RED DE ALTA se ha establecido una VPN (*Virtual Private Network* o Red Privada Virtual). Se dispone en la oficina de la Colectividad de una conexión ADSL/FIBRA suficientemente ágil, así como de una dirección IP fija para el rúter VPN.

Los autómatas de control de la Red de Alta comunican vía 4G, con el Centro de Control mediante la VPN Establecida. Proyectado en la Fase I.

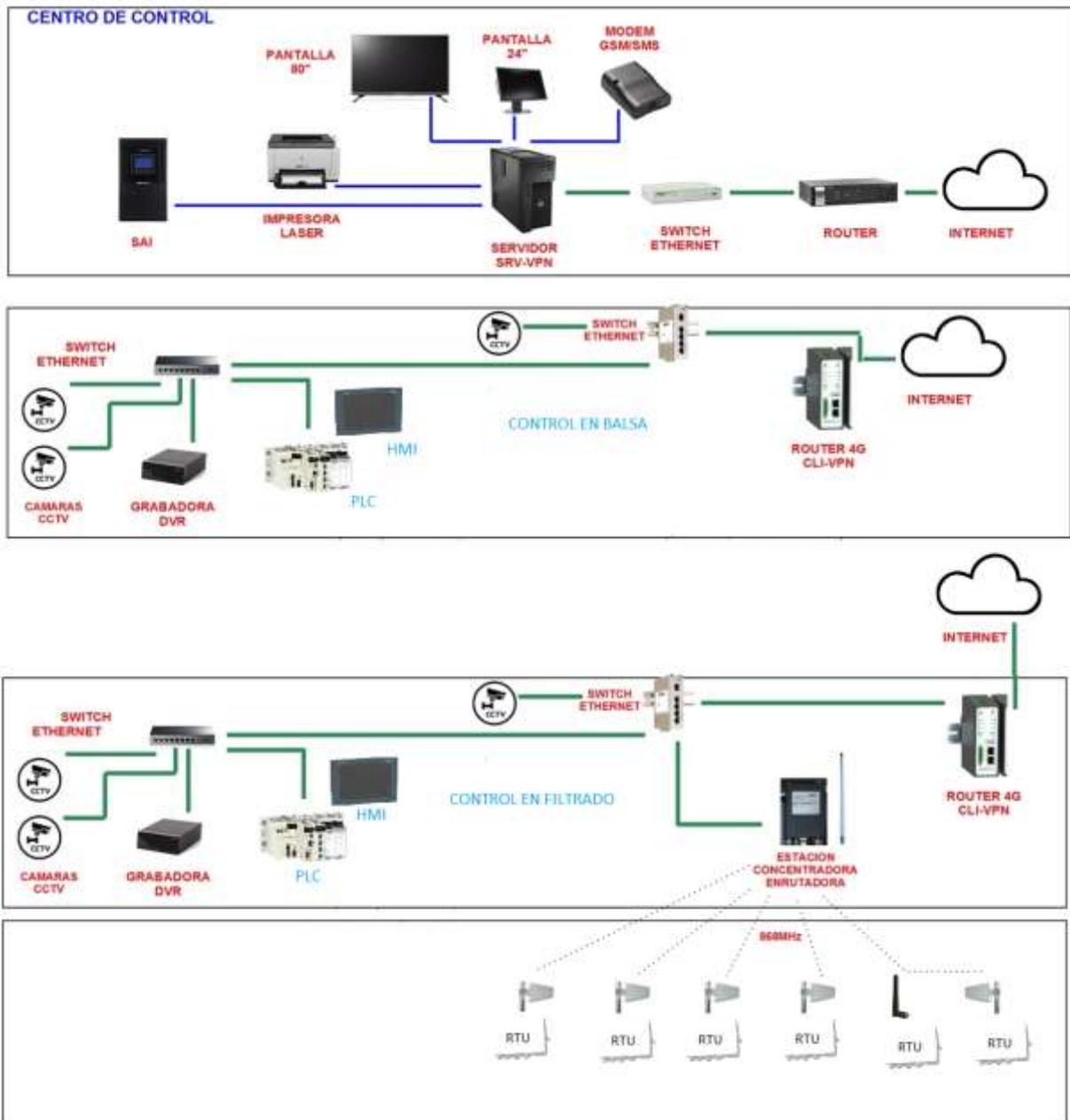
- COMUNICACIONES CONCENTRADORAS - CECO:
  - Centro de Control- Filtrado

Los autómatas de control de la Red de Alta comunican vía 4G con el Centro de Control mediante la VPN Establecida.

- **COMUNICACIONES RED DE BAJA - CONCENTRADORAS:**

Las remotas de control de la Red de Baja comunican mediante radio libre de licencia a frecuencia 869 MHz a 500 mW de potencia de transmisión con la Estación Concentradora (ECC) de la estación de bombeo y filtrado, donde se proyectó esta concentradora para la Fase I que realiza la función de enrutar las comunicaciones recibidas desde el SCADA del CECO a la remota de campo correspondiente y viceversa. En la presente Fase II se añadirá una nueva concentradora en la estación de bombeo y filtrado.

El esquema de configuración final de la instalación quedó estructurado de la siguiente forma:



**Esquema 3.** Configuración final de la instalación

El sistema permite un tiempo de *polling* de 12 min en la Red de Baja (para 500 remotas) y un tiempo de refresco casi instantáneo (<1 minuto) en la Red de Alta. No obstante, dado que el sistema dispone de un sistema de transmisión de alarmas críticas de forma espontánea entre remotas de riego (Red de Baja) y Concentradora, es posible alargar dicho tiempo de *polling*, disminuyendo considerablemente el número de datos a tratar por el sistema de almacenamiento e información, la mayoría invariantes. El tiempo de *polling* del sistema es configurable por el usuario, con un tiempo mínimo de 12 minutos para la Red de Baja y 15 segundos para la Red de Alta.

El sistema optimiza las comunicaciones buscando una solución de compromiso entre la frecuencia de lectura de variables críticas y el tiempo total de *polling* que se ve afectado por las interrupciones en búsqueda de dichas alarmas.

Los autómatas no necesitarán elemento intermedio (Concentrador) para el enrutamiento de los datos, por lo que la información que se recibe a través del rúter 4G, desde cada uno de los puntos de control, es transmitida a través del túnel VPN directamente al Centro de Control, teniendo un tiempo de refresco de los datos en el Scada del puesto Central en torno a 15 s.

En cada autómatas PLC de control de la Red de Alta se ha previsto una tarjeta de comunicaciones 4G que podría potenciar la arquitectura del Sistema de Comunicaciones:

- Permite el acceso remoto al PLC para mantenimiento y cambios en el programa.
- Permite consultas a las remotas desde un teléfono móvil.

El servidor previsto en el Centro de Control realiza las funciones tanto de servidor de Red de Alta como de servidor de Red de Baja. Los datos son almacenados en una base de datos.

El servidor está dotado de dos monitores de 22" para visualización del software de control (Scada, *software* de gestión, y aplicación WEB)", en la que se puede visualizar cada una de las aplicaciones del servidor (aunque podrá existir redundancia con un servidor web).

El radiomódem GSM, también en el Centro de Control, permite la salida de mensajes de alarma del sistema a los técnicos de la Comunidad.

#### **8.7.4 Centro de control**

El Centro de Control está ubicado en la sede de la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada) y es el centro de información y último elemento de comunicación del sistema (se envía y recibe toda la información de la instalación). Todos los elementos que lo componen fueron recogidos en proyecto de la Fase I y cuenta con:

- 1 PC de altas prestaciones como Servidor Principal Red de Alta y Baja con dos monitores de 22". El servidor estará instalado en un recinto cerrado y refrigerado especialmente concebido para ello, dentro de un armario mural rack 19" 6U F450 1C.
- 1 Sistema de alimentación ininterrumpida ONLINE SAI 3.000 VA/2.400 W 30 minutos (dado al sobredimensionado de potencia, se estima una duración aprox. de 1 hora ante fallo suministro eléctrico para el servidor).
- Impresora de alta velocidad láser A3.
- Pantalla LCD 80".

- 1 Radiomódem GSM para emisión de alarmas e interfaz con telefonía móvil regantes.
- 1 Servidor NAS para almacenamiento en red.
- 1 Rúter Dual Gigabit WAN VPN.
- 1 *Switch* industrial para la interconexión de todos los elementos del Centro de Control.

#### **8.7.5 Software control Scada**

Se diseñará una aplicación Scada (conforme a la norma de interoperabilidad UNE 318002-3 Técnicas de riego. Telecontrol de zonas regables. Parte 3: Interoperabilidad), basada en arquitectura cliente-servidor para monitorizar y controlar todas las instalaciones. La aplicación dispondrá, entre otras, de las siguientes funciones:

- Incluye licencia/herramienta de desarrollo.
- Licencia Tags Ilimitados.
- Supervisión y control de todas las remotas de la instalación (mínimo de 500).
- Control de comunicaciones y alimentaciones de los sistemas instalados.
- Control de obra de toma.
- Regulación de la estación de bombeo, con arranque y parada y cambio de consignas desde el Centro de control (para fases futuras).
- Control de caudales en balsa, estación de filtrado y bombeo.
- Control de cabezal de filtrado.
- Control de campo fotovoltaico (para fases futuras).
- Representación de curvas de tendencia.
- Visualización y reconocimiento de alarmas de estado.
- Licencia de desarrollo para poder ampliar el número de elementos en función de las necesidades de la CCRR.
- Control de informes por usuario.
- Diseño de informes seleccionando variables del sistema de telecontrol.
- Diseño de informes basados en plantillas.

- Lanzamientos de informes en modo manual.
- Programación de generación de informes de forma automática.
- Supervisión y control de contadores y válvulas de hidrante.
- Posibilidad de representación gráfica de la zona completa de riego configurable, mediante Google Earth.
- Posibilidad de representación en los sectores de riego del esquema de la red hidráulica.
- Representación del estado de cada punto de riego.
- Suspensión de riegos automáticamente por lectura de pluviómetros o sensores de humedad.
- Riegos Inmediatos secuenciales temporizados.
- Configuración de turnos de riego, con cálculo estimativo de consumos por turno.
- Configuración de turnos de mensuales.
- Configuración de turnos de anuales.
- Maniobra directa e inmediata (apertura y cierre) sobre las válvulas de los hidrantes, mediante botones.
- Visualización de los valores de los sensores de presión, nivel, etc.
- Visualización de listado en ventana de consumos por hidrante.
- Representación gráfica histórica de variables analógicas (presión, nivel, etc.) totalmente configurable por el usuario mediante selección de señales, fijación de un periodo entre fechas, etc.
- Gráfico de tendencias integrado en ventana principal de la aplicación.
- Gestión de alarmas configurable por el usuario (tanto las señales de alarma como sus umbrales).
- Configuración e impresión de informes e históricos, configurable por el usuario.
- Restricción de acceso mediante sistema de claves, configurable por el usuario.

- Generará archivos históricos con, como mínimo, los siguientes datos fechados en origen:
  - Valor del contador asociado a la válvula en cada actuación.
  - Alarmas, así como los eventos de reconocimiento y eventos de fin de alarma.
  - Todo cambio en los valores de consigna.
  - Generación y gestión de programaciones de riego (tiempo y/o dotaciones).
  - Estado de fuente de suministro energético (pilas, baterías).
  - Estado de sistemas de comunicaciones.
- La aplicación de control dispondrá de herramientas para el análisis de los datos históricos, generando los índices necesarios para evaluar el desarrollo en el tiempo del estado de los sistemas de alimentación y comunicaciones.
- El sistema permite la exportación de datos en un formato estandarizado para el traspaso de información a/desde aplicaciones de entorno de gestión (por ejemplo, SQL, ODBC, etc.) y aplicaciones ofimáticas.
- En la aplicación de control dispondremos del nivel de señal actual de las comunicaciones. Se puede activar y desactivar funciones de la aplicación de control por menús
- Programación horaria de riegos, con optimización de caudales
- **Software** driver OPC para control de comunicaciones con las estaciones remotas de la red de baja.

Bajo el entorno del Scada estarán disponibles las siguientes aplicaciones:

- Aplicación de Gestión.- Se diseñará una aplicación para gestionar y controlar los datos de la Comunidad de Regantes y facturar consumos leídos por el sistema de telecontrol. Dispondrá de las siguientes funciones:
  - Gestión de Regantes y parcelas.
  - Asignación de unidades de riego
  - Gestión de consumos y contabilidades de agua.

- Facturación y generación de efectos bancarios
  - Comunicación con aplicaciones contables, etc.
  - Módulo de GIS
  - Módulo de mantenimiento
- Ampliación Sistema WEB de Control.- Se diseñará una aplicación para monitorizar y controlar el sistema de riego por parte de los usuarios administradores. Por otro lado, los usuarios pueden consultar sus riegos a través de la interfaz web. La aplicación dispondrá de las siguientes funciones para el acceso remoto de usuarios a través de Internet, utilizando un navegador WEB:
- Programación horaria de unidades de riego
  - Operaciones manuales sobre la toma
  - Consulta de histórico de consumos
  - Consulta de últimas facturaciones
  - Consulta de histórico de dotaciones y aportaciones
- Sistema de gestión de avisos SMS.- Existirá un modem GSM y aplicación para el envío de alarmas y consultas a través de la red móvil.

En el actual **proyecto de la Fase II se tendrán que incluir en el SCADA, en la aplicación de gestión y en la Aplicación Sistema WEB de Control, las nuevas 185 remotas con todos sus contadores asociados** (2.035 contadores con sus propietarios y parcelas catastrales) **y la nueva concentradora**. El sistema de avisos SMS se tendrá que volver a configurar.

En lo referente a la **estación de bombeo y filtrado** se tendrán que acometer las siguientes tareas:

- Incluir los nuevos filtros de mallas en el programa del PLC de la estación de bombeo y filtrado.
- Incluir en la programación del PLC toda la monitorización del funcionamiento de las bombas y del campo fotovoltaico.
- Actualizar y programar el HMI: ampliación de filtros, pantallas de control de bombas y pantallas de control del campo solar fotovoltaico.

Las señales a incluir en el SCADA y HMI serán las siguientes:

**Tabla 75.** Características puntos de control (Red alta)

<b>BOMBEO-FILTRADO</b>	<b>Estación de bombeo y filtrado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuación Válvulas de Corte Motorizadas a la salida de bombas del subsector de bombeo bajo (3): Apertura/Cierre</li> <li>- Previsión para futura Fase III de capacidad de actuación en Válvulas de Corte Motorizadas a la salida de bombas del subsector de bombeo alto (3): Apertura/Cierre.</li> <li>- Actuación sobre batería de filtros (hasta un máximo de 22 filtros dobles).</li> <li>- Lectura presión aguas arriba y aguas abajo (4).</li> <li>- Lectura detector de flujo (6). 3 bombeo bajo y 3 bombeo alto.</li> <li>- Lectura Caudalímetros Bombeo y Gravedad (3). 1 gravedad, 1 bombeo bajo y 1 bombeo alto.</li> <li>- Actuación de control de Bombas (3 variadores de velocidad híbridos en Fase II y otros en futura Fase III).</li> <li>- Actuación futura incorporación de control de campo fotovoltaico para bombeo con monitorización de todas las cajas <i>string</i> (4 en Fase II y preparado para hasta 10 más en Fase III).</li> <li>- Sistema de vigilancia</li> </ul>
------------------------	--------------------------------------	--

El sistema de monitorización del campo fotovoltaico proporcionará información de las siguientes variables en tiempo real:

- Control de los dispositivos de la instalación fotovoltaica en tiempo real.
- Voltaje y corriente continua a la entrada del variador.
- Voltaje entre fases en la red, potencia total de salida del variador.
- Potencia de salida del variador.
- Potencia instantánea total.
- Históricos de energía producida, con resolución horaria, diaria, mensual, anual y total acumulada.
- Temperatura de módulo.
- Radiación solar.

- Porcentaje de cobertura de energía solar.
- Generación de alarmas.
- Generación y descarga de informes y gráficas interactivas.
- Variables del funcionamiento del centro de transformación.
- Actuación para evitar vertido a red unido al sistema antivertido.

El funcionamiento del sistema será el siguiente:

1. Los cuadros *string* de cada fila reciben la información precedente de cada uno de los *string* que tienen conectados aguas abajo.
2. Mediante cable de comunicaciones RS485 llega hasta el *datalogger* ubicado en estación de bombeo. El *datalogger* también recibe la información de las ondas de radiación y temperatura.
3. El *datalogger* se conectará con cable ethernet a un rúter 3G/4G que enviará los datos a la nube del proveedor del sistema de gestión, los cuales podrán ser visualizados y explotados en el Scada. A este rúter también se conectará el sistema de videovigilancia.

En cuanto a la regulación de la estación de bombeo y filtrado se tienen que programar el funcionamiento de las bombas para el riego a la demanda: Regulación de la estación de bombeo, con arranque y parada y cambio de consignas desde el Centro de control.

Con las lecturas del transductor de presión se mantendrá una presión de consigna de 25 mca, arrancando-parando las bombas y regulando su velocidad con los variadores de frecuencia que controlan cada uno de ellos. Se cubrirán todos los posibles puntos de funcionamiento.

En función de las lecturas de caudal del caudalímetro se podrá actuar remotamente modificando la consigna de presión fijada inicialmente. Se incluirán todos los parámetros de las bombas: intensidades, sondas de temperatura, voltaje, horas de funcionamiento (rotación automática de bombas para reparto de horas).

En todo momento se dispondrá del dato de consumo de energía, distinguiendo su procedencia: campo fotovoltaico y/o red eléctrica.

En la Fase I se incluyó un sistema de videovigilancia de la obra de toma, la balsa y en exteriores de la nave de bombeo y filtrado. En la presente Fase II se incluye un sistema de videovigilancia específico para el campo fotovoltaico (se desarrolla en el Anejo nº 11 «Electrificación. Cálculos eléctricos»).

#### **8.7.6 Unidades remotas en terminales de riego**

En cuanto a la instalación hidráulica, cada uno de los hidrantes colectivos existentes consta de

un colector general de entrada con válvula de corte, filtro cazapiedras y válvula hidráulica limitadora de caudal y reductora de presión general. El agua se distribuye mediante un peine de reparto entre N salidas de riego individuales (hasta un máximo de 20). Cada una de estas salidas individuales contará con un contador con emisor de pulsos y una válvula de corte para aislar cada toma. En algunas agrupaciones se instalará un transductor de presión para conocer los valores de presión en los puntos seleccionados.

El sistema de telecontrol podrá estar compuesto en un futuro por unas 400 remotas inteligentes de Radiofrecuencia (RF), si bien en la Fase I se instalaron 44 remotas y en la Fase II se proyectan 185 más. El sistema de telecontrol diseñado permite consultas inmediatas a una remota de control, envío de mensajes en difusión ancha (*broadcast*), sincronización de todas las remotas, además permite la posibilidad de establecer múltiples sesiones de comunicación en un solo canal radio que permitan la telecarga de modificaciones en el *software* de las estaciones remotas, de los parámetros de funcionamiento, incluso supervisar el estado de la estación consultando sus estadísticas de comunicación, estado de E/S, detector de intrusismo, valores de memoria etc. para evitar desplazamientos al sitio de personal.

La Unidad Terminal Remota o nodo de riego será un equipo terminal inteligente con capacidad para el control de hidrantes de riego. Permitirá comunicaciones vía radio en banda UHF 868-869 MHz considerada de uso ICM (Industrial, Científico y Médico) y, por tanto, libre de licencia cuando nos atenemos a la normativa UN-39 del CNAF (Cuadro Nacional de Asignación de Frecuencias).

La terminal remota base del sistema será un módulo de control de nodo de riego que permite el control vía radio de hasta 4 hidrantes individuales (ampliable modularmente hasta 20) y estará diseñada para conseguir un consumo eléctrico mínimo. La remota tendrá capacidad para actuar con completa autonomía, independientemente que la comunicación esté o no establecida, almacenando datos con fecha y hora y ejecutando programas de riego que tenga programados.

Las características y capacidades básicas de la terminal remota son:

- Control sobre 4 válvulas pilotadas por solenoide biestable, a dos o tres hilos, común positivo o negativo. Ancho de pulso programable, en milisegundos, de milisegundo en milisegundo, hasta 32s. Nivel de pulso programable hasta 24 V con corriente máxima de 1 Amperio.
- Repetición interna de orden: configurable de 0 a 15 veces separada por un tiempo también configurable.
- Detección de fallo de apertura/cierre mediante comprobación de pulsos del contador.

- Cálculo local de caudales a partir de la medida del intervalo de tiempo entre pulsos de contadores.
- Tele-lectura de hasta 4 contadores volumétricos que incorporen emisor de pulsos. Entradas de impulsos de contador por contacto seco, libre de tensión.
- Frecuencia máx. de cuenta de pulsos con filtrado de rebotes de señal: 2,5 Hz.
- Acumulador de hasta 4.294.967.295 de pulsos por contador con aviso de desbordamiento.
- Los valores se conservan en memoria no volátil (no se pierde la cuenta por el cambio de pilas).
- Programas de riego por tiempo y/o volumen para cada toma, con apertura/cierre automática programada.
- Incorpora reloj–calendario de tiempo real RTC y gran capacidad de memoria para almacenamiento local del programa de turnos y/o sectorización.
- Hasta 8 turnos diarios, por cada día de la semana, por válvula; (total de 32 turnos por remota).
- Habilitación y deshabilitación de turnos.
- Incorpora 2 Entradas Analógicas de 16 bits de resolución.
- Precisión de medida de Entrada Analógica del 0,2 %.
- La señal analógica puede ser de tipo 0-20 mA, 4-20mA ó 0-3V.
- Alimentación para sensores generada internamente en la propia remota, conmutable y programable desde 9 hasta 24V.
- Cada vez que la unidad RemRF-4 realiza la lectura de una medida analógica se activa el elevador de tensión, se conecta la alimentación, se realiza la medida y se vuelve a desconectar para minimizar el consumo.
- Lectura de EA periódica configurable de 10 en 10 segundos, hasta 7 días.
- Dos entradas digitales adicionales de uso general. Entradas por contacto libre de potencial (para p.e. detectores de flujo, presostato o detector de intrusismo).

- Módulo radiomódem diseñado para alta fiabilidad, gran alcance y consumo ultra bajo.
- Memoria no volátil para acumuladores de contadores, registro de eventos, almacenamiento de datos y configuración de la remota.
- Registrador tipo *datalogger* con registro en memoria circular no volátil de hasta 554 posiciones.
- Distintos tipos de alimentación soportados por la remota:
  - ✓ Pack de 3 Pilas alcalinas tipo D (3x1.5V) 40 Ah. Duración con una actividad normal de 4-5 años.
  - ✓ Solar fotovoltaica para puntos concretos: Panel solar 5 W regulador y batería recargable (2-18 Ah)
- Datos de Consumo:
  - ✓ Consumo de corriente sin actividad: 1,6 mA por día
  - ✓ Consumo en modo escucha: 40  $\mu$ A
- Rango de Temperatura de Operación: - 20° / +70 °C
- Aviso de cambio de pilas con varios meses de antelación, configurable en aplicación SCADA en el Centro de Control.
- Telecarga del *firmware* desde el centro de control
- Estanquidad de la envolvente IP67

Los elementos incorporados a la remota encargados de realizar el enlace de comunicación vía radio son los siguientes:

- Radiomódem módulo Base: Este módulo radio está integrado dentro de la caja estanca de la propia remota y conectado a esta a través de conexión RS232 ó I2C con la placa CPU de dicha remota.
- Antena de RF que será omnidireccional, ya que repite la señal de la remota a la concentradora. Es una antena de radiofrecuencia directiva diseñada para la banda de 700-960 MHz.

Todas las tomas comunican con una concentradora. Esta concentradora, a través del *switch*

industrial, se enlaza con el router 3G-4G VPN, y envía/recibe los datos del Scada del Centro de Control a través del túnel VPN.

**Las unidades remotas a instalar en este proyecto deben ser operables con el software de gestión y SCADA ya diseñado para la Colectividad de Cuevas del Campo con el proyecto de la Fase I.**

#### 8.7.7 Concentradoras

Se instalará una concentradora que estará ubicada en la estación de bombeo y filtrado. Dispondrá de radio con CPU y modem Radio. Características:

- Módem rúter 3G/4G GPRS/UMTS/LTE con redundancia Dual SIM para comunicación con Centro de Control con puerto Ethernet 10/100 RJ45 y puerto serie RS232.
- Gateway con nodos de riego: Controladora con CPU a 1 GHz, 512 MB de memoria DRAM, 2 GB de memoria Flash, módulo radio Coronis, y puerto Ethernet RJ45.
- Comunicación vía radio UHF con nodos de riego mediante radiomódem de 500 mW en banda 868-869 MHz libre de licencia.
- Incluye armario poliéster de fijación mural de 400x300x200 IP66.
- Incluye antena exterior de 5 dBi.
- Antena omnidireccional 868 MHz, 880-960 MHz 10 dBd / 12,1 dBi, con las siguientes características técnicas:
  - Base omnidireccional / *Omnidirectional base*
  - 880-960 MHz, 10 dBd / 12 dBi
  - Frecuencias / *Frequency*: 880-960 MHz
  - Ganancia / *Gain*: 10 dBd / 12 dBi
  - Polarización / *Polarization*: Vertical
  - Ancho de haz a -3 dB / -3 dB *Beamwidth*: Vertical 7° / Horizontal 360°
  - R.O.E. / V.S.W.R. ≤ 1.5
  - Potencia máx. / *Max. Power*: 100 W
  - Impedancia / *Impedance*: 50 Ω
  - Conector / *Connector*: N hembra / *female*
  - Ancho de banda / *Bandwidth*: 80 MHz
  - Protección / *Protection*: *Grounded*
  - Materiales / *Materials*: Radome: *Fiber glass with aluminium base // Bracket and Screws: Stainless steel*

El sistema de alimentación correspondiente a las concentradoras procederá de la instalación eléctrica de la nave de bombeo y filtrado.

### **8.7.8 Autómatas para el control de la red de alta**

Para el control de la Red de Alta en Obra de toma-Balsa y Bombeo-filtrado se utilizan autómatas programables industriales, dando a estos puntos la robustez, capacidad de procesamiento y configuración modular necesarias. Han sido proyectados en la Fase I.

### **8.7.9 Pantalla táctil en la red de alta**

Con el objeto de operar en el filtrado-bombeo y desde la balsa, a cada autómata programable se le ha dotado de una pantalla Táctil HMI de 12" para el control local sin necesidad de acceder al SCADA. Han sido proyectados en la Fase I.

### **8.7.10 Especificaciones de funcionamiento de las instalaciones de riego.**

Desde el centro de control en la sede de la Comunidad de Regantes se podrá supervisar y actuar sobre todas las instalaciones de riego.

#### **8.7.10.1 Estación de bombeo y filtrado**

Desde la balsa a través de la tubería de transporte se lleva el agua hasta la estación de bombeo y filtrado y desde ella se distribuye el agua hacia el Sector de Bombeo (dos grupos de 3 bombas cada uno que riegan dos subsectores de diferentes cotas) y el Sector de Gravedad. Al realizarse las obras por fases, se realiza el diseño completo del sistema de automatización y control se tendrán en cuenta todas las futuras instalaciones para el dimensionamiento del autómata y comunicaciones necesario, así como la alimentación solar del conjunto. Se controlarán los siguientes elementos:

- Tres caudalímetros electromagnéticos. Uno irá en el sector de gravedad (se instalará en la Fase I) y dos más irán sobre cada uno de los dos subsectores de bombeo (se instalarán uno en esta Fase II y otro en la Fase III).
- Lectura de presión aguas arriba filtros y aguas abajo (2). También se tendrá en cuenta para el diseño la lectura de presión para cada uno de los dos subsectores de bombeo. Además de la lectura continua existirán presostatos de máxima y mínima en el bombeo.
- Actuación de Apertura/Cierre sobre válvulas de corte motorizadas.
- Actuación sobre batería de filtros (hasta un máximo de 22 filtros dobles en el futuro).
- Lectura detector de flujo tras cada bomba (6).

- Incorporación de control de bombas (6 variadores de velocidad híbridos: 3 en esta Fase II y otros 3 en la Fase III).
- Monitorización del control de campo fotovoltaico,
- Sistema de videovigilancia interior y exterior.

#### 8.7.10.2 Red de riego

Para la red de riego se utilizan concentradoras y remotas para control de hidrantes de bajo consumo, cuyo diseño específico minimiza la necesidad de consumo de energía eléctrica, y que por tanto son las más adecuadas para su utilización en campo abierto. Estas requieren una alimentación mínima al estar optimizado su diseño en ese sentido, realizada con pilas convencionales. Esto permite un sondeo frecuente de las remotas. Tienen los siguientes elementos a controlar en cada agrupación de hidrantes:

- Válvula hidráulica limitadora de caudal y presión con solenoide de cabecera sobre la que se actuará para abrir o cerrar toda la agrupación.
- Contador individual con emisor de pulsos de los que se tomará lecturas de consumo con el sistema de telecontrol.
- Lectura de presión en puntos singulares para monitorizar la presión en la red de riego. Se instalará en agrupaciones concretas, aguas arriba de la válvula hidráulica y la lectura será tomada por la remota.
- Sensor de intrusismo en las arquetas de las agrupaciones
- Concentradoras.- Dadas las distancias y/o el alto número de remotas a controlar se diseñan varias concentradoras que den cobertura a las remotas y las comuniquen con el centro de control. Se irán añadiendo concentradoras conforme sean necesarias en cada fase del proyecto.

Se considera que cuando se produzca una avería, se detectará una baja presión (se instalan transductores de presión en puntos singulares) y se mandará la señal de alarma correspondiente al centro de control y/o al dispositivo móvil del personal de mantenimiento. Se realizará otro control de fugas mediante la comparación de forma local del caudal del caudalímetro electromagnético de cada sector con la suma de los caudales de las tomas. Además, el sistema establecerá alarmas de paso de agua con orden de cierre si el caudal en el caudalímetro de cabecera aumenta por encima de un valor prefijado, actuando sobre las válvulas motorizadas de la estación de bombeo y filtrado y/o sobre las válvulas hidráulicas de las agrupaciones.

#### 8.7.10.3 Centro de control y sistemas de comunicación

Como se ha explicado anteriormente, el proyecto se ejecutará por fases por lo que es preciso definir que funcionalidades tendrá el centro de control y los sistemas comunicación. Se describe

a continuación:

1. Todo el *hardware* del centro de control descrito en anteriores epígrafes se diseñó en la Fase I, para la capacidad del sistema completo.
2. Todo el *software* del centro de control se diseñó en la Fase I, pues en las fases futuras sucesivas lo único que se irán instalando en campo y agregando al *software* serán nuevas remotas y concentradoras.
3. El sistema de comunicaciones con todos los elementos se diseñó en la Fase I, pues las comunicaciones de la red de alta corresponden en su totalidad a dicha fase. Conforme en futuras fases se vayan instalando nuevas remotas y las concentradoras necesarias estas se enlazarán vía radio a la red de alta de la Fase I.

#### 8.7.11 Elementos del telecontrol y automatización

A continuación, se enumeran las unidades de obra a ejecutar para llevar a cabo el sistema de telecontrol y automatización proyectado. En el Anejo nº 14 «Automatización y telecontrol» se recogen todas las mediciones auxiliares.

1. Actuaciones a realizar en el centro de control en la sede de la Colectividad de Cuevas del Campo.

En el centro de control sólo se tendrán que hacer tareas de adecuación y programación del *software* proyectado en la Fase I. Las unidades contempladas son:

**Tabla 76.** Tabla de unidades de obra (I)

Unidad de Obra	Unidades
Adecuación del software scada de control	1
Adecuación del software de gestión telecontrol hidrantes	1

2. Elementos para automatización de la estación de bombeo y filtrado.

Se desarrollará el *software* para el control de bombas sobre el PLC existente. También se añadirán los nuevos filtros. Se añade una nueva concentradora para comunicación de remotas con centro de control.

**Tabla 77.** Tabla de unidades de obra (II)

Unidad de Obra	Unidades
Desarrollo del <i>software</i> de control de bombeo y filtrado	1
Flujostato en impulsión	3
Transmisor de presión	2

Presostato en impulsión	1
Concentradora vía radio con router 4G	1

3. Elementos de campo para el telecontrol de los hidrantes de la red de riego.

Para el control de los hidrantes de la red de riego se proyectan unidades remotas para cada hidrante con sus antenas y detector de intrusismo. En el Epígrafe 12 «Cuadro resumen. Mediciones auxiliares» del Anejo nº 14 «Automatización y telecontrol» se incluye un cuadro resumen con las mediciones auxiliares.

**Tabla 78.** Tabla de unidades de obra (II)

Unidad de Obra	Unidades
Terminal remota vía radio ISM UHF capacidad hasta 4 tomas	8
Terminal remota vía radio ISM UHF capacidad hasta 8 tomas	36
Terminal remota vía radio ISM UHF capacidad hasta 12 tomas	75
Terminal remota vía radio ISM UHF capacidad hasta 16 tomas	60
Terminal remota vía radio ISM UHF capacidad hasta 20 tomas	6
Detector de intrusismo	185
Transmisor de presión	15

En función del número de contadores y válvulas hidráulicas y para cada ramal se tendrán las siguientes remotas:

**Tabla 79.** Tabla de remotas

Tipo remota	RAMAL G-1	RAMAL G-2	RAMAL BB	TOTAL
4	2	5	1	8
8	12	16	8	36
12	22	34	19	75
16	33	27		60
20	4	2		6
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>	<b>84</b>	<b>28</b>	<b>185</b>

### 8.8 RETIRADA DE INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO ANTIGUAS COINCIDENTES CON LA TRAZA

Las tuberías discurrirán en muchos trazados de forma paralela a los canales-acequias por sus zonas de servidumbre, por lo que no se tendrán que demoler las instalaciones existentes de forma general.

Solamente se realizarán demoliciones puntuales en zonas que haya cruzamientos o alguna obra

singular que lo haga necesario. Estas acequias se reconstruirán mientras la obra no termine en todas sus fases, siempre que en la actualidad estén prestando servicio. Estos residuos de hormigón-acero procedentes de la demolición serán tratados conforme al plan de gestión de residuos previsto, pues no supondrán un volumen que requiera ningún tratamiento especial.

Todas estas afecciones se detallan en el Anejo N° 15 «Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias».

## **8.9 ESTUDIO ESPECÍFICO DE ACCIONES SÍSMICAS**

Las cargas para las que han sido calculadas las estructuras del campo fotovoltaico se desprenden del Documento Básico SE-AE: Seguridad Estructural. Acciones en la edificación del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006, de 17 de marzo), no siendo de aplicación la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación NCSR-02 (RD 997/2002, de 27 de septiembre), en cumplimiento del artículo 1.2.3. al tratarse de una construcción de importancia moderada, ya que la probabilidad de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas es despreciable y/o interrumpir un servicio primario.

## **9 REQUISITOS ADMINISTRATIVOS**

### **9.1 MARCO NORMATIVO**

La redacción, tramitación, contratación y ejecución de las obras a las que se refiere el presente proyecto, se realiza al amparo y de conformidad con lo establecido en las siguientes disposiciones jurídicas y normativas:

- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por el que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014
- Real Decreto 817/2009, de 8 de mayo, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público (BOE nº 118 del 15 de mayo de 2009). Revisión vigente desde 23 de marzo de 2011.
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre por el que se aprueba el Reglamento General de Contratos de las Administraciones Públicas (BOE nº 257 del 26 de octubre de 2001), en cuanto no se oponga a la Ley 30/2007. Revisión vigente desde el 5 de noviembre de 2015.
- Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican determinados preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre. Revisión vigente desde 7 de diciembre de 2019.

- Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (BOE nº 74 del 28 de marzo de 2006). Revisión vigente desde 28 de diciembre de 2019.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08: (BOE nº 203 del 22 de agosto de 2008). Revisión vigente desde 1 de diciembre de 2008. Aunque esté derogada la EHE (Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural EHE-08, por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural, todavía es de aplicación a proyectos, como el presente, cuya orden de redacción, se hubiese efectuado con anterioridad a su entrada en vigor, según Disposición transitoria única Aplicación a proyectos y obras: «Lo dispuesto en este Real decreto no será de aplicación a los proyectos cuya orden de redacción o de estudio, en el ámbito de las Administraciones públicas, o encargo, en otros casos, se hubiese efectuado con anterioridad a su entrada en vigor, ni a las obras de ellos derivadas, siempre que estas se inicien en un plazo no superior a un año para las obras de edificación, ni de tres años para las de ingeniería civil, desde dicha entrada en vigor, salvo que por el correspondiente órgano competente, o en su caso por el promotor, se acordase acomodar el proyecto al contenido del Código estructural».
- Orden de 28 de julio de 1974 por la que se aprueba el Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimientos de agua y se crea una Comisión Permanente de Tuberías de Abastecimiento de Agua y de Saneamiento de Poblaciones (BOE nº 236 del 2 de octubre de 1974 y BOE nº 237 del 3 de octubre de 1974).
- Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976, por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (PG-3L>75): (BOE nº 162 del 7 de julio de 1976).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (BOE nº 224 del 18 de septiembre de 2002). Revisión vigente desde 1 de julio de 2021.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC LAT 01 a 09 (BOE nº 68 del 19 de marzo de 2008). Revisión vigente desde 1 de julio de 2020.

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. Revisión vigente desde 1 de julio de 2020.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269 del 10 de noviembre de 1995). Revisión vigente desde 1 de enero de 2015.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE nº 256 del 25 de octubre de 1997). Revisión vigente desde 24 de marzo de 2010.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental (BOE nº 296 del 11 de diciembre de 2013). Revisión vigente desde 1 de enero de 2021.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular
- Orden ARM 1312/2009 de 20 de mayo, por la que se regulan los sistemas para realizar el control efectivo de los volúmenes de agua utilizados por los aprovechamientos de agua del dominio público hidráulico, de los retornos al citado dominio público hidráulico y de los vertidos al mismo (BOE nº 128 del 27 de mayo de 2009).
- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE nº 155 del 29 de junio de 1985). Revisión vigente desde 13 de octubre de 2021
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (BOE nº 176 del 24 de julio de 2001). Revisión vigente desde 16 de septiembre de 2021.
- Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. Revisión vigente desde 15 de abril de 2021.
- Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad para las presas y sus embalses.
- Norma UNE 318002-3:2021, Técnicas de riego. Telecontrol de zonas regables. Parte 3: Interoperabilidad.
- Ley de 16 de diciembre de 1954 sobre expropiación forzosa (BOE nº 351 del 17 de diciembre de 1954). Revisión vigente desde 31 de octubre de 2015.

## AUTONÓMICAS

- Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada, se establece el régimen de organización y funcionamiento del registro de autorizaciones de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental, de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y de las instalaciones que emiten compuestos orgánicos volátiles, y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental
- Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía. Revisión vigente de 5 de agosto de 2011.
- Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, y se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética. Revisión vigente desde 09 de junio de 2020.
- Decreto 131/2021, de 6 de abril, por el que se aprueba el Plan Integral de Residuos de Andalucía. Hacia una Economía Circular en el Horizonte 2030
- Decreto 19/1995, de 7 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección y Fomento del Patrimonio Histórico de Andalucía.
- Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía
- Decreto 109/2015, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía.
- Ley 8/2001, de 12 de julio, de Carreteras de Andalucía

## LOCALES

- Normas Subsidiarias de Planeamiento de Cuevas del Campo, aprobadas el 29 de septiembre de 1998.

Y demás normativa complementaria y resto de normas legislativas e instrucciones técnicas específicas actualmente vigentes.

## **9.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Al encontrarse la actuación prevista dentro los supuestos incluidos en artículo 4, apartado 1, del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, se ha redactado un Estudio de Seguridad y Salud que se incluye como Anejo Nº 24 «Estudio de seguridad y salud» del presente Proyecto, que servirá como base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, en función de los sistemas de ejecución a emplear y la normativa legal vigente.

Asciende el Presupuesto de los Costes Directos Totales del Estudio de Seguridad y Salud del Proyecto a la cantidad de CINCUENTA Y TRES MIL CUARENTA Y DOS EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (53.042,79 €).

## **9.3 TRAMITACIÓN AMBIENTAL**

En base a la Ley de Evaluación Ambiental, Ley 21/2013, de 9 de diciembre, el presente proyecto queda encuadrado dentro del procedimiento de evaluación ambiental simplificada, regulada en la Sección 2ª del Capítulo II del Título II de la ley. En concreto el presente proyecto se encuentra incluido en la relación del ANEXO II:

Grupo 1. Agricultura, silvicultura, acuicultura y ganadería.

c) Proyectos de gestión de recursos hídricos para la agricultura.

1º Proyectos de consolidación y mejora de regadíos en una superficie superior a 100 ha (proyectos no incluidos en el anexo I).

En el Anejo Nº 23 «Informe ambiental» se adjunta la documentación ambiental presentada para la tramitación del proceso de evaluación ambiental simplificada y obtención de la resolución de informe ambiental del **Proyecto de modernización del regadío de la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada). C.R. Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo**. Este Documento Ambiental se desarrolló para la totalidad de la obra de modernización de la Colectividad de Cuevas del Campo, que afectará a las 3.491 ha de regadío, si bien la obra se ejecutará por fases y el presente proyecto corresponde con la Fase II sobre 1.960,54 ha (en la Fase I solo se incluyeron 524 ha).

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico publicó en el BOE de 5 de mayo de 2022 la «Resolución de 27 de abril de 2022, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula informe de impacto ambiental del proyecto Modernización del regadío en la colectividad de Cuevas de Campo (Granada)».

Por otro lado, hay que añadir que la actuación completa ya ha sido sometida al trámite ambiental autonómico correspondiente por parte del organismo competente de la Junta de Andalucía, formulándose la Autorización Ambiental Unificada (**AAU/SC/02/19**). En esta resolución para la ejecución de la actuación, no se contemplan cautelas ambientales y medidas correctoras que no sean las normales para un proyecto de este tipo, ya que en su totalidad se desarrolla en terreno agrícola con unas obras relativamente sencillas pero que abarcan una extensa superficie, sin afección, por ejemplo, a espacios naturales protegidos ni existencia de zonas con limitaciones por arqueología.

Dicha Autorización Ambiental Unificada se tramitó con un proyecto básico redactado en el año 2016 y se ha procedido a la consulta sobre la sustancialidad de las modificaciones introducidas, habiéndose obtenido con fecha de 7 de julio de 2021 la Resolución de la Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático, por la que se considera como MODIFICACIÓN NO SUSTANCIAL las modificaciones planteadas con respecto a la resolución de AAU inicial (**Ref. SPCA/NELL/MTE/PVT/PA170043**).

El Informe Ambiental del Proyecto de **Modernización de Regadío en la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada) Fase II , C.R de Pozo Alcón, Hinojares, y Cuevas del Campo**, a juicio del promotor, no es necesario someterlo al trámite de evaluación ambiental, ante el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en base a la Ley de Evaluación Ambiental, Ley 21/2013, de 9 de diciembre, ya que se encuentra amparado en la Resolución de 27 de abril de 2022, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula Informe de Impacto Ambiental y la Autorización Ambiental Unificada del organismo competente de la Junta de Andalucía.

En el Plano 2.1 «Planta General. Esquema General Hidráulico» se puede observar un esquema hidráulico de las actuaciones proyectadas para la modernización completa de la zona regable contempladas en Documento Ambiental, diferenciándose las fases en las que se ejecutan. En el Plano 2.2 «Planta General. Actuaciones» se muestra el perímetro completo de la Colectividad de Cuevas del Campo, que fue incluido en el Documento Ambiental objeto de Informe de Impacto Ambiental con Resolución de 27 de abril de 2022 de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico publicada en el BOE de 5 de mayo de 2022. Dicho perímetro regable, no es otro que el parcelario catastral correspondiente con la concesión de aguas vigente. Además, se refleja la superficie incluida en el proyecto de esta Fase II, pudiéndose comprobar su ubicación dentro del perímetro que fue objeto del mencionado de Informe de Impacto Ambiental.

## 9.4 ADECUACIÓN DEL PROYECTO DE LA FASE II CON EL DOCUMENTO AMBIENTAL

### 9.4.1 Adecuación en lo referente al diseño del proyecto

En el epígrafe 1.3 del Documento Ambiental se explicó que el proyecto completo de modernización, dado su elevado coste económico, está condicionado por las posibilidades de financiación y ayudas existentes. En la coyuntura actual, el proyecto completo se tendrá que ejecutar por fases. Sin embargo, la tramitación ambiental debe realizarse para el proyecto completo para que se puedan evaluar todas las afecciones ambientales que generará la actuación en su ejecución y explotación.

Está previsto que la modernización completa se ejecute en tres fases. El presente proyecto como su título indica se corresponde con la denominada Fase II.

En el epígrafe 2.4 del Documento Ambiental se describieron las actuaciones, de forma general, en base a un proyecto básico de octubre de 2020, elaborado para determinar las afecciones ambientales del conjunto del proyecto de modernización con todas las actuaciones a realizar para la completa modernización de la Colectividad de Cuevas del Campo con sus 3.491 ha de riego. La solución proyectada se componía de las siguientes actuaciones (según dicho epígrafe 2.4):

- **Obra de toma** del Canal del Sur, aguas arriba del salto existente y aguas arriba de la balsa nº1 que regula el riego de Pozo Alcón e Hinojares, realizado con un cajón formado por marcos de hormigón armado de dimensiones interiores 3,50x1,90 m (base x altura).
- **Balsa de regulación de 151.350 m<sup>3</sup> de volumen útil.** La altura útil de agua es de 6,35 m y tiene 1,15 m de resguardo sobre el NMN. El camino perimetral de la balsa tiene un ancho total de 5,50 m. Ocupa una superficie de unos 47.000 m<sup>2</sup>.
- **Tubería principal de conexión con la zona de riego.** Es una tubería de hormigón postesado con camisa de chapa (HPCC) y junta elástica de DN 1.200 mm y 6,5 bar, que conecta la balsa de regulación con la estación de bombeo y filtrado, situada al límite del TM de Pozo Alcón con Cuevas del Campo, al lado del Canal del Sur. Esta tubería tiene 6,2 km de longitud y el caudal transportado es 1.750 l/s.
- **Estación de bombeo y filtrado,** formado por un equipo de filtrado con 20 filtros autolimpiantes con doble cuerpo y 10" de bridas de conexión, con malla de acero inoxidable de 130 micras, y un equipo de bombeo con 3 bombas de 110 kW y 3 bombas de 90 kW.
- **Campo solar fotovoltaico para la alimentación de la estación de bombeo,** de 939,6 kW, formado por 1620 módulos de 580 W agrupados en 90 *string* de 18 módulos cada uno.

- **Red de riego por bombeo**, formada por tuberías de PVC de DN 630 a 110 mm, en diferentes timbrajes. Las redes secundarias son de PVC de 110 mm y PN 6 bar, y de PEAD de DN 90 a 50 mm y PN 10 bar. La **red primaria** de bombeo tiene una longitud de algo más de 28,6 km.
- **Red de riego por gravedad**, formada por tuberías de HPCC y junta elástica de DN 900 mm y tuberías de PVC de DN 800 a 110 mm, en diferentes timbrajes. Las redes secundarias son de PVC de 110 mm y PN 6 bar, y de PEAD de DN 90 a 50 mm y PN 10 bar. La red primaria de gravedad tiene una longitud de algo más de 72 km.

Con el desarrollo del proyecto de ejecución de la **Fase I** se determinó en detalle cada actuación proyectada en dicha fase. A continuación, se explica qué actuaciones fueron recogidas en la Fase I y cuáles se ejecutarán en la Fase II (o incluso Fase III).

1. **Obra de toma y balsa.**- Completamente recogida en el proyecto de la Fase I. En el presente proyecto de Fase II no se contempla ninguna nueva actuación. Se proyectaron con las mismas dimensiones, ubicación y características que las recogidas en el Documento Ambiental.
2. **Balsa de regulación.**- Completamente recogida en el proyecto de la Fase I. En el presente proyecto de Fase II no se contempla ninguna nueva actuación. La balsa de regulación proyectada posee 148.000 m<sup>3</sup> de capacidad en lugar de los 151.350 m<sup>3</sup> inicialmente previstos. Esta pequeña variación se debe al encaje definitivo en el terreno. Los terrenos afectados son los mismos que los inicialmente previstos.
3. **Tubería principal de conexión.**- Completamente recogida en el proyecto de la Fase I. En el presente proyecto de Fase II no se contempla ninguna nueva actuación. La tubería finalmente proyectada es de hormigón postesado con camisa de chapa con diámetro 1.100 mm y tiene una longitud de 6.181 m. La inicialmente prevista tenía 6.200 m y era de diámetro 1.200 mm y del mismo material. El cambio de diámetro de 1.200 a 1.100 mm obedece a la optimización hidráulico-económica realizada en el proyecto de ejecución. Con este menor diámetro se reduce la excavación a realizar y las afecciones a olivos y caminos, pues la zanja tipo proyectada finalmente es menor que la recogida en la documentación ambiental. El trazado definido es prácticamente el mismo siguiendo el paralelismo a los canales principales. Solamente en el tramo ente el PK 1+320 y 2+020 se ha modificado algo, ya que en visita de campo con técnicos de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir se indicó la necesidad de separarse del pie del Canal del Este por la existencia de la tubería de abastecimiento de agua potable al pueblo Cuevas del Campo y por el relleno realizado de la parcela que fue usado en el pasado como escombrera.

4. **Estación de bombeo y filtrado.-** En la Fase I solo se incluyó la instalación de los filtros necesarios para regar las 524 ha de la Fase I. El resto de filtros para regar hasta las 3.491 ha de toda la Colectividad de Cuevas del Campo se proyectan en las Fases II y III. En el presente proyecto de Fase II se han incluido los filtros que darán servicio a las casi 2.000 ha que se contemplan en este proyecto. En la Fase I tampoco se recogía ninguna actuación relacionada para el sector de bombeo que corresponderá con las Fases II y III. En el presente proyecto de Fase II se recogen las bombas que regarán el subsector bajo (con la correspondiente instalación eléctrica, valvulería y calderería).
5. **Campo solar fotovoltaico para la alimentación de la estación de bombeo.-** En la Fase I se proyectó una pequeña instalación fotovoltaica en la cubierta de la nave de 5,4 kWp para abastecer los servicios básicos de la nave (iluminación, automatismos, válvulas motorizadas, etc.). Para abastecer a las bombas se diseña un campo fotovoltaico en las Fases II y III. La disponibilidad de una parcela con unas dimensiones y topografía adecuadas permite dimensionar una planta de 885,6 kWp, por lo que se reduce frente al campo solar de 939,6 kW recogido en la Documentación Ambiental (ya que se ha optimizado la potencia necesaria a instalar). Esta planta de 885,6 kWp se ejecutará en dos fases: una primera de 393,6 kWp para abastecer el subsector de bombeo bajo (correspondiente con este proyecto) y una segunda de 492 kWp que se incluirá en la Fase III del proyecto de modernización de la Colectividad de Cuevas del Campo. Se ejecutará en la parcela 895, 889 y 885 del polígono 5 de Cuevas del Campo (Granada) y la parcela ocupada se corresponde fielmente en proyecto de ejecución y en Documento Ambiental (unos 10.570 m<sup>2</sup> de superficie entre la nave y el campo fotovoltaico).

Esta instalación fotovoltaica estaba prevista en el Documento Ambiental que contara con unos grupos electrógenos de apoyo y emergencia, pues a finales de 2019 cuando se comenzó a trabajar en el proyecto general y su trámite ambiental se solicitó a ENDESA un punto de suministro para la estación de bombeo y filtrado. El punto de conexión proporcionado no se consideró viable ni técnica ni económica ni medioambientalmente, ya que además de la longitud de la línea (casi 5 km) se tenía que atravesar el valle del río Guadalentín.

Sin embargo, hace poco tiempo se ha puesto en funcionamiento una nueva subestación en Pozo Alcón, por lo que se ha realizado una consulta para ver si habían cambiado las condiciones de suministro, recibándose el día 18 de julio de 2022 la carta de condiciones adjunta (en Apéndice 3 del Anejo nº 11 «Electrificación. Cálculos eléctricos») con una localización del suministro de 300 kW a unos 160 m de la estación de bombeo. Esta nueva alternativa de suministro eléctrico es mucho más ventajosa para la Comunidad de Regantes, dado lo engorroso del manejo de los grupos electrógenos (ruidos, consumo

de gasoil, mantenimiento, etc.). La nueva línea y centro de transformación a proyectar consistiría en un solo poste de inicio junto al existente (lazo flojo) y conductor enterrado en la zanja-servidumbre de la tubería de transporte (proyectada en Fase I) hasta la parcela de la estación de bombeo donde se ubicará un centro de transformación de 400 kVA en caseta prefabricada (que sustituirá al edificio adosado a la nave que se iba a incluir en la Fase II para alojar los grupos). El único poste a instalar incluirá todas las protecciones para la avifauna necesarias.

En cualquier caso, esta nueva alternativa para sustituir los grupos electrógenos por un suministro eléctrico desde la red eléctrica convencional no modifica en nada los fundamentos iniciales del proyecto como son:

- La Fase I no se ve afectada, pues el suministro eléctrico es para el consumo de las bombas que se recogerán en el proyecto de la Fase II y III.
- El consumo de las bombas se cubrirá en su mayor porcentaje con el campo fotovoltaico proyectado para ello, tal como estaba previsto desde el inicio. El objeto del proyecto sigue siendo el mismo sólo que para las necesidades que se puedan producir en caso de fallo en el sistema fotovoltaico o baja radiación o emergencia, en lugar de usar grupos electrógenos se usará la nueva línea eléctrica y el centro de transformación.

Se puede entender que no se produce ninguna modificación sustancial del IIA del proyecto en su conjunto, pues una línea de esa longitud (160 m) y voltaje (20 kV) no está sujeta a ningún trámite ambiental y, además, la eliminación de los grupos electrógenos supone mejoras ambientales pues no se emitirán ruidos ni gases de combustión.

6. **Red de riego por bombeo.**- No se proyectó nada en la Fase I y corresponderá a las Fases II y III. En esta Fase II se incluirá la red de riego para parte del subsector de bombeo bajo (362,24 ha de las 591,30 ha que regará dicho subsector cuando se termine toda la modernización). Del subsector de rebombeo alto, no se incluye nada en este proyecto, ya que corresponderá a una futura Fase III, si bien no tendrá cambios en su diseño final que supongan afecciones ambientales distintas de las recogidas en el Documento Ambiental.
7. **Red de riego por gravedad.**- En la Fase I se incluyeron una parte de lo que es el sector de gravedad (524,25 ha). Con el proyecto de la Fase II se incluirán todas las actuaciones necesarias para modernización del sector de gravedad que afectará a 1.604,30 ha (544,11 ha del ramal G-1 y 1.060,19 ha del ramal G-2).

Para llegar a cada una de estas parcelas se proyecta una red primaria que llega hasta los hidrantes de las agrupaciones (donde se ubica y centraliza un conjunto de contadores de varias parcelas de varios propietarios) y de los que parte la red secundaria que llega a cada pequeña parcela (toma parcelaria que se cita en epígrafe 2.4.6 y 2.4.8 del Documento Ambiental) de las que componen la Colectividad de Cuevas del Campo.

El objeto final del proyecto, tal como se reflejó en el Documento Ambiental, no es otro que la modernización integral de la zona regable instalando un contador para cada explotación y llegando con la red de riego primaria-secundaria a cada una de dichas explotaciones.

En el Documento Ambiental solo se incluyeron planos de las redes primarias, pero ninguno de los de las redes secundarias, ya que para definir las redes secundarias hace falta un gran nivel de detalle, que solo se alcanza en el proyecto de ejecución. Tampoco se cuantificó la longitud de esta red secundaria.

En el proyecto de ejecución se han conjugado las redes primarias con las secundarias para llegar a cada parcela (se instalarán 2.035 contadores-tomas de parcela para las 1.966,54 ha, lo que puede dar idea del alto grado de parcelación y la gran cantidad de longitud de tubería secundaria que es necesario instalar). En las siguientes imágenes de los planos del proyecto se muestran algunos ejemplos.

La red primaria trazada en el proyecto de ejecución puede diferir algo de la recogida en el Documento Ambiental. Esto se ha hecho para optimizar las longitudes de tuberías a instalar, minimizando el cómputo total de tuberías primarias más secundarias para llegar a todas y cada una de las parcelas. Es decir, en algunos ramales se ha alargado un poco alguna tubería primaria para reducir la secundaria o viceversa en otros ramales.

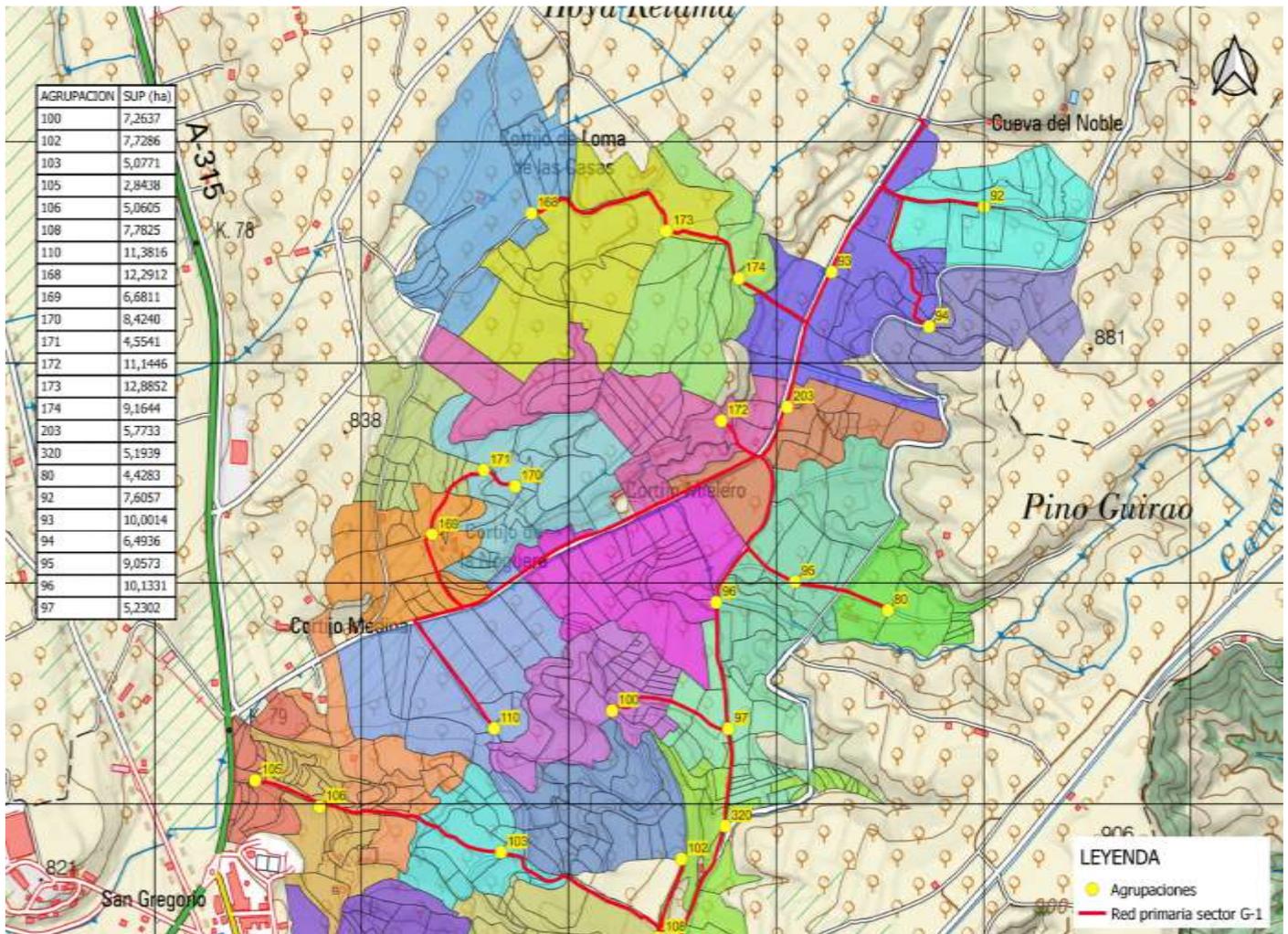


Figura 20. Tubería primaria con hidrantes de agrupación

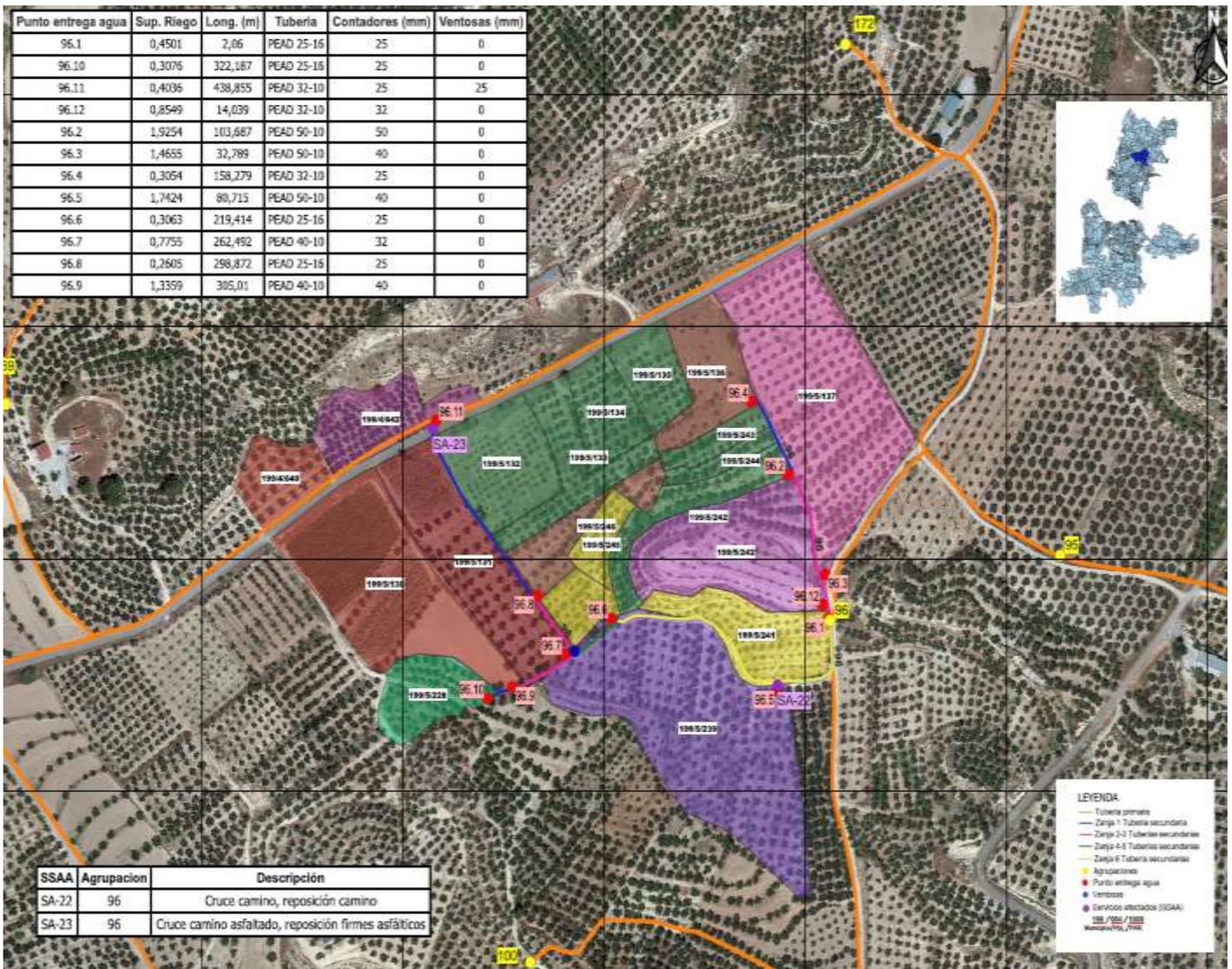


Figura 21. Red de tuberías secundarias de la Agrupación 96

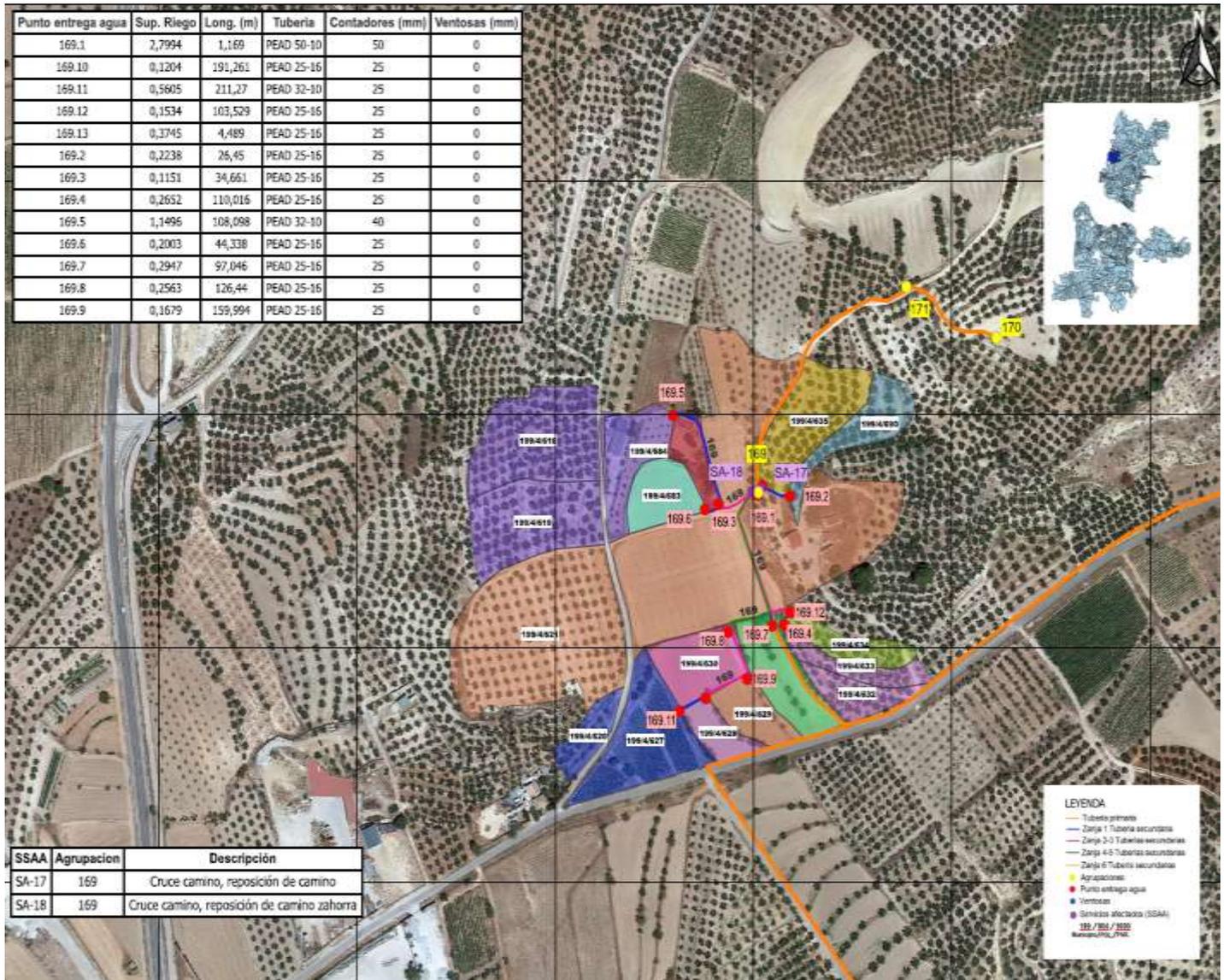


Figura 22. Red de tuberías secundarias de la Agrupación 169

### 9.4.2 Afecciones ambientales del proyecto

En el punto anterior se han citado las actuaciones que se van a realizar en esta Fase II. En cuanto a las afecciones que se puedan derivar de las mismas, cabe señalar que lo principal y más considerable son los movimientos de tierras originados por la instalación de las tuberías, pero, tal como se ha comentado, se han optimizado las longitudes de tuberías una vez que se ha realizado el proyecto de la Fase I, de tal manera que se reducen los movimientos de tierra en esta Fase II.

**Además, hay que señalar que no se genera ninguna afección ambiental que no estuviera ya recogida en el Documento Ambiental (en el caso del proyecto de la Fase II con la red primaria-secundaria no se afecta a ningún espacio o hábitat protegido ni nada similar).**

**En el Apéndice 4 del presente anejo se recogen planos ambientales.**

En relación con los Hábitats de Interés Comunitario (HIC) ya se puso de manifiesto en la Documentación Ambiental que la zona de estudio se encuentra rodeada prácticamente en su totalidad por hábitats de interés comunitario. Se observó que existían algunas parcelas regables donde existen Hábitats de Interés Comunitario, aunque, como se pudo ver, no se verán afectados por las instalaciones de riego a instalar, ya que la mayoría de la parcela es zona de cultivo y dichos Hábitats se localizan en bordes de parcela donde no se actúa para llevar a cabo la modernización. En definitiva, estas parcelas de la comunidad de regantes donde se localizan Hábitats de Interés Comunitario se sitúan en los extremos de la zona regable, lindando con zonas no agrícolas, por lo que dichos Hábitats no se verán afectados al no tener que instalar tuberías hasta esos bordes de parcela, quedándose solamente en la parte de parcela con cultivos agrícolas. Todo lo explicado sobre los HIC se reproduce idénticamente para todas las fases del proyecto, incluyendo esta Fase II, por lo que no se ejecutará ninguna actuación en estos espacios.

En lo referente a afecciones a vías pecuarias, tal como se recogió en el Documento Ambiental, con la red de gravedad de las nuevas instalaciones se tenía previsto realizar dos nuevos cruces sobre la vía pecuaria denominada Vereda de Camino Real de Andalucía. Con los nuevos trazados previstos se mantienen los dos nuevos cruces inicialmente previstos, si bien se desplazan ligeramente. El Cruce 1 se continúa produciendo en el paraje conocido por la Cañada del Aljibe. En la figura 23 se observa la localización del cruce inicialmente previsto en el Documento Ambiental (recogido en el Anejo 8 «Planos ambientales» de dicho Documento Ambiental) y en la figura 24 el que se va a realizar conforme a lo recogido en el presente proyecto.



**Figura 23.** Cruce 1 de la red de riego con vía pecuaria recogido en la Documentación Ambiental



**Figura 24.** Cruce 1 de la red de riego con vía pecuaria recogido en el proyecto de la Fase II y Cruce 1 previsto en la Documentación Ambiental

El Cruce 2 se continúa produciendo en el ramal que va paralelo a la antigua carretera de Zújar (sin servicio pues fue cortada por la construcción del embalse del Negratín). En la figura 25 se observa la localización del cruce inicialmente previsto en el Documento Ambiental (recogido en

su Anejo 8 «Planos ambientales») y en la figura 26 el que se va a realizar conforme a lo recogido en el presente proyecto.



**Figura 25.** Cruce 2 de la red de riego con vía pecuaria



**Figura 26.** Cruce 2 de la red de riego con vía pecuaria en el proyecto de la Fase II y Cruce 2 previsto en la Documentación Ambiental

Las decenas de cruces que hay en la actualidad sobre esta vía pecuaria con las instalaciones existentes (acequias y sifones) quedarán en desuso, por lo que desaparecerán las afecciones a la vía pecuaria. Solo se mantendrá el paso del túnel del Canal del Sur que pasa bajo las calles del núcleo urbano de Cuevas del Campo.

**Por tanto, no se genera ninguna afección a las vías pecuarias que no estuviera ya recogida en el Documento Ambiental.**

#### **9.4.3 Adecuación en lo referente a las medidas medioambientales**

Todas las medidas ambientales específicas requeridas por las autoridades ambientales y que conllevan un coste económico para el Promotor han sido tenidas en cuenta en el Presupuesto del proyecto y son las siguientes:

- Se contará con una asesoría ambiental de obra que se responsabilizará de la adopción de las medidas preventivas y correctoras propuestas en la Memoria Ambiental y requeridas por los órganos ambientales, de la ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental y de la emisión de los preceptivos documentos. Se valora en el capítulo 9.02 del presupuesto.
- Se prevé el control arqueológico de los movimientos de tierra durante la fase de ejecución de las obras, requerida por la «Resolución de la Delegación Territorial de Cultura, Turismo y Deporte en Granada por la que se acepta la procedencia del informe de resultados de la intervención arqueológica de estudio y documentación gráfica de yacimientos arqueológicos para el Proyecto de modernización de regadíos en los términos municipales de Cuevas del Campo (Granada), Hinojares y Pozo Alcón (Jaén)» y por «Resolución de la Delegación Territorial de Cultura, Turismo y Deporte en Jaén por la que se acepta la procedencia de la memoria de intervención arqueológica de estudio y documentación gráfica de yacimientos arqueológicos derivada del Proyecto de modernización de regadíos. Localización: Pozo Alcón. C.R. de Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo». Dicho control se ajustará al procedimiento regulado en el Reglamento de Actividades Arqueológicas, aprobado por Decreto 168/2003, de 17 de junio. Se valora en el capítulo 9.03 del presupuesto.
- Se prevé el riego periódico contra el polvo de los viales transitados por la maquinaria y camiones. Se valora en el capítulo 9.01 del presupuesto.
- Se prevé el control de afección a la fauna mediante un seguimiento para evitar la afección a nidos (en desbroces, excavación de zanjas), atrapamientos en zanjas, afección por ruidos, movimiento de maquinaria, etc. Se incluye en la unidad de obra de «Seguimiento y vigilancia ambiental de obras». Se valora en el capítulo 9.02 del presupuesto.

En la Resolución de 27 de abril de 2022, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula informe de impacto ambiental del proyecto, se solicita que se cumplan una serie de prescripciones. Se explica a continuación como se da cumplimiento con el proyecto a cada una de dichas prescripciones.

- «Conforme a lo establecido en el artículo 46.3 del Reglamento (UE) número 1305/2013, y en consonancia con el artículo 55.4 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, deben instalarse los correspondientes sistemas de medición que garanticen información precisa sobre los caudales y volúmenes de agua en efecto consumidos o utilizados y, en su caso, retornados. Dichos sistemas, en cuanto a sus características e instalación, deberán respetar las disposiciones de la Orden ARM/1312/2009, de 20 de mayo de 2009 (BOE número 12, de 27 de mayo)».

Además del existente a la salida del embalse de la Bolera que gestiona la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, se han previsto tres caudalímetros en la Fase I: uno en la toma del canal de donde partirá la nueva de red de riego; otro a la salida de la balsa, y otro al inicio de la red de riego de gravedad. En la Fase II se ha añadido otro para el subsector de bombeo bajo.

- «Para corroborar que la instalación de los elementos de medición cumple con las citadas especificaciones, deberán presentar ante la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir una propuesta del sistema de control efectivo a instalar. Esta propuesta incluirá una documentación técnica que defina de forma detallada los sistemas propuestos de medición y, en su caso, limitación del caudal máximo y registro de las mediciones, adaptados a las prescripciones de la citada Orden ARM/1312/2009».

Los sistemas de control proyectados son homologados y previo a su instalación se dará traslado a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

- «Debe permitir llevar a cabo un ahorro potencial o efectivo respecto a la infraestructura existente de acuerdo con lo establecido en el artículo 46.4 del Reglamento (UE) número 1305/2013, y en aplicación de los objetivos de no deterioro de las masas de agua y de ahorro en el uso del agua que rigen la planificación hidrológica, así como cumplir las previsiones del artículo 16 del Plan Hidrológico del Guadalquivir».

Con la ejecución el proyecto se contempla un importante ahorro potencial de agua (un 26,86 % de ahorro que equivale a 1.873.042 m<sup>3</sup>/año).

- «En caso de suponer las actuaciones cambios en las características esenciales de la concesión otorgada, su ejecución requerirá de autorización administrativa previa del órgano otorgante, de acuerdo con lo establecido en el artículo 64 del Texto Refundido de la Ley de Aguas. La solicitud de dicha autorización deberá dirigirse a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, que se encargará de su tramitación».

La concesión de aguas está actualizada a agosto de 2021. Esta actualización se tramitó con el presente proyecto, luego el proyecto se adapta perfectamente a la concesión y no será necesaria ninguna tramitación adicional.

- «La nueva balsa nunca podrá ubicarse, total o parcialmente, en Dominio Público Hidráulico».

La balsa proyectada no afecta en ningún caso a Dominio Público Hidráulico (ya se justificó en el proyecto de la Fase I).

- «Se respetarán los caudales ecológicos de las masas de agua afectadas hidrológicamente, así como los caudales necesarios para no afectar a la garantía de las concesiones aguas abajo de las tomas».

El caudal servido desde el embalse de la Bolera es gestionado por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y desembalsado directamente al canal que alimenta la zona regable que solo abastece a la Comunidad de Regantes de Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo, por lo que el control del caudal ecológico está garantizado. Así mismo, los canales solo sirven a esta comunidad de regantes, luego no hay afección posible aguas abajo.

- «Se definirán medidas de protección y, en su caso, de recuperación y mantenimiento de la cubierta vegetal, como el jalonamiento previo a la realización de las obras, el establecimiento de las zonas de acopio o parques de maquinaria, y/o correctoras como la restauración vegetal con el mayor grado de eficacia posible».

Por lo general, toda el área afectada por las obras forma parte de la Comunidad de Regantes y son tierras agrícolas, por lo que la cubierta vegetal son los propios cultivos.

- «Siempre que sea técnicamente viable se conservarán los ejemplares arbóreos de mayor porte que se encuentren dentro del área ocupada por la balsa de regulación, estación de bombeo y filtrado, y el campo solar fotovoltaico asociado».

En el emplazamiento de las citadas instalaciones solo existen almendros y olivos, por lo que no se afecta a árboles de porte importante.

- «Conforme lo indicado en el artículo 22 y artículo 50 de la Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la Flora y Fauna Silvestres, los vallados perimetrales deben cumplir las normas técnicas ambientales aplicables a este tipo de cerramientos con el fin de permitir la libre circulación de la fauna silvestre».

Los vallados proyectados se han adaptado a lo indicado expresamente en la Autorización Ambiental Unificada emitida por la Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático.

- «Si, durante la fase de construcción, se detectara presencia de fauna amenazada, nidos o refugios, se paralizarían y se daría aviso al órgano competente de la Delegación Territorial de Desarrollo Sostenible en Granada».

La asesoría ambiental velará por el control y vigilancia de las obras. Cualquier afección a la fauna será comunicada a la Delegación Territorial de Desarrollo Sostenible en Granada.

#### **9.4.4 Conclusiones**

Con lo detallado en los anteriores epígrafes, se puede comprobar que el proyecto de ejecución para la **Modernización de regadío en la Colectividad de Cuevas del Campo (Granada). C.R. Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo. Fase II** se adecúa perfectamente a la tramitación ambiental realizada y a los requerimientos de la resolución de 27 de abril de 2022, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, por la que se formula Informe de Impacto Ambiental del proyecto «Modernización del Regadío en la Colectividad de Cuevas de Campo (Granada)». También cumple todos los requerimientos formulados por el órgano ambiental de la Junta de Andalucía.

**Los pequeños cambios que se han realizado** (como pueden ser reducir el diámetro de la tubería de transporte y optimizar la red primaria-secundaria) generarán menores movimientos de tierras para la instalación de tuberías, lo cual conlleva unas **menores afecciones ambientales**. **Con la solución propuesta en el proyecto no se afectará a ninguna figura con protección ambiental distinta a las recogidas en las resoluciones ambientales y en el documento ambiental.**

Por tanto, se considera que en el presente Informe Ambiental se justifica que este proyecto de la Fase II se ampara en la Resolución de IIA de 27 de abril de 2022, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, de ahí que se determina, a juicio del promotor, que no es necesario someterlo nuevamente al trámite de evaluación de impacto ambiental.

#### **9.5 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares que se incluye en el presente proyecto como Documento nº 3 regula las condiciones de tipo técnico que deben cumplir los diferentes materiales, así como también la ejecución de las obras con expresión de la forma en que ésta se llevará a cabo, las obligaciones de orden técnico que correspondan al contratista, la manera en que se llevará a cabo la medición y valoración de las unidades ejecutadas y el control de calidad de los materiales empleados y del proceso de ejecución.

## 9.6 OCUPACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS: EXPROPIACIONES

En el Anejo Nº 22 «Bienes y derechos afectados» se han incluido varios aspectos relacionados con el terreno necesario para la construcción del campo solar fotovoltaico y de la red de riego. Se trata de identificar tres tipos de afecciones: la expropiación definitiva, la ocupación temporal y la servidumbre de paso.

En primer lugar, la expropiación definitiva viene definida por los siguientes elementos:

- Apoyo conversión aero-subterránea.
- Arquetas de la red de riego.

En este punto es necesario aclarar que, el trazado de la nueva línea eléctrica subterránea que discurre entre el apoyo de conversión aero-subterránea y el centro de transformación de la estación de bombeo, discurre a lo largo de la franja de servidumbre de paso existente para la tubería de transporte (incluida en el proyecto de la Fase I).

En segundo lugar, se calcularán las superficies de ocupación temporal, que serán necesarias para realizar el paso y maniobrabilidad de la maquinaria destinada al enterramiento de las tuberías de las redes de riego.

Por último, una vez enterradas las tuberías se genera una servidumbre de paso destinada a la manipulación, mantenimiento y reparación de la red y los elementos que la componen. Sobre estas parcelas afectadas en la banda de servidumbre, recaen las siguientes cargas, entre otras:

- Ocupación del subsuelo por las canalizaciones
- Derecho de paso de personal y ocupación temporal del terreno para atender la vigilancia, conservación y reparación de las instalaciones.
- Prohibición de arar o cavar a profundidad mayor a 50 cm.
- Prohibición de plantar árboles y arbustos de tallo alto.
- Prohibición de realizar obras o edificaciones sin permiso de la Comunidad de Regantes.

Los derechos de paso y ocupación temporal de los terrenos comportarán la indemnización de los daños causados por la intervención, aunque en el caso de que sean comuneros integrantes esta no se realiza conforme a los estatutos vigentes y a lo aprobado en las asambleas generales de la Comunidad de Regantes. Sí tendrán derecho a indemnización por daños a los cultivos (afecciones a árboles).

**En cualquier caso, las indemnizaciones de servidumbre de paso o temporales NO serán satisfechas a los integrantes de la Comunidad de Regantes por la ocupación de las parcelas que afecten a su zona regable, por tratarse de una imposición de servidumbre**

**reflejada en los estatutos en su artículo N° 9.**

Con las dimensiones proyectadas para las arquetas de la red de riego, la expropiación correspondiente será menor de 10 m<sup>2</sup>. Por tanto, no se pagará nada a los regantes por la instalación de riego.

Será ocupación definitiva o expropiación el emplazamiento del apoyo aero-subterráneo, más una franja de un metro mínimo a su alrededor, de tal forma que se conecte con la franja de servidumbre de paso de la tubería de transporte existente.

Además, la expropiación se completa con las casetas de hidrantes, arquetas de válvulas de red y de caudalímetros y demás elementos fijos de construcción, incluidas las ventosas.

Estas expropiaciones pueden afectar tanto a integrantes que pertenecen a la comunidad de regantes como a alguno puntual que no lo sea, por lo que se distingue entre ellos pues tienen un tratamiento distinto en las indemnizaciones.

**Tabla 80.** Resumen superficies expropiaciones definitivas

<b>RESUMEN SUPERFICIES DE EXPROPIACIÓN DEFINITIVA</b>			
<b>Cultivo</b>	<b>Expropiación Definitiva (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Dentro de la C.R.</b>	<b>Fuera de la C.R.</b>
Frutal regadío	110	110	0
Frutal de cáscara regadío	214	214	0
Olivar regadío	1.981	1.928	53
Tierra arable de regadío	698	698	0
Viñedo regadío	10	10	0
<b>TOTAL</b>	<b>3.013</b>	<b>2.960</b>	<b>53</b>

Las ocupaciones pueden afectar tanto a integrantes que pertenecen a la comunidad de regantes como a alguno puntual que no lo sea, por lo que se distingue entre ellos pues tienen un tratamiento distinto en las indemnizaciones. La ocupación temporal será la siguiente:

**Tabla 81.** Resumen superficies ocupación temporal

<b>RESUMEN SUPERFICIES DE OCUPACIÓN TEMPORAL</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Regad./ seco</b>	<b>Ocupación Temp. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Dentro de la C.R.</b>	<b>Fuera de la C.R.</b>
Red de riego primaria ≤ 630	Regadío	443.135	431.094	12.041
Red de riego primaria 710	Regadío	15.370	15.370	0
Red de riego secundaria	Regadío	1.132.830	1.107.623	25.207
	<b>TOTAL REGADÍO</b>	<b>1.591.335</b>	<b>1.554.087</b>	<b>37.248</b>

Las servidumbres de paso pueden afectar tanto a integrantes que pertenecen a la comunidad de regantes como a alguno puntual que no lo sea, por lo que se distingue entre ellos pues tienen un tratamiento distinto en las indemnizaciones. La superficie afectada de la banda generada por la servidumbre de paso será la siguiente:

**Tabla 82.** Resumen superficies servidumbre de paso

<b>RESUMEN SUPERFICIES. SERVIDUMBRE DE PASO</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Regad./ secoano</b>	<b>Serv. Paso (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Dentro de la C.R.</b>	<b>Fuera de la C.R.</b>
Red de riego primaria	Regadío	179.795	175.972	3.823
Red de riego secundaria	Regadío	349.599	342.807	6.792
	<b>TOTAL REGADÍO</b>	<b>529.394</b>	<b>518.779</b>	<b>10.615</b>

Por otro lado, sí se tendrá que abonar a los comuneros la indemnización de los daños producidos a los diferentes cultivos que se estima en un gasto de 124.860,00 €.

**Tabla 83.** Valoración de indemnización por daños a cultivos

<b>Tuberías primarias</b>			
<b>Especie</b>	<b>Unidad</b>	<b>€/ud</b>	<b>Importe (€)</b>
Olivar	426	200	85.200
Almendro	38	70	2.660
			<b>87.860</b>
<b>Tuberías secundarias</b>			
<b>Especie</b>	<b>Unidad</b>	<b>€/ud</b>	<b>Total (€)</b>
Olivar	185	200	37.000
			<b>37.000</b>
<b>IMPORTE TOTAL</b>			<b>124.860 €</b>

En el Anejo Nº 22 «Bienes y derechos afectados» se muestran las tablas de cálculo para la obtención del importe total de bienes y derechos afectados, el cual asciende a **135.892,74 €**.

## **9.7 SERVICIOS AFECTADOS, PERMISOS Y LICENCIAS**

En el Anejo Nº 15 «Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias» se recogen y valoran las modificaciones mínimas necesarias sobre los servicios existentes a que obligará la ejecución de la infraestructura en proyecto, para que la actuación se pueda llevar a cabo.

Como consecuencias de las visitas a campo y tras el análisis de la información recabada, se recoge en el presente anejo la identificación de los diversos servicios existentes susceptibles de

ser afectados por el trazado de las tuberías para la modernización de regadío en la Colectividad de Cuevas del Campo (Fase II), tanto directamente por ocupación de los terrenos en los que actualmente se ubican, como indirectamente por necesidades constructivas tales como gálibos de operación o de la maquinaria. Además, se recogen las solicitudes de los permisos necesarios para la ejecución de dicho proyecto.

A continuación, se presenta un listado con las distintas empresas, organismos y entidades con los que se han mantenido contacto.

Organismos.

- C.R. de Pozo Alcón, Hinojares y Cuevas del Campo. Colectividad de Cuevas del Campo, Granada y Colectividad de Pozo Alcón e Hinojares, Jaén.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Consejería de Fomento de la Junta de Andalucía

Ayuntamientos.

- Ayuntamiento de Cuevas del Campo.

La zona donde actuamos tiene un marcado carácter rural no existiendo infraestructuras importantes y prácticamente sólo se dan afecciones relacionadas a instalaciones de riego y sus infraestructuras asociadas (como son los caminos de servicio). La única infraestructura de comunicación importante en la zona, que se verá afectada, es la carretera autonómica A-315

Los servicios que se ven afectados por el Proyecto son los siguientes:

- Conducciones y obras de fábrica destinadas al servicio de riego perteneciente a la Colectividad de Cuevas del Campo y a sus regantes.
- Conducción de abastecimiento de agua potable de Cuevas del Campo
- Carreteras y carriles asfaltados municipales
- Reposición de firmes granulares en caminos.
- Canales de la CHG.
- Carreteras autonómicas
- Cruce de tres cauces públicos

La ubicación de los servicios mencionados se recoge en los planos 6, 7, 8, 9, 10 y 11. En

resumen, el número de servicios afectados por cada elemento se refleja en la siguiente tabla, encontrándose desglosados en detalle en el Anejo N.º 15 «Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias».

**Tabla 84.** Número de servicios afectados

Elemento	N.º de servicios afectados	
	Tuberías primarias	Tuberías secundarias
Ramal G-1	157	121
Ramal G-2	152	141
Ramal BB	58	54
<b>TOTAL</b>	<b>367</b>	<b>316</b>

Será necesario tramitar los siguientes permisos:

- Carreteras autonómicas Junta de Andalucía: 1 cruce con hinca y 2 cruces de sustitución de tuberías existentes en pasos de carreteras también existentes para la red de riego actual (se pretende aprovechar el paso existente).
- Carreteras autonómicas Junta de Andalucía: 3 cruces en la carretera antigua C-323a
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (Dirección Técnica): Cruces con canales y ocupación de galería (túnel)
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (Comisaría de Aguas): 3 cruces de cauces públicos.

Por otro lado, existen 2 cruces de vías pecuarias que si bien están autorizados con los trámites ambientales realizados, habrá que comunicar a la organismo competente de la Junta de Andalucía la ubicación definitiva de dichos cruces sobre la vía pecuaria afectada.

## 9.8 GESTIÓN DE RESIDUOS

En el Anejo N.º 17 «Gestión de residuos» se recogen todos los aspectos relacionados con la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición que afectan a la obra de acuerdo con la **Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular**, por el que se regulan los mismos. En el estudio se ha realizado una identificación de los residuos a generar, una estimación de la cantidad de los residuos (tanto en peso como en volumen) que se prevé que se producirán en los trabajos directamente relacionados con la obra y que habrá de servir de base para la redacción del correspondiente

Plan de Gestión de Residuos por parte del Constructor. En dicho Plan se desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento en función de los proveedores concretos y su propio sistema de ejecución de la obra.

Independientemente de si la cantidad de residuos estimada alcanza o no el límite establecido en para la separación en obra de los residuos, se dispondrá en una zona de la obra una zona de acopio, chatarras y otros residuos; se almacenarán los residuos de manera diferenciada para evitar su mezcla y facilitar así su reutilización, valoración y eliminación posterior.

La valoración de la gestión de residuos de construcción forma parte del presupuesto del presente proyecto en un capítulo independiente (Capítulo 8 «Gestión de residuos»).

En el capítulo 8 «Gestión de residuos» se valora el coste en gestor autorizado de los residuos anteriormente estimados, valorando su transporte y el canon de gestión, según su tipología.

Asciende el Presupuesto de los Costes Directos Totales de la Gestión de Residuos del Proyecto a la cantidad de SEIS MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (6.347,99 €).

### **9.9 PLAZO DE EJECUCIÓN, PLAN DE OBRA Y PERIODO DE GARANTÍA,**

Se considera un plazo para la ejecución de las obras de DIECIOCHO (18) MESES.

Atendiendo en lo que se dispone en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre de Contratos del Sector Público, en el Anejo N.º 19 «Plan de Obras», se ha establecido un plan de obra o programa de trabajos a seguir en la ejecución de las diferentes obras e instalaciones de que consta el proyecto. La programación se realiza sobre un diagrama de barras (diagrama de Gantt), estudiando las unidades de obra que se puedan ejecutar alternativa o secuencialmente.

El periodo de garantía de las obras se establece en veinticuatro (24) meses.

### **9.10 PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD**

Tanto para la recepción y control de los materiales, como de la ejecución de las diferentes unidades de obra, se deben efectuar los correspondientes ensayos durante las obras, que figuran en el Anejo N.º 21 «Programa control de calidad».

A partir de las mediciones correspondientes a las unidades de obra fundamentales del proyecto, y atendiendo a las especificaciones al respecto del Pliego de Prescripciones Técnicas, en la

siguiente tabla se ha calculado el número de ensayos a prever en cada una de las unidades de obra seleccionadas en el proceso de autocontrol y el correspondiente a los ensayos de contraste a iniciativa del Director de Obras.

El control de calidad se recoge de un capítulo específico en el presupuesto, valorado como una partida a justificar con un importe del 1 % del resto de costes directos. Una vez realizado, se valorará para su certificación con las tarifas creadas al efecto o, en su defecto, con el coste real producido, justificado mediante las correspondientes facturas.

### **9.11 MANIFESTACIÓN DE OBRA COMPLETA**

El presente proyecto comprende una obra completa en el sentido exigido por la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. Por consiguiente, esta obra es susceptible de ser entregada al uso general o al servicio correspondiente, sin perjuicio de las ampliaciones de que posteriormente pueda ser objeto y comprenderá todos y cada uno de los elementos que sean precisos para la utilización de la obra.

## **10 INFORMACIÓN FEADER/PNDR 2014-2020**

Las actuaciones incluidas en el presente proyecto podrían enmarcarse en el Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020, financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) y el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). En sus anexos, así como en el expediente del proyecto, se incluye información necesaria para poder apreciar su encaje en dicho Programa y verificar el cumplimiento de las condiciones de admisibilidad, así como permitir la aplicación de los criterios de selección de las operaciones. El proyecto también incluye una partida para señalización de la eventual contribución del FEADER a su financiación, para el caso de que resultase finalmente seleccionado.

## **11 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO**

### **DOCUMENTO N.º 1: MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA.**

#### ❖ MEMORIA

#### ❖ ANEJOS A LA MEMORIA:

- Anejo 1: Listado de propietarios y superficie afectada.
- Anejo 2: Ficha técnica
- Anejo 3: Estudio agronómico
- Anejo 4: Cartografía, topografía y replanteo
- Anejo 5: Estudio de alternativas y materiales. Justificación de la solución adoptada.
- Anejo 6: Geología, geotecnia y estudio de materiales.
- Anejo 7: Criterios de diseño y cálculos hidráulicos.
- Anejo 8: Secciones tipo, cálculo de anclajes y cálculos mecánicos de tuberías.
- Anejo 9: Dimensionamiento del sistema de bombeo
- Anejo 10: Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica
- Anejo 11: Electrificación. Cálculos eléctricos
- Anejo 12: Diseño del filtrado
- Anejo 13: Cálculos estructurales.
- Anejo 14: Automatización y telecontrol
- Anejo 15: Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias.
- Anejo 16: Justificación de precios.
- Anejo 17: Gestión de residuos.
- Anejo 18: Estudio de viabilidad económica.
- Anejo 19: Plan de obras.
- Anejo 20: Puesta en marcha de las instalaciones.
- Anejo 21: Programa de control de calidad.
- Anejo 22: Bienes y derechos afectados.
- Anejo 23: Informe ambiental.
- Anejo 24: Estudio de seguridad y salud.
- Anejo 25: Información y documentación FEADER/PNDR 2014-2020

### **DOCUMENTO N.º 2: PLANOS**

### **DOCUMENTO N.º 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.**

### **DOCUMENTO N.º 4: PRESUPUESTO**

## 12 PRESUPUESTO

Se recoge en el Documento nº 4 las mediciones auxiliares y generales, el cuadro de precios nº 1 (precios de las unidades de obra), el cuadro de precios nº 2 (precios descompuestos), los presupuestos parciales y el resumen general del presupuesto.

Para configurar las unidades de obra del proyecto, mayoritariamente se han utilizado los precios unitarios de la tarifa vigente de la Empresa de Transformación Agraria S.A. (TRAGSA), es decir, los precios de la Tarifa TRAGSA 2022. Asimismo, se han confeccionado aquellas unidades de obra no existentes en la Tarifa TRAGSA 2022 a partir de precios simples de dichas tarifas, incluyendo los nuevos costes a añadir en la unidad creada a partir de tarifas del mercado actuales suministradas por los fabricantes correspondientes.

En el Anejo N.º 16 «Justificación de precios» se determinan los precios unitarios de ejecución material de las diferentes unidades de obra del proyecto a partir de los costes horarios la mano de obra y de la maquinaria, y del coste de los materiales a pie de obra.

Las mediciones de las unidades de obra se han realizado sobre el terreno y reflejado en los planos que figuran en el presente proyecto. Aplicando los precios a las mediciones de obra correspondientes, se obtiene el Presupuesto resumido a continuación:

CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE (€)
1	ESTACIÓN DE BOMBEO Y FILTRADO	468.521,37
2	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	305.176,59
3	REDES PRIMARIAS	4.667.600,35
4	REDES SECUNDARIAS	1.187.794,63
5	HIDRANTES INDIVIDUALES Y COLECTIVOS	1.174.926,04
6	TELECONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	403.633,15
7	SEGURIDAD Y SALUD	53.042,79
8	GESTIÓN DE RESIDUOS	6.347,99
9	MEDIDAS AMBIENTALES	41.137,02
10	CARTELERÍA	640,3
11	CONTROL DE CALIDAD	83.088,20
	<b>TOTAL COSTES DIRECTOS</b>	<b>8.391.908,43</b>
	<b>7,5 % COSTES INDIRECTOS</b>	<b>629.393,13</b>
	<b>SUMA COSTES DIRECTOS E INDIRECTOS</b>	<b>9.021.301,56</b>
	<b>6,25 % GASTOS GENERALES</b>	<b>563.831,35</b>
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>9.585.132,91</b>

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de NUEVE MILLONES QUINIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS CIENTO TREINTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y UN CÉNTIMOS (**9.585.132,91 €**).

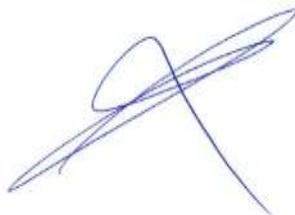
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>9.585.132,91</b>
<b>IVA (21 %)</b>	<b>2.012.877,91</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR ADMINISTRACIÓN</b>	<b>11.598.010,82</b>

Asciende el Presupuesto de Ejecución por Administración a la expresada cantidad de ONCE MILLONES QUINIENTOS NOVENTA Y OCHO MIL DIEZ EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS (**11.598.010,82 €**).

Octubre de 2022

INGENIERO AGRÓNOMO Cdo. N.º: 1.503

C.O.I.A. de Andalucía



Fdo.: Antonio Romero López