

# **MEMORIA**

## ÍNDICE

<b>1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3 AGENTES.....</b>	<b>3</b>
3.1 PROMOTOR.....	3
3.2 CONSULTORA .....	3
<b>4 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA REGABLE Y JUSTIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROYECTADAS .....</b>	<b>4</b>
<b>5 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>7</b>
5.1 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS .....	7
5.1.1 <i>Alternativa cero</i> .....	7
5.1.2 <i>Planteamiento de nuevas alternativas</i> .....	8
5.2 EXAMEN MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS .....	11
5.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	14
5.4 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	15
5.5 COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA ZONA REGABLE TRAS LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO FRENTE A LA ACTUAL .....	16
<b>6 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO .....</b>	<b>17</b>
6.1 LOCALIZACIÓN.....	17
6.2 CLIMATOLOGÍA .....	20
6.3 EDAFOLOGÍA Y LITOLOGÍA .....	20
6.4 HIDROLOGÍA .....	22
6.4.1 <i>Aguas superficiales</i> .....	22
6.4.2 <i>Aguas subterráneas</i> .....	22
6.5 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....	23
<b>7 INGENIERÍA DEL PROYECTO.....</b>	<b>25</b>
7.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO .....	25
7.1.1 <i>Resultados estudio geotécnico en el Sector A</i> .....	26
7.1.2 <i>Resultados estudio geotécnico en el Sector B</i> .....	30
7.1.3 <i>Resultados ensayos pull-out</i> .....	35
7.1.4 <i>Resultados calicatas en red de riego</i> .....	38
7.2 ESTUDIO ARQUEOLÓGICO.....	41
7.3 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA .....	43
7.3.1 <i>Levantamientos topográficos de detalle</i> .....	43

7.3.2	<i>Procedimiento de toma de datos</i> .....	44
7.3.3	<i>Trabajo de gabinete</i> .....	44
7.3.4	<i>Puntos de apoyo o bases de replanteo</i> .....	45
7.4	SUPERFICIE OBJETO DEL PROYECTO .....	45
7.5	INGENIERÍA DE DISEÑO. CONDICIONANTES Y CRITERIOS DE DISEÑO.....	45
7.6	SISTEMA DE RIEGO. PARÁMETROS DEFINITORIOS .....	50
<b>8</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES PROYECTADAS</b> .....	<b>50</b>
8.1	OBRA DE TOMA DEL SECTOR A.....	50
8.2	OBRA CIVIL DE ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR A .....	52
8.2.1	<i>Sistema estructural</i> .....	53
8.2.2	<i>Sistema envolvente</i> .....	55
8.2.3	<i>Sistema de compartimentación</i> .....	55
8.2.4	<i>Sistema de acabados</i> .....	56
8.2.5	<i>Sistema de acondicionamiento e instalaciones</i> .....	56
8.2.6	<i>Urbanización</i> .....	59
8.3	INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN PARA CONEXIÓN A RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SECTOR A.....	61
8.3.1	<i>Punto de conexión a red</i> .....	61
8.3.2	<i>Línea aérea MT doble circuito</i> .....	61
8.3.3	<i>Línea subterránea MT doble circuito</i> .....	62
8.3.4	<i>Centro de seccionamiento y entrega</i> .....	62
8.4	ADECUACIÓN INSTALACIÓN LAMT EXISTENTE Y NUEVO C. TRAF0 DEL SECTOR A	64
8.4.1	<i>Línea aérea MT simple circuito existente</i> .....	64
8.4.2	<i>Conversion aero-subterránea</i> .....	65
8.4.3	<i>Línea subterránea MT simple circuito</i> .....	66
8.4.4	<i>Centro de transformación 2x630 kVA</i> .....	66
8.5	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DEL SECTOR A .....	68
8.5.1	<i>Cálculo de la producción energética</i> .....	69
8.5.2	<i>Componentes de la instalación fotovoltaica</i> .....	71
8.5.3	<i>Sistema de seguridad y videovigilancia</i> .....	94
8.6	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BT Y AUTOMATIZACIÓN SECTOR A .....	95
8.6.1	<i>Acometida</i> .....	96
8.6.2	<i>Previsión de potencia</i> .....	97
8.6.3	<i>Cuadros eléctricos</i> .....	98
8.6.4	<i>Instalación eléctrica de alumbrado interior y exterior</i> .....	99
8.6.5	<i>Puesta a tierra</i> .....	100
8.7	OBRA DE TOMA DEL SECTOR B.....	100

8.8	OBRA CIVIL DE ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR B .....	101
8.8.1	<i>Sistema estructural</i> .....	102
8.8.2	<i>Sistema envolvente</i> .....	104
8.8.3	<i>Sistema de compartimentación</i> .....	105
8.8.4	<i>Sistema de acabados</i> .....	105
8.8.5	<i>Sistema de acondicionamiento e instalaciones</i> .....	106
8.8.6	<i>Urbanización</i> .....	109
8.9	INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN PARA CONEXIÓN A RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SECTOR B .....	110
8.9.1	<i>Punto de conexión a red</i> .....	110
8.9.2	<i>Línea aérea MT doble circuito</i> .....	110
8.9.3	<i>Línea subterránea MT doble circuito</i> .....	111
8.9.4	<i>Centro de seccionamiento y entrega</i> .....	112
8.10	ADECUACIÓN INSTALACIÓN LAMT EXISTENTE Y NUEVO C. TRAFIO DEL SECTOR B.....	114
8.10.1	<i>Línea aérea MT simple circuito existente</i> .....	114
8.10.2	<i>Conversion aero-subterránea</i> .....	115
8.10.3	<i>Línea subterránea MT simple circuito</i> .....	115
8.10.4	<i>Centro de transformación 2x630 kVA</i> .....	116
8.11	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DEL SECTOR B.....	118
8.11.1	<i>Adecuación de la parcela</i> .....	119
8.11.2	<i>Sistema de seguridad y videovigilancia</i> .....	125
8.12	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BT Y AUTOMATIZACIÓN SECTOR B .....	125
8.12.1	<i>Acometida</i> .....	126
8.12.2	<i>Previsión de potencia</i> .....	127
8.12.3	<i>Cuadros eléctricos</i> .....	128
8.12.4	<i>Instalación eléctrica de alumbrado interior y exterior</i> .....	129
8.12.5	<i>Puesta a tierra</i> .....	130
8.13	ESTACIÓN DE BOMBEO: EQUIPOS DE BOMBEO.....	130
8.13.1	<i>Sistema de bombeo del Sector A</i> .....	131
8.13.2	<i>Sistema de bombeo del Sector B</i> .....	138
8.13.3	<i>Potencia instalada y potencia consumida</i> .....	145
8.13.4	<i>Determinación de altura-presión de los bombeos</i> .....	146
8.14	RED DE RIEGO.....	147
8.14.1	<i>Caudales de diseño de cada uno de los niveles hidráulicos</i> .....	148
8.14.2	<i>Diseño de hidrantes individuales y colectivos</i> .....	151
8.14.3	<i>Presiones de diseño de cada uno de los niveles hidráulicos</i> .....	157
8.14.4	<i>Diseño de la red de riego</i> .....	159
8.14.5	<i>Piezas especiales de calderería</i> .....	168

8.14.6	Movimiento de tierras: zanjas para tuberías .....	169
8.14.7	Ventosas.....	170
8.14.8	Desagües de la red.....	172
8.14.9	Válvulas de corte .....	173
8.15	<b>TELECONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.</b> ....	175
8.15.1	Red de alta .....	175
8.15.2	Red de baja .....	177
8.15.3	Sistema de comunicaciones.....	177
8.15.4	Centro de control .....	179
8.15.5	Software control SCADA .....	184
8.15.6	Unidades remotas en terminales de riego.....	189
8.15.7	Concentradoras .....	194
8.15.8	Autómatas para el control de la red de alta.....	196
8.15.9	Pantalla táctil en la red de alta .....	197
8.15.10	Especificaciones de funcionamiento de las instalaciones de riego .....	197
8.15.11	Elementos del telecontrol y automatización .....	199
8.16	<b>GESTION TIERRAS DE LAS EXCAVACIONES.</b> .....	201
8.17	<b>RETIRADA DE INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO ANTIGUAS COINCIDENTES CON LA TRAZA</b> .....	202
8.18	<b>ESTUDIO ESPECÍFICO DE ACCIONES SÍSMICAS</b> .....	202
<b>9</b>	<b>AHORRO POTENCIAL DE AGUA.....</b>	<b>202</b>
<b>10</b>	<b>DISMINUCIÓN DE LA DEPENDENCIA ENERGIA DE ENERGIAS CONVENCIONALES Y DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub></b> .....	<b>203</b>
10.1	ACCESOS A LAS OBRAS, DESVIOS DE TRÁFICO Y ZONA DE ACOPIOS.....	209
10.1.1	Accesos obras Sector A .....	210
10.1.2	Accesos obras Sector B .....	211
10.2	MEDIDAS AMBIENTALES DE INTEGRACIÓN EN EL PRTR .....	212
10.2.1	Divulgación y formación en Buenas Prácticas Agrícolas .....	212
10.2.2	Estructuras vegetales en alineación.....	214
10.2.3	Incremento de disponibilidad de espacios para nidificación de aves.....	216
10.2.4	Charca para anfibios.....	218
10.2.5	Medidas de prevención contra el deterioro de la calidad de las masas de agua subterránea .....	220
<b>11</b>	<b>REQUISITOS ADMINISTRATIVOS.....</b>	<b>225</b>
11.1	MARCO NORMATIVO .....	225
11.2	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	229
11.3	APLICACIÓN DE LA LEY 21/2013 DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	229

11.4	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....	232
11.5	OCUPACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS: EXPROPIACIONES.....	232
11.6	SERVICIOS AFECTADOS, REPOSICIONES, PERMISOS Y LICENCIAS .....	235
11.7	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	236
11.8	CLASIFICACION DEL CONTRATISTA Y FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS 237	
11.9	PLAZO DE EJECUCIÓN, PLAN DE OBRA Y PERIODO DE GARANTÍA, .....	238
11.10	PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD .....	238
11.11	MANIFESTACIÓN DE OBRA COMPLETA .....	238
<b>12</b>	<b>DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO .....</b>	<b>239</b>
<b>13</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>240</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cultivos y sistema de riego actual y futuro .....	5
<b>Tabla 2.</b> Coordenadas de la zona regable objeto de proyecto.....	17
<b>Tabla 3.</b> Coordenadas de las instalaciones objeto de proyecto.....	18
Tabla 4. Cuadro resumen catas realizadas por Agrimensur Consulting, S.L. en el Sector A. ...	38
Tabla 5. Cuadro resumen catas realizadas por Agrimensur Consulting, S.L. en el Sector B. ...	38
Tabla 6. Cuadro resumen con ubicación de las catas.....	39
<b>Tabla 7.</b> Trabajos topográficos de detalle.....	43
<b>Tabla 8.</b> Trabajos topográficos de detalle.....	43
<b>Tabla 9.</b> Puntos de apoyo .....	45
<b>Tabla 10.</b> Cultivos y sistema de riego actual y futuro .....	47
<b>Tabla 11.</b> Número de salidas y recorridos de evacuación estación de bombeo sector A.....	58
<b>Tabla 12.</b> Tipos de salidas de planta en estación de bombeo y filtrado.....	59
<b>Tabla 13.</b> Apoyos diseñados en entronque sector A.....	61
<b>Tabla 14.</b> Características trafos potencia sector A.....	67
<b>Tabla 15.</b> Pérdidas producción fotovoltaica en %.....	71
<b>Tabla 16.</b> Características técnicas de los paneles proyectados (Sector A) .....	74
<b>Tabla 17.</b> Tabla de características acometida sector A.....	96
<b>Tabla 18.</b> Número de salidas y recorridos de evacuación estación de bombeo sector B.....	108
<b>Tabla 19.</b> Tipos de salidas de planta en estación de bombeo y filtrado.....	108
<b>Tabla 20.</b> Apoyos diseñados en entronque sector B.....	111
<b>Tabla 21.</b> Apoyos diseñados en entronque sector B.....	115
<b>Tabla 22.</b> Características trafos potencia sector B.....	117
<b>Tabla 23.</b> Tabla de características acometida sector B.....	126
<b>Tabla 24.</b> Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 390 l/s a 63 mca.....	134
<b>Tabla 25.</b> Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 210 l/s a 25 mca.....	137
<b>Tabla 26.</b> Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 300 l/s a 62 mca.....	141
<b>Tabla 27.</b> Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 90 l/s a 62 mca.....	145
<b>Tabla 28.</b> Potencias de los grupos de bombeo Sector A .....	145

<b>Tabla 29.</b> Potencias de los grupos de bombeo Sector B .....	146
<b>Tabla 30.</b> Resumen del caudal de cada tipo de válvula hidráulica contador .....	152
<b>Tabla 31.</b> Resumen diámetro de válvulas hidráulicas-contador en hidrantes individuales .....	153
<b>Tabla 32.</b> Tipo de armario para hidrante colectivo .....	154
<b>Tabla 33.</b> Caudal para acometida de hidrante colectivo.....	154
<b>Tabla 34.</b> Resumen diámetro hidrantes colectivos.....	155
<b>Tabla 35.</b> Resumen diámetro de válvulas hidráulicas-contador en hidrantes colectivos .....	156
<b>Tabla 36.</b> Tamaño de las tomas de parcela .....	156
<b>Tabla 37.</b> Resumen de número de tomas de parcela.....	157
<b>Tabla 38.</b> Resumen tuberías de PVC Orientado .....	164
<b>Tabla 39.</b> Resumen tuberías de PEAD.....	164
<b>Tabla 40.</b> Longitud de tubería secundaria por sector y por diámetro. Tabla Resumen .....	167
<b>Tabla 41.</b> Espesores mínimos .....	168
<b>Tabla 42.</b> Movimiento de tierras tuberías primarias y secundarias .....	170
<b>Tabla 43.</b> Dimensionamiento ventosas.....	171
<b>Tabla 44.</b> Resumen ventosas instaladas.....	172
<b>Tabla 45.</b> Resumen de desagües en tuberías primarias.....	173
<b>Tabla 46.</b> Resumen válvulas de corte. ....	174
<b>Tabla 47.</b> Características puntos de control (Red alta) .....	176
<b>Tabla 48.</b> Características puntos de control (Red baja) .....	177
<b>Tabla 49.</b> Tabla de unidades de obra (I).....	199
<b>Tabla 50.</b> Tabla de unidades de obra (II).....	200
<b>Tabla 51.</b> Tabla de unidades de obra (II).....	200
<b>Tabla 52.</b> Tabla de unidades de obra (II).....	201
<b>Tabla 53.</b> Tabla de unidades de obra (II).....	201
<b>Tabla 54.</b> Eficiencia actual de la zona de actuación.....	203
<b>Tabla 55.</b> Energía necesaria para suministro de necesidades hídricas en jornada establecida de riego Sector A.....	205

<b>Tabla 56.</b> Energía necesaria para suministro de necesidades hídricas en jornada establecida de riego Sector B.....	205
<b>Tabla 57.</b> Datos de autoconsumo y energía consumida de red Sector A.....	206
<b>Tabla 58.</b> Datos de autoconsumo y energía consumida de red Sector B.....	206
<b>Tabla 59.</b> Resumen de energía autoproducida y procedente de red convencional.....	207
<b>Tabla 60.</b> Estimación de la reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente frente a situación actual.....	208
<b>Tabla 61.</b> Estimación de las emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente futuras.....	208
<b>Tabla 62.</b> Número de plantas necesarias en alineación.....	215
<b>Tabla 63.</b> Puntos de control de la Red de Control de Calidad de Aguas de Riego RECAREX.....	222
<b>Tabla 64.</b> Plan de muestreo de aguas subterráneas de la zona de estudio.....	224
<b>Tabla 65.</b> Parcelas catastrales particulares para toma sector A.....	233
<b>Tabla 66.</b> Parcelas catastrales particulares para FV sector A.....	233
<b>Tabla 67.</b> Parcelas catastrales particulares para toma sector B.....	233
<b>Tabla 68.</b> Parcelas catastrales particulares para FV sector B.....	234
<b>Tabla 69.</b> Parcela catastral CHG para obra toma sector A.....	234
<b>Tabla 70.</b> Parcela catastral CHG para obra toma sector B.....	234
<b>Tabla 71.</b> Parcela catastral CHG para campo fotovoltaico sector B.....	234
<b>Tabla 72.</b> Resumen presupuesto.....	241

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Características expediente concesional.....	7
<b>Figura 2.</b> Ubicación tomas actuales y superficie regable por gravedad.....	9
<b>Figura 3.</b> Ubicación del proyecto. Contexto general.....	17
<b>Figura 4.</b> Ubicación del proyecto. Bombeo y PFV sector a-A.....	18
<b>Figura 5.</b> Ubicación del proyecto. Bombeo y PFV sector B-C.....	19
<b>Figura 6.</b> Mapa II-04 Geología: Edafología clasificación FAO.....	21
<b>Figura 7.</b> Masas de agua subterránea cercanas a la zona de estudio.....	23
<b>Figura 8.</b> Mapa II-04 Geología: Estratigrafía.....	24

Figura 9. Mapa III-03 Geología: Litología.....	25
<b>Figura 10.</b> Clasificación de terrenos según PG3.....	28
<b>Figura 11.</b> Ensayos de agresividad química .....	29
<b>Figura 12.</b> Expansividad del terreno.....	29
<b>Figura 13.</b> Tensiones admisibles terreno Estación bombeo sector A.....	30
<b>Figura 14.</b> Clasificación de terrenos según PG3.....	32
<b>Figura 15.</b> Ensayos de agresividad química .....	33
<b>Figura 16.</b> Expansividad del terreno.....	33
<b>Figura 17.</b> Tensiones admisibles terreno Estación bombeo sector B.....	35
<b>Figura 18.</b> Resultado de cargas y esquema de aplicación sobre paneles.....	36
<b>Figura 19.</b> Resumen de resultados de desplazamiento de los ensayos.....	37
<b>Figura 20.</b> Localización general calicatas en zona Sector A.....	40
<b>Figura 21.</b> Localización general calicatas en zona Sector B.....	41
<b>Figura 22.</b> Disposición de placa solar sobre soportes metálicos .....	72
<b>Figura 23.</b> Esquema de distribución tipo IT.....	81
<b>Figura 24.</b> Esquema de distribución tipo TT.....	82
<b>Figura 25.</b> Afección Canal de Lobon sector A.....	83
<b>Figura 26.</b> Esquema de sistema de monitorización Sector A .....	86
<b>Figura 27.</b> Topología de conexión tipo. Red en forma de estrella de fibra o Ethernet.....	87
<b>Figura 28.</b> Topología de conexión tipo. Conexión en red 4G.....	88
<b>Figura 29.</b> Disposición de placa solar sobre soportes metálicos .....	120
<b>Figura 30.</b> Curvas características de bomba de 390 l/s a 63 mca.....	132
<b>Figura 31.</b> Curvas características de bomba de 390 l/s a 63 mca a distintas revoluciones ....	134
<b>Figura 32.</b> Curvas características de bomba de 135 l/s a 63 mca.....	135
<b>Figura 33.</b> Curvas características de bomba de 135 l/s a 63 mca a distintas revoluciones ....	137
<b>Figura 34.</b> Curvas características de bomba de 300 l/s a 62 mca.....	139
<b>Figura 35.</b> Curvas características de bomba de 300 l/s a 62 mca a distintas revoluciones ....	140
<b>Figura 36.</b> Curvas características de bomba de 90 l/s a 62 mca.....	142
<b>Figura 37.</b> Curvas características de bomba de 90 l/s a 62 mca a distintas revoluciones .....	144

<b>Figura 38.</b> Hidrante individual DN=150 mm .....	153
<b>Figura 39.</b> Ejemplo hidrante colectivo (Armario Tipo I) .....	155
<b>Figura 40.</b> Ejemplos de secciones de zanjas tipo de la red primaria .....	165
<b>Figura 41.</b> Sección de zanja tipo de la red secundaria .....	168
Figura 42. Localización de puntos de control de la Red de Control de Calidad de Aguas de Riego RECAEX. ....	223

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

**Fotografía 1.** Camino de servicio acceso campo fotovoltaico-estación de bombeo sector A . 210

**Fotografía 2.** Acceso a estación de bombeo sector A ..... 211

**Fotografía 3.** Camino de servicio acceso campo fotovoltaico-estación de bombeo sector B . 212

## **1 ANTECEDENTES**

La Comunidad de Regantes de Mérida solicitó un proyecto de modernización de regadíos para ser incluida en el «Plan para la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en regadíos» enmarcado dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Economía Española».

Las actuaciones incluidas en el presente proyecto estarán recogidas en el futuro Convenio a suscribir entre el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y la Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias, S.A., en relación con las obras de modernización de regadíos del «Plan para la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en regadíos» incluido en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, o en sus correspondientes adendas.

El Plan para la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en regadíos (Inversión C3. I1 del PRTR) cuenta con una dotación de 563.000.000 € a cargo del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, para inversiones en modernización de regadíos sostenibles, con el objetivo de fomentar el ahorro del agua y la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad energética en los regadíos españoles.

En los anexos del proyecto se incluye la información que determina el encaje en los objetivos del Plan, así como la información necesaria para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia. En este sentido, en el artículo 17 del Reglamento 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088, se establece la necesidad de cumplir el principio de no causar un perjuicio significativo (DNSH) a los objetivos medioambientales recogidos en el artículo 9 del citado Reglamento.

En el Real Decreto Ley 10/2005, de 20 de junio por el que se adoptan medidas urgentes para paliar los daños producidos en el sector agrario por la sequía y otras adversidades climáticas, se declaró de interés general las obras de «Mejora y modernización de regadíos en la C.R. de Mérida, TT. MM. de Mérida, Arroyo San Serván y Calamonte».

Se redacta el presente proyecto de «Modernización integral de la zona de riego por gravedad de la Comunidad de Regantes de Mérida – Canal de Lobón» para la mejora de las instalaciones de riego de la Comunidad de Regantes de Mérida, por encargo de la Junta de Gobierno de la citada Comunidad de Regantes.

## **2 OBJETO DEL PROYECTO**

**El objeto del presente proyecto es la modernización de las infraestructuras de riego de la Comunidad de Regantes de Mérida**, 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 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 los cultivos de la zona regable un resultado neto de efecto sumidero de CO<sub>2</sub>.

Con la explotación del proyecto se pretende consolidar el regadío en la Comunidad 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, al mismo tiempo que se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **3 AGENTES**

#### **3.1 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.

Promotor: Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias, SA (SEIASA)

Domicilio: c/ José Abascal, nº4, 6.ª planta, MADRID (28003-Madrid)

CIF: A-82535303

El beneficiario de las actuaciones es la Comunidad de Regantes de Mérida – Canal de Lobón (Badajoz).

Beneficiario: Comunidad de Regantes de Mérida – Canal de Lobón.

Domicilio: Ctra. BA-012, s/n, estación de bombeo Canal de Lobón (06850-Arroyo de San Serván, Badajoz)

CIF: G-06.009.781

#### **3.2 CONSULTORA**

El encargo se realiza a la empresa AGRIMENSUR CONSULTING S.L., con C.I.F. B-14.609.564 y domicilio en c/ Marie Curie, Local 3 y 4 del Edificio Amatista, de Córdoba, actuando a petición de ésta D. Antonio Romero López, Ingeniero Agrónomo cdo 1503 del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Andalucía

El técnico que suscribe, Antonio Romero López, Ingeniero Agrónomo colegiado nº 1503 del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Andalucía, a tenor de la experiencia previa en la legalización de instalación de producción de energía eléctrica solar fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes para la estación de bombeo del Sector VIII.1, potencia 619,92 kWp, centro de transformación 1000 kVA, relación transformación 6000//800 V y línea subterránea de MT a 6 kV de potencia 2,70 MW, en las parcelas 48 y 49 del polígono 513 de Guareña (Badajoz), para la Comunidad de regantes del Zújar, con resolución de autorización administrativa de construcción, fecha 16/09/2022, otorgada por la Dirección General de Industria, Energía y Minas, de la Consejería para la transición ecológica y sostenibilidad de la Junta de Extremadura, se considera

técnico competente habilitado ante la Administración competente para suscribir las instalaciones eléctricas que involucren tensiones de utilización superiores a 1 kV.

También como director de obra ha tramitado la autorización administrativa de explotación de la otorgada por la Dirección General de Industria, Energía y Minas, de la Consejería para la transición ecológica y sostenibilidad de la Junta de Extremadura, para la planta solar fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes para la estación de bombeo del Sector VIII.2, potencia 630 kWp, centro de transformación 1000 kVA, relación transformación 6000//800 V y línea subterránea de MT a 6 kV.

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

La comunidad de regantes de Mérida, se encuentra situada en las denominadas Vegas Bajas del Plan Badajoz, extendiéndose por la margen izquierda del río Guadiana y ocupando los municipios de Mérida, Arroyo de San Serván, Calamonte, Lobón y Montijo (Badajoz). Esta comunidad tiene sus tomas de agua a lo largo del Canal de Lobón y está dividida en dos zonas claramente diferenciadas:

- Zona de riegos por gravedad formada por los sectores a, A, B y C y que tiene una superficie de 2.023 ha. Corresponden con las zonas de vegas tomándose el agua por gravedad y se distribuye mediante acequias.
- Zona de riegos presurizados formada por el sector de Arroyo-Calamonte con una superficie de 3.403 ha. Existe una estación de bombeo para poder elevar el agua desde el Canal a un depósito de la comunidad de regantes situado en una zona elevada y a partir del cual se pone en carga las redes de riego, que, en este caso, son tuberías de presión de acero, hormigón con camisa de chapa y fibrocemento. Comprende los Subsectores de Arroyo de San Serván y el de Calamonte. A lo largo de la red de tuberías existen unos hidrantes principales que alimentan a parcelas directamente o a una red secundaria que llega a las parcelas más pequeñas.

La superficie total regada en la Zona Regable es en la actualidad de 5.426 ha. Existen en la zona un total de 1.280 propietarios.

Las actuaciones que se contemplan se llevarán a cabo en la zona de riegos por gravedad, que se extienden a lo largo de los municipios de Mérida, Arroyo de San Serván, Lobón y Montijo, en la provincia de Badajoz.

La zona regable se abastece desde el Canal de Lobón el cual alimenta las acequias de los

sectores de gravedad y la estación de bombeo del sector presurizado. Aguas abajo de la Comunidad de Regantes de Mérida continúa dando servicio a la CR de Lobón, a la CR de Talavera la Real y a la CR de Badajoz.

El Canal de Lobón está regulado mediante compuertas automatizadas y balsas de regulación. La Comunidad de Regantes de Mérida se encuentra en cabecera del canal. Hasta la toma del Sector a-A tiene una capacidad de transporte de 14,2 m<sup>3</sup>/s y hasta la toma del Sector B-C de 10 m<sup>3</sup>/s. Existen dos balsas de regulación que son la de Arroyo (75.000 m<sup>3</sup> de capacidad y situada entre la Toma a y la Toma A) y la Valdeovejas de (136.000 m<sup>3</sup> de capacidad y situadas justo aguas abajo de la Toma C). En la toma B y C existen compuertas de regulación motorizadas (cuentan con líneas eléctricas).

Los sectores o tomas A, B y C riegan por gravedad directamente desde el canal. La Toma a tiene una estación de bombeo que eleva el agua desde el Canal de Lobón hasta la acequia que abastece ese sector. En esta estación de bombeo existen 4 bombas de 50 CV con dos centros de transformación de 160 KVA y una línea eléctrica que los abastece. Este bombeo tiene un consumo medio de 163.574 kW/año. Todos estos elementos están en edificios de control en un recinto cerrado y urbanizado. Todas las instalaciones son propiedad de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, pero están cedidas para su explotación y mantenimiento a la Comunidad de Regantes por Encomienda de Gestión firmada en noviembre de 2020 por un plazo de 75 años.

Una gran parte de las acequias de la zona regable tienen más de 60 años que presentan, en líneas generales, un mal estado de conservación. La baja eficiencia del sistema implica muchas pérdidas de agua. Además, el obsoleto sistema de riego no permite automatización alguna, por lo que los regantes están permanentemente dedicados al mismo con estrictos turnos de riego.

Conforme figura en la Concesión de Aguas, la comunidad de regantes tiene una dotación de 7.500 m<sup>3</sup>/ha·año. Toda la gestión del agua y mantenimiento de las instalaciones es realizada por la propia Comunidad de Regantes.

Los cultivos y el sistema de riego actual se recogen en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Cultivos y sistema de riego actual y futuro

	%	Ha	Riego actual
<b>Alfalfa</b>	0,84	17	Gravedad
<b>Almendra</b>	5,68	115	Goteo
<b>Frutales (*)</b>	15,92	322	Goteo-Gravedad
<b>Girasol</b>	1,43	29	Gravedad
<b>Hortícolas</b>	8,51	172	Gravedad
<b>Maíz</b>	27,88	564	Gravedad
<b>Olivar</b>	7,56	153	Goteo

<b>Tomate</b>	23,08	467	Goteo
<b>Trigo</b>	2,08	42	Gravedad
<b>Viña</b>	7,02	142	Goteo
	100	2023	

Fuente: Datos facilitados por la Comunidad de Regantes Mérida

(\*) Se ha considerado un 50 % de riego por gravedad y un 50 % de riego por goteo

Con las 2.023 ha a modernizar, en la actualidad se puede estimar en función de los cultivos existentes, que la superficie regada por cada sistema de riego será de 985 ha (48,69 %) de riego por superficie y 1.038 ha (51,31%) de localizado.

En las parcelas que se riega con sistemas localizados la energía necesaria para los bombeos individuales se la proporcionan los propios regantes mediante conexiones a la red eléctrica en las parcelas más grandes y con grupos electrógenos en las más pequeñas, siendo por lo general instalaciones con muy baja eficiencia energética (lo cual lleva consigo unos importantes costes energéticos a las explotaciones).

Conforme figura en la Concesión de Aguas a la comunidad de regantes riega 5.426 ha y le corresponde al año un volumen de 40.695.000 m<sup>3</sup>, con una dotación de 7.500 m<sup>3</sup>/ha. La Comunidad de Regantes de Mérida posee una concesión de aguas con las siguientes características:

#### CARACTERÍSTICAS DEL DERECHO

TITULAR: Comunidad de Regantes de Mérida – Canal de Lobón

TIPO DE USO: Riego

VOLUMEN MÁXIMO ANUAL (m<sup>3</sup>): 40.695.000

CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (l/s): 5.426

PROCEDENCIA DE LAS AGUAS: Río Guadiana

PLAZO POR EL QUE SE OTORGA: 60 años desde la resolución de concesión.

#### CARACTERÍSTICAS DE LAS CAPTACIONES Y USOS

NÚMERO TOTAL DE CAPTACIONES: 1

NÚMERO TOTAL DE USOS: 1

#### CARACTERÍSTICAS DE LA CAPTACIÓN

NOMBRE DE LA CAPTACIÓN: Canal de Lobón - Mérida

NÚMERO TOTAL DE USOS POR CAPTACIÓN: 1

PROCEDENCIA DEL AGUA: Río Guadiana

TIPO DE CAPTACIÓN: Directa

LOCALIZACIÓN DE LA CAPTACIÓN:

UBICACIÓN: Presa de Montijo

TÉRMINO MUNICIPAL: Mérida

PROVINCIA: Badajoz

COORDENADAS U.T.M. (X, Y): X: 723.254, Y: 4.311.643

**CARACTERÍSTICAS DEL USO**

USO AL QUE SE DESTINA EL AGUA: Riego

SISTEMA DE RIEGO:

Sector	Sistema de riego	Superficie regable (has)
a	Gravedad	987
Arroyo-Calamonte	Aspersión	3403
A	Gravedad	155
A-Supletoria	Gravedad	65
B	Gravedad	680
C	Gravedad	136

CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL USO: Riego para los sectores "a", "A", "B", "C", "A-Supletoria" y "Arroyo Calamonte del Canal de Lobón", en el término municipal de Mérida.

 DOTACIÓN (m<sup>3</sup>/ha/año): 7.500 en la toma.

 VOLÚMEN MÁXIMO ANUAL (m<sup>3</sup>): 40.695.000

CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (l/s): 5.426

**Figura 1.** Características expediente concesional

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

La zona de riego por gravedad, que es sobre la que se actúa en este proyecto, ocupa 2.023 ha.

Es fundamental para hacer viable el regadío desde el punto de vista económico y medioambiental reducir el agua y la energía consumida. Para ello, se deben acometer actuaciones que permitan ahorrar agua y generar energía mediante fuentes renovables para autoconsumo que permita reducir el consumo de energía convencional y disminuir la dependencia energética.

## 5 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA

### 5.1 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

Se han planteado varias alternativas previas que con un simple análisis permiten centrar el estudio.

#### 5.1.1 Alternativa cero

La **Alternativa 0** contempla la no actuación, consistente en no acometer ninguna mejora sobre las infraestructuras, manteniéndolas en su estado actual.

El estado de conservación de las instalaciones de riego es bastante deficiente lo que implica una baja eficiencia del riego, con unas pérdidas importantes (consumos de 7.500 m<sup>3</sup>/ha·año).

En la actualidad existe una dependencia de la energía eléctrica convencional por parte de los

regantes con un consumo que asciende a 1.930.680 kWh/año, a los que hay que añadir los 163.574 kWh/año del consumo del bombeo de la Toma a de la Comunidad de Regantes, lo cual hace un total de 2.094.254 kWh/año.

Esta situación de altos consumos de agua y energía se puede optimizar, ya que no son sostenibles ni ambiental ni económicamente. Por tanto, es necesario acometer actuaciones que optimicen y disminuyan el consumo de los recursos.

### **5.1.2 Planteamiento de nuevas alternativas**

La única opción viable para conseguir los objetivos propuestos consiste en llevar a cabo dos tipos de actuaciones:

- Entubar la red de acequias para evitar las pérdidas de agua en el transporte.
- Buscar alternativas que impliquen un ahorro energético con bajos costes de ejecución.

Como se hace en muchas zonas regables, la primera opción sería entubar la red de acequias (para evitar las pérdidas de agua) y aprovechar los desniveles existentes para conseguir presión en la red de riego (disminuir consumo de energía de procedencia convencional). Esta opción es completamente inviable en esta zona regable, pues presenta una orografía completamente llana, con lo que los diámetros de las tuberías a emplear en la red de riego serían muy grandes y además no se llegará con presión a las parcelas, por lo que tendrían que seguir manteniendo sus sistemas de bombeo particulares que son mucho menos eficientes que los colectivos.

Una vez que se decide sustituir las acequias por una red de tuberías presurizadas buscando reducir la energía convencional consumida por los regantes se han estudiado múltiples opciones para cada uno de las principales actuaciones que definirán el proyecto que son:

- División de la zona regable en sectores para la optimización hidráulica y energética y ubicación de las estaciones de bombeo
- Abastecimiento de energía de las estaciones de bombeo
- Redes de tuberías de riego: Optimización hidráulica y energética

### **División de la zona regable en sectores y ubicación de las estaciones de bombeo**

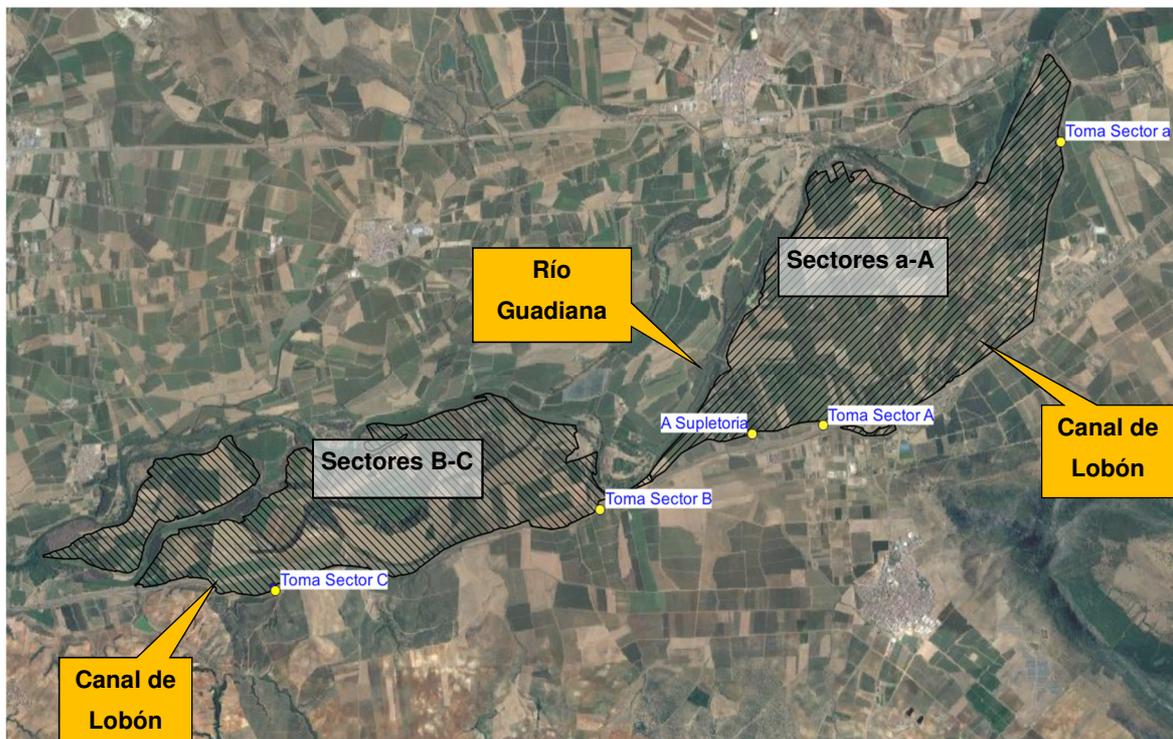
La zona regable se extiende en paralelo a lo largo del Canal de Lobón y del río Guadiana y se abastece de 4 tomas: a, A, B y C. Se analiza mantener tantos sectores como tomas existen en la actualidad (4 sectores) o reducirlos a dos sectores adaptándose a la geometría que el río

Guadiana delimita.

Existe un meandro en el río Guadiana que casi divide la zona en dos partes, pues limita con la autopista A-5 y el Canal de Lobón, por lo que naturalmente la zona objeto de modernización queda dividida en dos subzonas.

En la subzona de cabecera existen las tomas a y A de las que parten una red de acequias independientes. En la otra subzona existen las tomas B y C, también con redes de acequias independientes.

El número de nuevas estaciones de bombeo a proyectar estará relacionado con el número de sectores que se diseñen. En la Toma "a" existe ya una pequeña estación de bombeo con suministro eléctrico. En el resto de tomas sólo existen compuertas de toma en el canal.



**Figura 2. Ubicación tomas actuales y superficie regable por gravedad**

*Fuente: Elaboración propia sobre ortofotografía de Google Satélite*

### **Abastecimiento de energía de las estaciones de bombeo**

Las estaciones de bombeo necesitarán energía eléctrica para su funcionamiento por lo que se plantean varias opciones:

- Energía procedente sólo de la red eléctrica convencional
- Energía procedente sólo de energía solar fotovoltaica

- Un sistema híbrido.

La comunidad de regantes dispone de un suministro eléctrico con un contrato a su nombre, luego se podría plantear una ampliación del mismo a la compañía suministradora. En las tomas A y B no existe ninguna línea ni suministro. En la Toma C existe una línea con un pequeño suministro para alimentar las compuertas de regulación del Canal de Lobón.

Por otro lado, la Comunidad de Regantes tiene la posibilidad de disponer de terrenos junto a algunas de las futuras estaciones de bombeo por acuerdo con los regantes colindantes (concretamente en las actuales Tomas a y C).

### **Redes de tuberías de riego: Optimización hidráulica y energética**

Partiendo de la base de que los trazados de las tuberías deben seguir los trazados de las actuales acequias para aprovechar las servidumbres se realiza una optimización hidráulica y energética de dichas redes de riego en función de la presión de salida de las estaciones de bombeo. Se conjuga el coste de las tuberías de las redes de riego frente a los costes energéticos que conllevan la presión de salida a proporcionar. Este aspecto no se analizará en el análisis de alternativas por ser de índole estrictamente económica a aplicar sobre la alternativa finalmente elegida.

En base a todo lo expuesto se plantean varias alternativas, que se describen a continuación.

#### **5.1.2.1 Alternativa 1**

La **Alternativa 1** plantea la sustitución de acequias por tuberías presurizadas, la ejecución de cuatro estaciones de bombeo (una por cada toma actual), las cuales se abastecen con energía convencional.

#### **5.1.2.2 Alternativa 2**

La **Alternativa 2** sustituye igualmente, las acequias por tuberías presurizadas, de forma que se presuriza directamente en cabecera desde únicamente dos estaciones de bombeo.

El abastecimiento de las estaciones de bombeo se puede conseguir mediante energía solar fotovoltaica ejecutando dos plantas ubicadas junto a las mismas.

### 5.1.2.3 Alternativa 3

La **Alternativa 3** consiste en sustituir las acequias por tuberías, con dos únicas estaciones de bombeo, como en la alternativa anterior. La diferencia estriba en que el abastecimiento de las estaciones de bombeo se puede conseguir de forma híbrida utilizando energía convencional y fotovoltaica.

## 5.2 EXAMEN MULTICRITERIO DE LAS ALTERNATIVAS

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

### Alternativa 0

#### **Ventajas:**

- Al no actuar, no habrá ocupación de superficie agrícola, ni excavaciones ni modificación de ningún tipo
- No existirán los impactos potenciales de las posibles infraestructuras a proyectar.

#### **Desventajas:**

- El consumo potencial de agua de 7.500 m<sup>3</sup>/ha·año de la zona regable es muy elevado respecto a zonas regables presurizadas.
- El consumo energético de los regantes a nivel particular para presurizar sus instalaciones es elevado (1.345.248 kWh/año), más si cabe que sólo una parte de la comunidad de regantes estaría regando con sistemas de riego presurizados (1.038 ha). El suministro energético actual procede de la red eléctrica convencional y de grupos electrógenos. A este consumo se añaden los 163.574 kW/año del consumo del bombeo de la Toma a de la Comunidad de Regantes, lo cual hace un total de 2.094.254 kWh/año. Según los cálculos basados en el documento *Factores de emisión. Registro de huella de carbono compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono* publicado en julio de 2022 por el MITERD y la Oficina Española de Cambio Climático, utilizando un factor de emisión de 0,258 kg CO<sub>2</sub>e/kWh, correspondiente a la comercializadora ENDESA, ese consumo se traduce en una emisión de 540.317,5 kg CO<sub>2</sub>e/año.
- La ineficiencia del sistema de riego por inundación, los turnos de riego existentes y los costes energéticos están comprometiendo la viabilidad económica de los cultivos.

### **Alternativa 1**

#### **Ventajas:**

- Existen las 4 tomas, luego las obras de toma en el Canal de Lobón no habría que ejecutarlas.
- Se seguirá completamente el trazado de la red de acequias existentes.
- Existen líneas eléctricas en la zona regable para abastecimiento desde ellas y se dispone de autorización para el suministro de la potencia necesaria en la toma a y C.
- Las líneas en la toma a y C están construidas, luego no existirán impactos vinculados a su construcción.

#### **Desventajas:**

- En principio no se dispone de los terrenos necesarios para la construcción de las estaciones de bombeo en las tomas A y B.
- No existen líneas eléctricas que lleguen a las Tomas A y B, luego sería necesario construirlas con los consiguientes impactos ambientales.
- Construir 4 estaciones de bombeo para la superficie total de la zona regable supondría una dificultad para la explotación futura de la red, además de un coste más elevado en su construcción (estimado en más de 4.000.000 € de ejecución material).
- Se incrementaría el consumo energético actual de la zona regable pasando de un consumo total de 2.094.254 kWh/año (particulares más bombero de Toma a) a 2.851.746 kWh/año, lo que significaría un aumento del consumo en 757.492 kWh/año y de las emisiones de emisión de CO<sub>2</sub> de 195.433 kg CO<sub>2</sub>e/año.
- El incremento de costes asociado a un mayor consumo energético podría hacer inviable la modernización de la zona regable.

### **Alternativa 2**

Si se divide la zona en dos sectores coincidentes con las subzonas, quedarían por un lado las tomas a y A (lo denominamos Sector A) y por otro la subzona con las tomas B y C (lo denominamos Sector B), lo que supondría proyectar dos estaciones de bombeo.

#### **Ventajas:**

- Existen las tomas a, A, B y C luego las obras de toma en el Canal de Lobón no habría que hacerlas.
- Se seguirá completamente el trazado de la red de acequias existentes salvo en algún pequeño tramo.
- Existe abastecimiento eléctrico en la Toma a y en la Toma C, donde sólo habría que solicitar la ampliación de potencia a ENDESA. No habrá nuevos impactos ambientales

con líneas eléctricas.

- Existe una estación de bombeo en la Toma a que se puede usar con las adecuaciones necesarias para la nueva estación de bombeo, por lo que no sería necesario ocupar parcelas agrícolas para su construcción.
- En la Toma C existe una superficie expropiada para el servicio del Canal de Lobón donde se puede construir la estación de bombeo por lo que no sería necesario ocupar parcelas agrícolas para su construcción. La estación de bombeo en la Toma C queda más centrada en el sector que en la Toma B, por lo que la red de riego resultará más económica si se plantea desde la Toma C.

#### **Desventajas:**

- En principio no se dispone de los terrenos necesarios para la construcción de las estaciones de bombeo en la toma A y B
- No existen líneas eléctricas que lleguen a la Toma A y B
- La estación de bombeo en la Toma a no queda centrada en el Sector, por lo que la red de riego resultará más costosa. Se incrementaría el consumo energético actual de la zona regable pasando de un consumo total de 2.094.254 kWh/año (particulares más bombero de Toma a) a 2.851.746 kWh/año, lo que significaría un aumento del consumo en 757.492 kWh/año y de las emisiones de emisión de CO<sub>2</sub> de 195.433 kg CO<sub>2</sub>e/año.
- El incremento de costes asociado a un mayor consumo energético podría hacer inviable la modernización de la zona regable.
- El coste de ejecutar dos estaciones de bombeo asciende a unos 2.750.000 €.
- El incremento de costes asociado a un mayor consumo energético podría hacer inviable la modernización de la zona regable.

#### **Alternativa 3**

Además de las ventajas y desventajas expuestas en la alternativa 2 planteando dos sectores con dos estaciones de bombeo, respecto de la división de la zona regable en dos zonas, será necesario exponer las derivadas de la implantación de un sistema híbrido de abastecimiento eléctrico con energía fotovoltaica y de la red convencional.

#### **Ventajas:**

- Existen líneas eléctricas en la zona regable para abastecimiento desde ellas y se dispone de autorización por ENDESA para el suministro de la potencia necesaria.
- Las líneas están construidas, luego no existirán impactos vinculados a su construcción.
- Se dispone de terrenos colindantes con las futuras estaciones de bombeo en la Toma a y en la C.

- El sistema de producción de energía fotovoltaica hibridado con energía convencional se adapta perfectamente al sistema de riego presurizado a la demanda con bombeo directo a la red.
- Se elimina el consumo actual de energía eléctrica procedente de la red convencional de los regantes a título particular por la implantación de campos fotovoltaicos para uso colectivo con el consiguiente ahorro de costes de explotación y disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>. El consumo de particulares estimado es de 1.345.248 kWh/año, procedentes de energías convencionales, que se traduce en una emisión de 347.073,98 kg CO<sub>2</sub>e/año, que serán completamente sustituidos por energías renovables.
- La energía procedente de la red convencional para regar las 2.023 ha que incluye el proyecto es menor que la que se puede estar consumiendo en la actualidad para regar 1.038 ha. Es decir, con la implantación de los bombeos colectivos de alta eficiencia energética con instalaciones fotovoltaicas asociadas frente a los bombeos individuales existentes (que dejarán de usarse) y la eliminación del bombeo actual de la Toma a se pasará de un consumo de 2.094.254 kWh/año (1.930.680 kWh/año de bombeos privados más 163.574 kWh/año del bombeo de la Toma a) a 2.851.746 kWh/año totales, de los cuales 1.153.521 kWh/año serán autoproducidos con las instalaciones fotovoltaicas y 1.689.225 kWh/año, procederán de la red eléctrica convencional. Esto representará un ahorro de energía de la red convencional de 405.029 kWh/año y una reducción de las emisiones de 104.497,5 kg CO<sub>2</sub>e/año.

**Desventajas:**

- Necesidad de superficies de terreno destinadas a cultivos agrícolas, con el consiguiente cambio de uso. Se ocuparán parcelas de frutales y cultivos herbáceos de gran valor económico, cultural y con capacidad de captura y fijación de carbono.

El coste de la implantación es elevado, si bien se amortiza con el ahorro de energía apoyado por la posibilidad de aprovecharse de las ayudas del “Plan para la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en regadíos” incluido en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR).

### **5.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

Atendiendo a las diferentes alternativas estudiadas, la Alternativa 3 es la más viable. Con el análisis realizado se llega a las siguientes conclusiones:

- La zona regable tendrá que dividirse en dos sectores hidráulicos y en los que se intentará aprovechar las obras de toma existentes en el Canal de Lobón. El denominado Sector A abarcará la superficie regada por las Tomas a y A. El denominado Sector B abarcará la superficie regada por las Tomas B y C.

- La estación de bombeo del Sector A se ubicará en la actual Toma a pues existe ya una estación de bombeo y una zona urbanizada, además de una línea eléctrica que abastece a dicha estación. Por tanto, se sitúa sobre una superficie parcialmente ocupada ya por infraestructuras similares que permiten disminuir la magnitud de la actuación proyectada y, en consecuencia, su impacto potencial. La línea eléctrica también se aprovechará al completo, luego no se generará ningún impacto adicional. En la Toma A no existen terrenos que no sean agrícolas ni línea eléctrica, luego los impactos generados serían mayores y el coste de los terrenos, urbanización y líneas eléctricas ascenderían a unos 250.000 € que en el caso de la Toma a no son necesarios.
- La estación de bombeo del Sector B se ubicará en la actual Toma C pues existe una superficie expropiada para el servicio del Canal de Lobón donde se puede construir la estación de bombeo por lo que no sería necesario ocupar parcelas agrícolas para su construcción, además de una línea eléctrica que abastece a dicha toma. Por tanto, se sitúa sobre una superficie no agrícola que permiten disminuir la magnitud de la actuación proyectada y, en consecuencia, su impacto potencial. La línea eléctrica también se aprovechará al completo, luego no se generará ningún impacto adicional. En la Toma B no existen terrenos que no sean agrícolas ni línea eléctrica, luego los impactos generados serían mayores y el coste de los terrenos, urbanización y líneas eléctricas ascenderían a unos 225.000 € que en el caso de la Toma B no son necesarios.
- Se opta por un sistema de abastecimiento de energía híbrido a las estaciones de bombeo con energía fotovoltaica y energía convencional (necesaria esta última para asegurar el funcionamiento de un sistema de riego a la demanda). Cada estación de bombeo contará con un campo fotovoltaico asociado que autoproducirán 1.153.521 kWh/año que representan el 40% del consumo total (2.851.746 kWh/año totales, de los cuales 1.153.521 kWh/año serán autoproducidos con las instalaciones fotovoltaicas y 1.689.225 kWh/año, procederán de la red eléctrica convencional). Con la implantación de los bombeos colectivos de alta eficiencia energética con instalaciones fotovoltaicas asociadas frente a los bombeos individuales existentes (que dejarán de usarse) y la eliminación del bombeo actual de la Toma a se consigue ahorro de costes de explotación y disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto representará un ahorro de energía de la red convencional de 405.029 kWh/año y una reducción de las emisiones de 104.497,5 kg CO<sub>2</sub>e/año.

#### **5.4 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

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

1. Obra de toma y estación de bombeo del Sector A.
2. Obra de toma y estación de bombeo del Sector B.
3. Infraestructura eléctrica para el Sector A incluyendo campo fotovoltaico de 858 kWp.
4. Infraestructura eléctrica para el Sector B incluyendo campo fotovoltaico de 702 kWp.
5. Red de riego primaria y secundaria del Sector A
6. Red de riego primaria y secundaria del Sector B
7. Hidrantes-contador en cada parcela
8. Automatización y telecontrol de las instalaciones

## **5.5 COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA ZONA REGABLE TRAS LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO FRENTE A LA ACTUAL**

El principal objetivo del proyecto con la modernización integral de las instalaciones de riego es el ahorro de agua, si bien con el diseño realizado se ha buscado la máxima eficiencia energética y se han proyectado instalaciones solares fotovoltaica que, además de los ahorros económicos que conlleva la instalación de un generador fotovoltaico, 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. 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.

Una vez realizada la modernización, el consumo anual por hectárea será de 6.239,37 m<sup>3</sup>/ha·año frente a los 7.500 m<sup>3</sup>/ha·año. Si se tiene en cuenta que la superficie regable es de 2.023 ha, se pasará de un consumo total de 15.172.500 m<sup>3</sup> a 12.622.238 m<sup>3</sup>, lo que representa un ahorro de 2.550.062 m<sup>3</sup>.

Además, con las actuaciones proyectada, la energía procedente de la red convencional para regar las 2.023 ha que incluye el proyecto es menor que la que se puede estar consumiendo en la actualidad para regar 1.038 ha. Es decir, con la implantación de los bombeos colectivos de alta eficiencia energética con instalaciones fotovoltaicas asociadas frente a los bombeos individuales existentes (que dejarán de usarse) y la eliminación del bombeo actual de la Toma a se pasará de un consumo de 2.094.254 kWh/año (1.930.680 kWh/año de bombeos privados más 163.574 kW/año del bombeo de la Toma a) a 2.851.746 kWh/año totales, de los cuales 1.153.521 kWh/año serán autoproducidos con las instalaciones fotovoltaicas y 1.689.225 kWh/año, procederán de la red eléctrica convencional. Esto representará un ahorro de energía de la red convencional de 405.029 kWh/año y una reducción de las emisiones de 104.497,5 kg CO<sub>2</sub>e/año, con lo que se está contribuyendo positivamente a la lucha contra el cambio climático

y sus consecuencias.

## 6 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

### 6.1 LOCALIZACIÓN

Las actuaciones que se contemplan se llevarán a cabo en la zona de riegos por gravedad, la cual se va a distribuir en dos nuevos sectores denominados "A" y "B" que se extienden a lo largo de los municipios de Mérida, Arroyo de San Serván, Lobón y Montijo, en la provincia de Badajoz.

La ubicación de las distintas actuaciones a realizar es la siguiente:

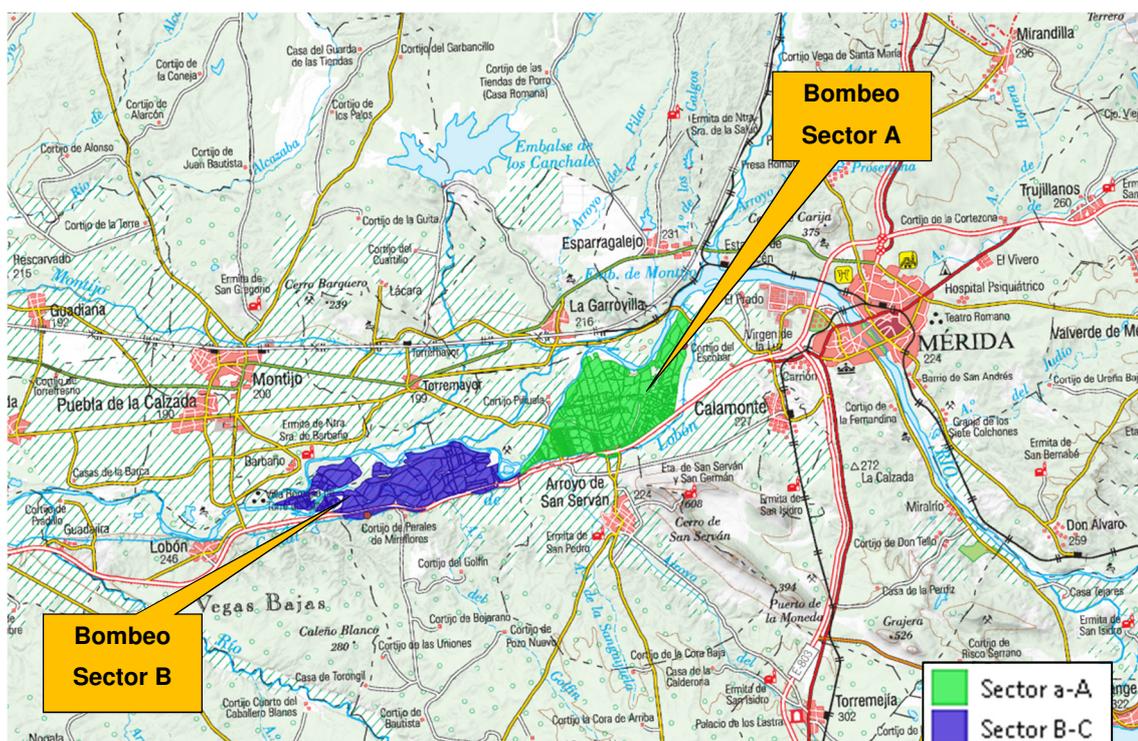


Figura 3. Ubicación del proyecto. Contexto general

Fuente: Base Cartográfica Nacional 1:200.000

La superficie de actuación queda enmarcada a lo largo de la margen izquierda del río Guadiana en un tramo definido entre dos puntos con las siguientes coordenadas UTM (ETRS89):

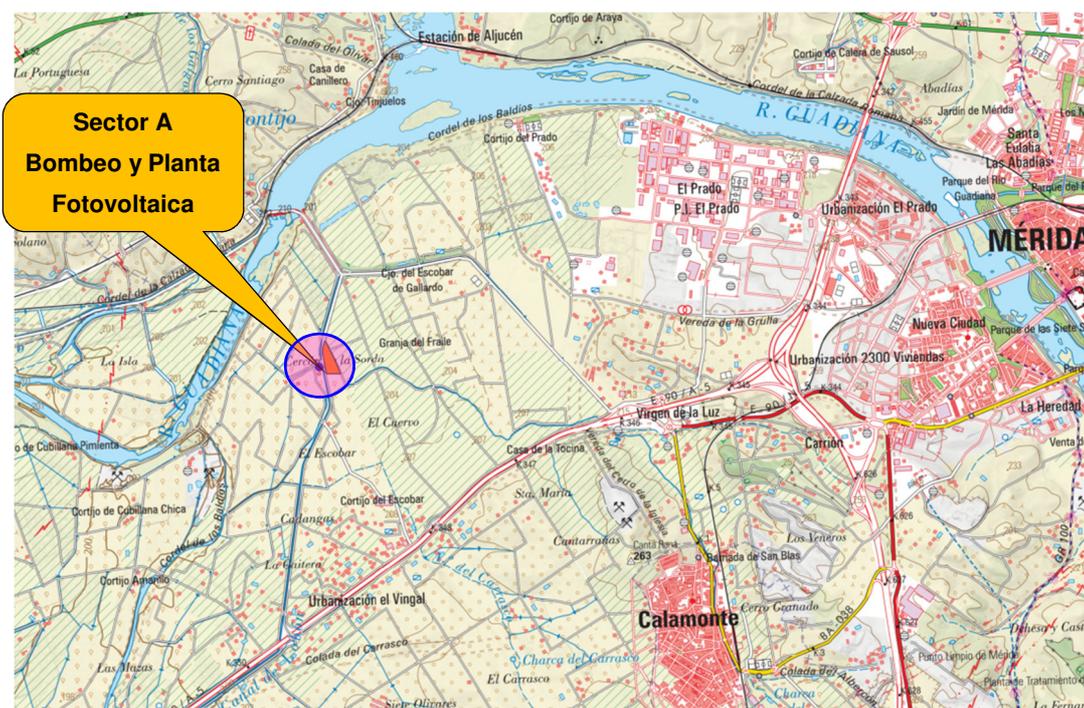
Tabla 2. Coordenadas de la zona regable objeto de proyecto.

Punto	Huso	Coordenada X	Coordenada Y
1	29	723.148	4.311.271
2	29	708.626	4.304.305

En cuanto al emplazamiento de las instalaciones más representativas del proyecto, se corresponden con dos actuaciones en cada uno de los sectores antes definidos, correspondientes con sendas estaciones de bombeo y plantas fotovoltaicas, definidas por las siguientes coordenadas:

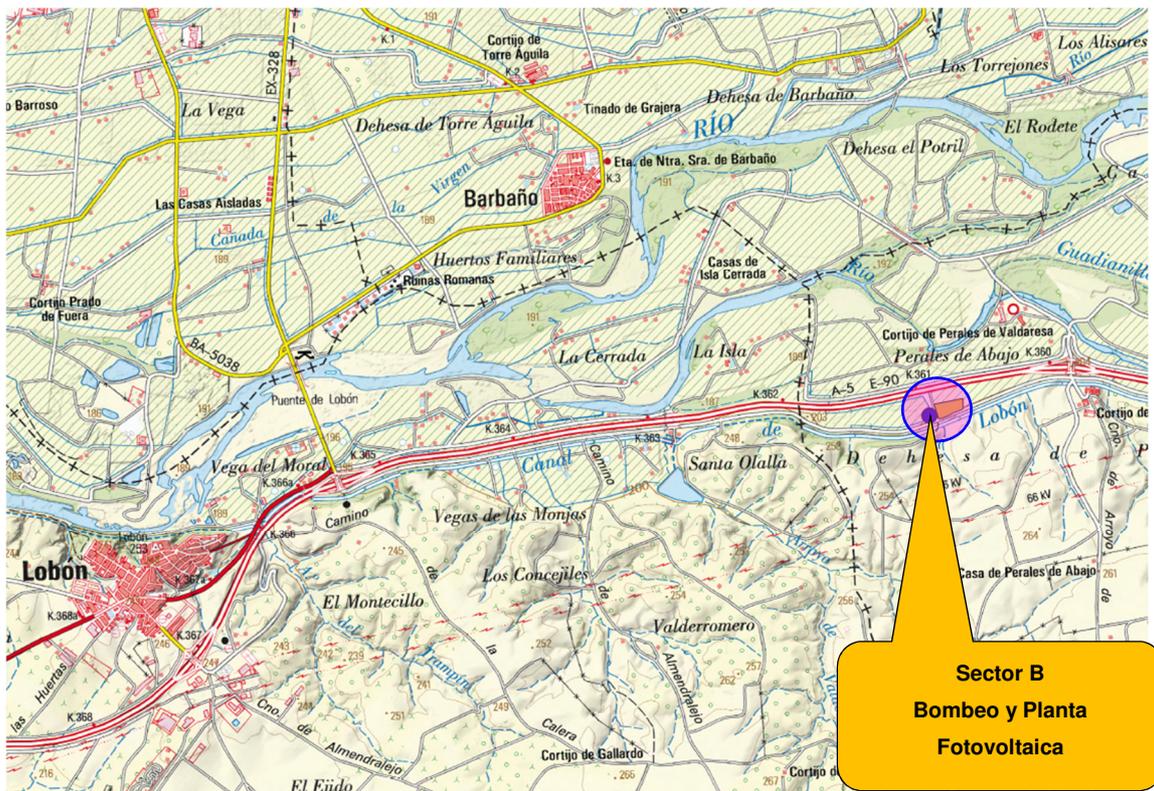
**Tabla 3.** Coordenadas de las instalaciones objeto de proyecto.

Sector	Instalación	Huso	Coordenada X	Coordenada Y
Sector A	Estación de bombeo	29	723.271	4.310.055
	Planta fotovoltaica	29	723.364	4.310.107
Sector B	Estación de bombeo	29	711.946	4.303.900
	Planta fotovoltaica	29	712.085	4.303.954



**Figura 4.** Ubicación del proyecto. Bombeo y PFV sector a-A

Fuente: Mapa Topográfico Nacional 1:50.000



**Figura 5. Ubicación del proyecto. Bombeo y PFV sector B-C**

*Fuente: Mapa Topográfico Nacional 1:50.000*

Actualmente la comunidad de regantes gestiona la explotación y mantenimiento de las obras hidráulicas situadas dentro de su ámbito geográfico pertenecientes a la zona regable del Canal de Lobón, quedando excluido el propio Canal de Lobón, según contrato de encomienda firmado con la Confederación Hidrográfica del Guadiana el 11 de noviembre de 2020. Dada la avanzada edad de las instalaciones, el uso amplio y continuado de las infraestructuras, cuya gestión se encomienda, se precisa de diversas actuaciones de mejora, acondicionamiento y reparación. Así mismo, como consecuencia de la encomienda el contrato eléctrico para el suministro de la estación elevadora “a” se encuentra actualmente a nombre de la Comunidad de Regantes de Mérida. Esta encomienda lo será por un plazo de 75 años, es decir, hasta noviembre de 2095.

Cualquier modificación que la comunidad de regantes necesite para la adecuación de las instalaciones cedidas a la finalidad prevista, requerirá la autorización previa de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

La comunidad de regantes de Mérida posee una concesión para el uso privativo de aguas con las siguientes características:

## **6.2 CLIMATOLOGÍA**

A continuación, se muestran, para ambas zonas de estudio, los datos de temperatura y precipitación extraídos de las estaciones meteorológicas más cercanas, en este caso, la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio, ubicada en el término municipal de Arroyo de San Serván, correspondiente con la estación 206 de la provincia de Badajoz.

Por su extensión y topografía, la zona se puede considerar con unas características climáticas uniformes y, por tanto, esta estación climática es por sí sola suficientemente representativa.

- **Temperatura**

La temperatura media anual es de 16,34 °C, siendo las mínimas invernales de 3,48 °C y las máximas del verano hasta 33,30°C de media.

- **Precipitación**

La pluviometría es escasa y se produce normalmente entre los periodos de otoño y primavera, aunque con un reparto muy desigual. La media anual se sitúa en 424,10 mm.

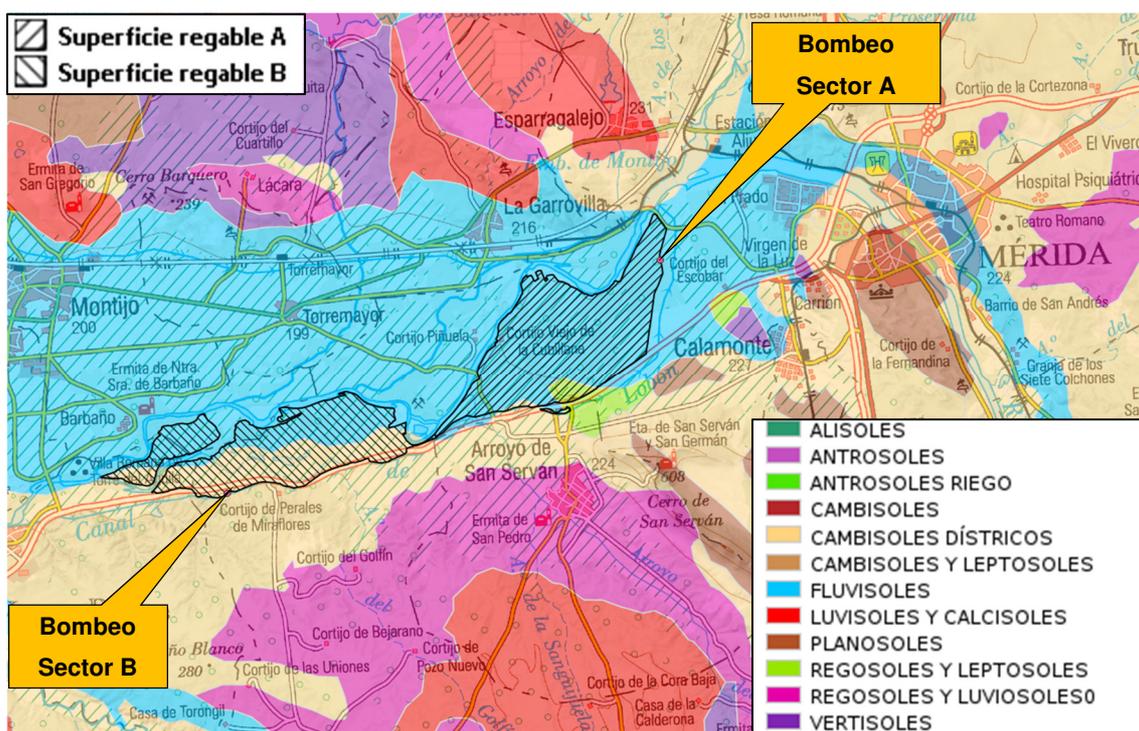
- **Clasificación climática**

La clasificación climática según Papadakis es la siguiente:

- Tipo de invierno           **DE CÍTRICOS (Ci)**
- Tipo de verano           **ALGODÓN (GOSSYPIUM) (G)**
- Régimen térmico       **CONTINENTAL (SU)**
- Régimen de humedad   **MEDITERRÁNEO SECO (Me)**
- Tipo climático           **MEDITERRÁNEO SUBTROPICAL**

## **6.3 EDAFOLOGÍA Y LITOLOGÍA**

Los suelos tienen el principal valor de albergar y generar vida, y en el caso del regadío como actividad productiva, que esa vida sea la de los cultivos. Sus características deben mantener su capacidad para retener el agua y administrar los nutrientes, para que las plantas puedan tomarlos y terminar su ciclo, tanto de los cultivos como de la vegetación natural del entorno.



**Figura 6.** Mapa II-04 Geología: Edafología clasificación FAO.

Fuente IDE Extremadura

El suelo predominante en la zona de estudio son los Fluviosoles (suelos aluviales) en la zona más cercana al río Guadiana, existiendo también zonas con Regosoles y Leptosoles, al sur y en menor medida, se pueden encontrar Cambisoles dísticos.

Las características principales de estos suelos según la clasificación FAO son las siguientes:

- **Fluviosoles:** Suelos formados a partir de depósitos aluviales, llanuras de inundación, deltas de río, etc. La materia orgánica presenta una distribución irregular en la profundidad del perfil. El pH es ligeramente ácido o neutro. Son inundados con frecuencia y los materiales depositados muestran signos de estratificación con alternancia textural. Estos suelos presentan buena aireación y favorables propiedades físicas que les confiere una elevada productividad en cultivos en régimen de regadío.
- **Cambisoles dísticos:** Se caracterizan por un tanto por ciento de saturación de bases (V) menor de 50 en alguna parte del horizonte de alteración en profundidad (Bw).
- **Regosoles y leptosoles:** los Regosoles son suelos desarrollados sobre materiales no excesivamente consolidados y que presentan una escasa evolución, fruto generalmente de su reciente formación sobre aportes recientes no aluviales o localizarse en zonas con fuertes procesos erosivos que provocan un continuo rejuvenecimiento de los suelos. Los Leptosoles son suelos muy delgados con una profundidad inferior a los 25 cm, apareciendo como sustrato o material original roca dura y continua. También se clasifican

así aquellos suelos cuyo contenido en gravas (fracción del suelo de diámetro mayor de 2 mm) es superior al 90 % hasta una profundidad de 75 cm.

## **6.4 HIDROLOGÍA**

### **6.4.1 Aguas superficiales**

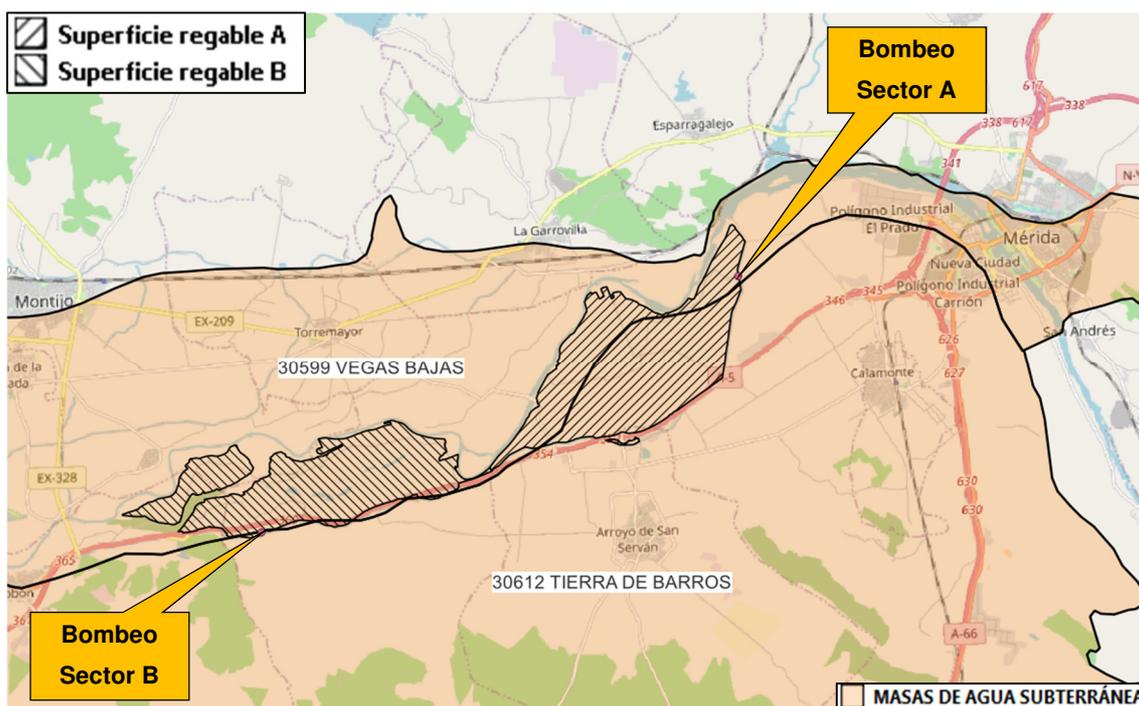
Sin lugar a dudas, el curso de agua más influyente y que marca la evolución y el desarrollo de la hidrología de la zona es el río Guadiana. Este curso se caracteriza por un comportamiento singular al no tener montañas en su cabecera e infiltración de los aportes hídricos en las llanuras de La Mancha. Recorre la provincia de Badajoz de este a oeste y únicamente cuando llega a la frontera con Portugal se desvía su trayectoria y se dirige al suroeste.

Otros cursos importantes por su margen izquierda son el río Zújar, río Guadámez, río Matachel, Guadajira, Entrín Verde y Rivera de los Limonetes.

Además de la red hidrográfica más importante, por la zona de estudio discurren otros arroyos y regatos, que vierten sus aguas a los cursos arriba indicados y que poseen un caudal muy irregular, sufriendo estiaje durante los meses de verano (quebrada del Galapagar, arroyo del Pueblo, arroyo del Carrasco, arroyo del Tripero, arroyo del Charco, regato del Polanco, arroyo del Golfín, arroyo de Valdeoveja y arroyo de Valderromero, como más cercanos)

### **6.4.2 Aguas subterráneas**

En cuanto a las masas de agua subterráneas presentes, se encuentra afectada por el proyecto la Masa 30599 "Vegas Bajas" y la Masa 30612 "Tierra de Barros".



**Figura 7.** Masas de agua subterránea cercanas a la zona de estudio.

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadiana

## 6.5 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

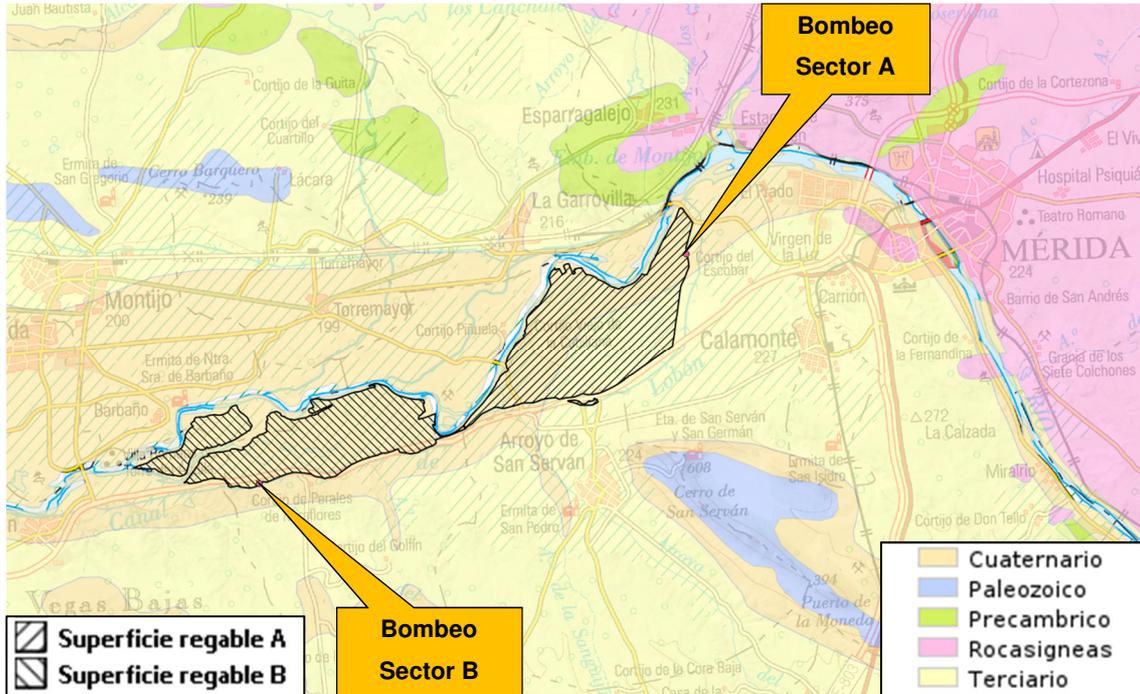
El factor ambiental incluido en el artículo 35 de la Ley 21/2013, es la geodiversidad. Según el Instituto Geológico y Minero de España, la geodiversidad es la diversidad geológica de un territorio, entendida como la variedad de rasgos geológicos presentes en un lugar, identificados tras considerar su frecuencia, distribución y cómo éstos ilustran la evolución geológica del mismo. En esta acepción el estudio de la geodiversidad se limita a analizar aspectos estrictamente geológicos, considerando la geomorfología como parte integrante de los mismos.

Los términos municipales de Mérida, Arroyo de San Serván, Montijo y Lobón, constituyen un vasto territorio que presenta gran variedad de unidades morfológicas, si bien, destacan tres unidades bien diferenciadas:

- Zona Serrana
- Zona de Vegas
- Zona Sedimentaria de secano

Desde el punto de vista geológico, las zonas de estudio se encuadran en las Hoja Magna 776 (Montijo) y la Hoja Magna 777 (Mérida). Las actuaciones se encuentran dentro de la denominada Zona Centro Ibérica de JULIVERT et al., 1972, y más concretamente en el Dominio Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina (DELGADO-QUESADA et al., 1976).

Sobre el mapa lito-estratigráfico, la zona de actuación se extiende sobre los materiales terciario-cuaternarios.



**Figura 8.** Mapa II-04 Geología: Estratigrafía.

Fuente IDE Extremadura

La litología de la zona se corresponde con formaciones sedimentarias (arenas y arcillas).

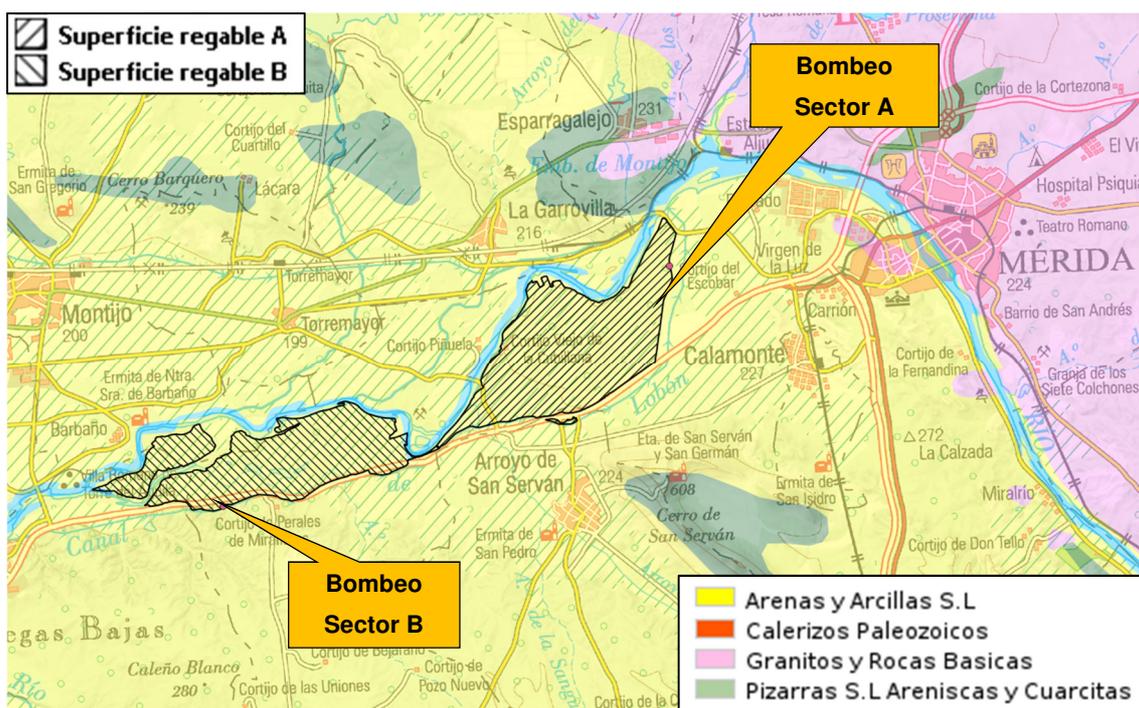


Figura 9. Mapa III-03 Geología: Litología.

Fuente IDE Extremadura

Los datos geológicos proceden del Sistema de Información Geológico-Minero de Extremadura (SIGEO) y del Mapa Geológico de Extremadura (1987).

## 7 INGENIERÍA DEL PROYECTO.

### 7.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO

En este punto se presentan los resultados del estudio geológico-geotécnico realizado para el proyecto, que servirá para la caracterización geotécnica de los materiales afectados por los movimientos de tierras y cimentaciones.

Se han realizado los siguientes estudios:

- Estudio geotécnico para la estación de bombeo y campo fotovoltaico del Sector A. Realizado por LABSON. Se incluye en el Apéndice 1 del Anejo Nº 6 «Geología, Geotecnia y Estudio de materiales».
- Estudio geotécnico para la estación de bombeo y campo fotovoltaico del Sector B. Realizado por LABSON. Se incluye en el Apéndice 2 del Anejo Nº 6 «Geología, Geotecnia y Estudio de materiales».
- Ensayos pull-out de los campos fotovoltaicos. Realizado por LABSON. Se incluye en el

Apéndice 3 del Anejo Nº 6 «Geología, Geotecnia y Estudio de materiales».

- Estudio en base a calicatas a lo largo de la red de riego proyectada que centrado 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 por Agrimensur. Se incluye en el Apéndice 4 «Informe calicatas realizadas por Agrimensur» del Anejo Nº 6 «Geología, Geotecnia y Estudio de materiales».

La información que se ha pretendido conseguir con los estudios realizados se resume a continuación:

1. Características geológicas de la zona de estudio
2. Caracterización del terreno.
3. Recomendaciones para la cimentación.

#### **7.1.1 Resultados estudio geotécnico en el Sector A**

Para la realización del estudio geotécnico, se han realizado los siguientes trabajos de campo:

##### **ESTACION DE BOMBEO**

Se programa una campaña a NIVEL NORMAL, que busca establecer las recomendaciones para la cimentación de la estación de bombeo, compuesto por 1 sondeo a rotación llegando hasta 6,00 metros, así como 1 ensayo penetrométrico tipo DPSH hasta rechazo, llegando así 6-7 metros aproximadamente bajo la cota de cimentación, tal y como se refleja en el apéndice 1 correspondiente del sector A, del anejo 6 Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales

- Ensayos de penetración dinámica continua (1).
- Sondeos (1)

##### **CAMPO FOTOVOLTAICO**

Se programa una campaña a NIVEL NORMAL, que busca establecer las recomendaciones para la cimentación del campo fotovoltaico del sector A, por lo que se examinan varios puntos de prospección compuestos por 2 sondeos a rotación llegando hasta 4,00 metros de profundidad, así como 2 ensayos penetrométricos tipo DPSH hasta rechazo, llegando así hasta 6-7 metros aproximadamente bajo la cota de cimentación.

- Ensayos de penetración dinámica continua (2).

- Sondeos (2)

Adicionalmente, aquí se llevan a cabo ensayos tipo PULL OUT que persiguen obtener información sobre el esfuerzo aplicado en los perfiles y su interacción con el suelo donde se han colocado. Esta información será muy útil en comparación con los valores de esfuerzo proporcionados por el diseñador, para verificar el diseño, y si se puede o no realizar alguna modificación, tal y como se refleja en el apéndice 3, del anejo 6 Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales

También, se procedió a la toma y análisis de muestras en laboratorio, que incluyen los siguientes ensayos:

- Ensayos SPT standard/TP (6)
- Ensayos de clasificación: Límites de Atterberg y análisis granulométrico (3+3)
- Ensayos de densidad seca y aparente (3)
- Ensayos de corte directo (1)
- Ensayos de hinchamiento de Lambe (2)
- Ensayos contenido materia orgánica (3)
- Ensayos de sulfatos solubles (3)
- Ensayos de acidez de Bauman Gully (3)
- Ensayo ion Cl soluble en agua (1)
- Ensayo sulfuros solubles en acido (1)
- Ensayo Proctor normal (1)
- Ensayo pH (1)
- Ensayo conductividad (1)

➤ **Características geotécnicas del terreno.**

Las características geotécnicas asignadas al terreno son las siguientes:

Nivel geotécnico 1: CUATERNARIO (Terraza aluvial): ARENAS CON LIMOS Y LIMOS ARENOSOS DE COLOR MARRON CLARO

De 0.00 a máximo 2.90 metros

\*Densidad aparente: 2.04-2.11 g/cm<sup>3</sup>

\*Es=3,2 (NSPT+15) = 1280 t/m<sup>2</sup>

\*Cohesión: 0 t/m<sup>2</sup> (según correlaciones DB-SEC)

\*Angulo de rozamiento interno: 25° (según correlaciones DB-SEC)

\*N30: 25-28 golpes

\*N20: 10-24 golpes

\*Kh=2000 t/m<sup>3</sup>

Nivel geotécnico 2: CUATERNARIO (Terraza aluvial): GRAVAS ARENO-LIMOSAS BEIGE A MARRONES ROJIZAS

De mínimo 1.20 a 6.00 metros

\*Densidad aparente: 1.92 g/cm<sup>3</sup>

\*Es=6 (NSPT+15) + 20 = 4100 t/m<sup>2</sup>

\*Cohesión drenada: 0 t/m<sup>2</sup> (según correlaciones DB-SEC)

\*Angulo de rozamiento interno: 30° (según correlaciones DB-SEC)

\*N30: 58 golpes a rechazo

\*N20: 18 golpes a rechazo. Valores promedio 26-51

\*Kh=3000 t/m<sup>3</sup>

➤ **Excavabilidad y estabilidad**

Según las catas y sondeos realizados la excavabilidad se considera fácil y con buena estabilidad.

➤ **Clasificación de los materiales según PG3 (urbanización estación bombeo).**

Tal y como puede apreciarse las muestras tomadas en el nivel geotécnico 1 de arenas con limos y limos arenosos se clasifican como TOLERABLE según artículo 330 del PG-3 pues presentan un contenido en finos superior al 35%, y la muestra del sondeo S-1 se ha clasificado como ADECUADO debido a su bajo contenido en finos (16.80%) y su falta de plasticidad, no pudiendo considerarse como seleccionado por su contenido en materia orgánica, algo superior a 0.2% (0.22%).

SONDEO	MATERIAL.	CLASIFICACIÓN	CLASIFICACION PG-3
<b>SONDEO 2</b>	ARENAS LIMOSAS MARRONES CLARAS CON ALGUNAS GRAVAS	<b>SM</b>	TOLERABLE
<b>SONDEO 3</b>	ALTERNANCIA DE NIVELES DE ARENAS CON NIVELES DE LIMOS MARRONES CLARAS	<b>SM</b>	TOLERABLE
<b>SONDEO 1</b>	GRAVAS ARENO-LIMOSAS DE COLOR BEIGE A MARRÓN ROJIZO	<b>GM</b>	ADECUADO

**Figura 10.** Clasificación de terrenos según PG3

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

➤ **Agresividad química**

A continuación, se exponen los valores obtenidos en el ensayo de agresividad química según el estudio geotécnico contenido en el apéndice 1 correspondiente al sector A del anejo 6 Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales:

		Qa Ataque débil	Qb Ataque medio	Qc Ataque fuerte	Valor encontrado	máximo	Nivel en que se ha encontrado
Agua	Valor de ph	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5	No detectado N.F.		
	Co2 agresivo	15-40	40-100	>100	No detectado N.F.		
	Ion amonio(mgnh4/I)	15-30	30-60	>60	No detectado N.F.		
	Ion magnesio(mgMg/I)	300-1000	1000-3000	>3000	No detectado N.F.		
	Ion sulfato(mgso4/I)	200-600	600-3000	>3000	No detectado N.F.		
	Residuo seco a 110°(mg/l)	75-150	50-75	<50	No detectado N.F.		
Suelo	Grado de acidez de bauman gully	>20			<b>8-14</b>		<b>NIVEL 1</b>
	Ion sulfato (mg so4/kg suelo seco)	2000-3000	3000-12000	>12000	<b>138.99-185.9</b>		<b>NIVEL 1</b>

**Figura 11.** Ensayos de agresividad química

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

En función de estos resultados, y de acuerdo al Código Estructural, el tipo de hormigón a emplear debería ser:

\* Clase específica de exposición: XC2 o XC4

➤ **Expansividad del material**

Según la ficha de expansividad de ASEMAS, el terreno se puede clasificar según el siguiente cuadro en cuanto a la expansividad:

	Parámetro						Calificación
	Limite líquido	Índice de plasticidad	% pasa el tamiz 200	Índice CPV del lambe	Presión de hinchamiento en kpa	Hinchamiento libre en edómetro	
Bajo	<30	0-15	>30	<2	>30	<1	-
Medio	30-40	15-35	30-60	2--4	30-120	1--5	-
Alto	40-60	20-55	60-90	4--6	120-250	3--10	-
Muy alto	>60	>55	>90	>6	>250	>10	-
Calificación <b>nivel 1</b>	NL	0	39.5-44.6	0	0		<b>Expansividad nula</b>
Calificación <b>nivel 2</b>	NL	0	16.8	0	0		<b>Expansividad nula</b>

**Figura 12.** Expansividad del terreno

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

Tanto el nivel geotécnico 1 conformado por arenas con limos y limos arenosos, como el nivel geotécnico 2, constituido por gravas areno-limosas, presentan una expansividad nula conforme a todos los parámetros considerados, excepto según el contenido en finos en el nivel geotécnico

1 que ha resultado ser media al presentar un contenido en finos superior al 30%. Sin embargo, estos finos son principalmente limos de nula plasticidad. Por todo ello, se considera que ambos niveles presentan una expansividad nula.

➤ **Recomendaciones para cimentación Estación de Bombeo Sector A**

- Cimentación de la estación de bombeo mediante losa, empotrando la misma a cota de nivel geotécnico 1, de arenas con limos y limos arenosos, considerando las siguientes tensiones admisibles según la profundidad.

Nivel geotécnico	Tipo de terreno	Cota de cimentación	Tensión admisible
Nivel 1	CUATERNARIO (Terraza aluvial): ARENAS CON LIMOS Y LIMOS ARENOSOS	A partir de 0.60 m. Previa retirada del terreno vegetal	>2,00 kg/cm <sup>2</sup>

**Figura 13.** Tensiones admisibles terreno Estación bombeo sector A

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

### **7.1.2 Resultados estudio geotécnico en el Sector B**

Para la realización del estudio geotécnico, se han realizado los siguientes trabajos de campo:

#### **ESTACION DE BOMBEO**

Se programa una campaña a NIVEL NORMAL, que busca establecer las recomendaciones para la cimentación de la estación de bombeo, compuesto por 1 sondeo a rotación llegando hasta 6,00 metros, así como 1 ensayo penetrométrico tipo DPSH sin que se alcance rechazo, llegando así hasta 10 metros aproximadamente bajo la cota de cimentación, tal y como se refleja en el apéndice 2 correspondiente del sector B, del anejo 6 Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales

- Ensayos de penetración dinámica continua (1).
- Sondeos (1)

#### **CAMPO FOTOVOLTAICO**

Se programa una campaña a NIVEL NORMAL, que busca establecer las recomendaciones para la cimentación del campo fotovoltaico del sector B, por lo que se examinan varios puntos de prospección compuestos por 2 sondeos a rotación llegando hasta 4,00 metros de profundidad, así como 2 ensayos penetrométricos tipo DPSH sin que se alcance rechazo, llegando así hasta 6-7 metros aproximadamente bajo la cota de cimentación.

- Ensayos de penetración dinámica continua (2).
- Sondeos (2)

Adicionalmente, aquí se llevan a cabo ensayos tipo PULL OUT que persiguen obtener información sobre el esfuerzo aplicado en los perfiles y su interacción con el suelo donde se han colocado. Esta información será muy útil en comparación con los valores de esfuerzo proporcionados por el diseñador, para verificar el diseño, y si se puede o no realizar alguna modificación, tal y como se refleja en el apéndice 3, del anejo 6 Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales

También, se procedió a la toma y análisis de muestras en laboratorio, que incluyen los siguientes ensayos:

- Ensayos SPT standard/TP (6/3)
- Ensayos de clasificación: Límites de Atterberg y análisis granulométrico (3+3)
- Ensayos de densidad seca y aparente (2)
- Ensayos de compresión simple (2)
- Ensayos de corte directo (1)
- Ensayos de hinchamiento de Lambe (3)
- Ensayos contenido materia orgánica (3)
- Ensayos de sulfatos solubles (3)
- Ensayos de acidez de Bauman Gully (3)
- Ensayo ion Cl soluble en agua (1)
- Ensayo sulfuros solubles en ácido (1)
- Ensayo Proctor normal (1)
- Ensayo pH (1)
- Ensayo conductividad (1)

➤ **Características geotécnicas del terreno.**

Las características geotécnicas asignadas al terreno son las siguientes:

Nivel geotécnico 0: TERRENO VEGETAL: ARCILLAS LIMOSAS CON ALGO DE GRAVAS MARRONES

De 0.00 a máximo 0.65 metros

\*Densidad aparente: 2.00 g/cm<sup>3</sup>

\*Es=3,2 (NSPT+15) = 640 t/m<sup>2</sup>

\*Cohesión: 2.0 t/m<sup>2</sup> (según correlaciones DB-SEC)

\*Angulo de rozamiento interno: 20° (según correlaciones DB-SEC)

\*N30: 1-5 golpes

\*N20: 1-3 golpes

\*Kh=1900 t/m<sup>3</sup>

Nivel geotécnico 1: MIOCENO (Unidad inferior): ARCILLAS CON ARENAS Y LIMOS MARRONES ROJIZAS

De 0.65 a máximo 6.00 metros

\*Densidad aparente: 1.98-2.11 g/cm<sup>3</sup>

\*Es=3,2 (NSPT+15) = 800-2250 t/m<sup>2</sup>

\*Cohesión drenada: 3.58 t/m<sup>2</sup> (CD)

\*Angulo de rozamiento interno: 27.09° (CD)

\*N30 a 3.00 metros: 12-15 golpes

\*N30 a partir de 3.00 metros: 17 a 30 golpes.

\*N30 mínimo a partir de 1.00 metro según correlación Dalhberg: 7 golpes

\*N20 hasta 3.00 metros: 3-10 golpes

\*N20 de 3.00 a 7.00 metros: 6-20 golpes

\*N20 a partir de 7.00 metros: 10-41 golpes

\*Kh=3800 t/m<sup>3</sup>

➤ **Excavabilidad y estabilidad**

Según las catas y sondeos realizados la excavabilidad se considera fácil y con buena estabilidad.

➤ **Clasificación de los materiales según PG3 (urbanización estación bombeo).**

Tal y como puede apreciarse las muestras tomadas en el nivel geotécnico 1 en los sondeos S-1 y S- 2 de arcillas con proporciones variables de limos y arenas marrones rojizas se clasifican como MARGINALES según artículo 330 del PG-3 pues presentan un límite líquido superior a 40 que no cumple la relación  $IP > (LL-20)$ , y la muestra del sondeo S-3 se ha clasificado como TOLERABLE no pudiendo considerarse como adecuado por su contenido en finos superior a 35% y su límite líquido superior a 40.

SONDEO	MATERIAL.	CLASIFICACIÓN	CLASIFICACION PG-3
SONDEO 1	ARCILLAS MARRONES ROJIZAS CON PROPORCIÓN VARIABLE DE LIMOS	CL	MARGINAL
SONDEO 2	ARCILLAS MARRONES ROJIZAS CON PROPORCIÓN VARIABLE DE LIMOS	CH	MARGINAL
SONDEO 3	ARCILLAS LIMO-ARENOSAS MARRONES ROJIZAS	CL	TOLERABLE

**Figura 14.** Clasificación de terrenos según PG3

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

➤ **Agresividad química**

A continuación, se exponen los valores obtenidos en el ensayo de agresividad química según el

estudio geotécnico contenido en el apéndice 2 correspondiente al sector B del anejo 6 Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales:

		Qa Ataque débil	Qb Ataque medio	Qc Ataque fuerte	Valor encontrado	máximo	Nivel en que se ha encontrado
Agua	Valor de ph	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5	No detectado	N.F.	
	Co2 agresivo	15-40	40-100	>100	No detectado	N.F.	
	Ion amonio(mgnh4/I)	15-30	30-60	>60	No detectado	N.F.	
	Ion magnesio(mgMg/I)	300-1000	1000-3000	>3000	No detectado	N.F.	
	Ion sulfato(mgso4/I)	200-600	600-3000	>3000	No detectado	N.F.	
	Residuo seco a 110º(mg/l)	75-150	50-75	<50	No detectado	N.F.	
Suelo	Grado de acidez de bauman gully	>20			<b>18-23</b>		<b>NIVEL 1</b>
	Ion sulfato (mg so4/kg suelo seco)	2000-3000	3000-12000	>12000	<b>297.1-422.9</b>		<b>NIVEL 1</b>

**Figura 15.** Ensayos de agresividad química

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

En función de estos resultados, y de acuerdo al Código Estructural, el tipo de hormigón a emplear debería ser:

\* Clase específica de exposición: XC2 o XC4

➤ **Expansividad del material**

Según la ficha de expansividad de ASEMAS, el terreno se puede clasificar según el siguiente cuadro en cuanto a la expansividad:

	Parámetro						Calificación
	Limite líquido	Índice de plasticidad	% pasa el tamiz 200	Índice CPV del lambe	Presión de hinchamiento en kpa	Hinchamiento libre en edómetro	
Bajo	<30	0-15	>30	<2	>30	<1	-
Medio	30-40	15-35	30-60	2--4	30-120	1--5	-
Alto	40-60	20-55	60-90	4--6	120-250	3--10	-
Muy alto	>60	>55	>90	>6	>250	>10	-
Calificación <b>nivel 1</b>	46.8-54.6	19.6-24.0	61.9-71.6	3.4-6.25	141-249	2	<b>Expansividad media a alta</b>

**Figura 16.** Expansividad del terreno

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

El nivel geotécnico 1 conformado por arcillas con proporciones variables de arenas y limos de color marrón rojizo de la Unidad inferior del Mioceno presentan una expansividad media según

su índice de plasticidad y el ensayo de hinchamiento libre en edómetro realizado, media a alta según su límite líquido e índice CPV determinado en los ensayos de hinchamiento Lambe, y alta según su contenido en finos y la presión de hinchamiento del ensayo Lambe. Por todo ello, se considera que ambos niveles presentan una expansividad media a alta.

Deberán guardarse las siguientes precauciones para mitigar el efecto de la expansividad.

\*Se recomienda no hormigonar directamente sobre el suelo, intentando que el terreno no toque en ningún momento a la cimentación, dado que la expansividad de este es media-alta.

\*En caso de plantarse árboles se deberá realizar a una distancia superior a su máxima altura previsible. Las especies más peligrosas son: álamo, acacia, olmo, abedul, fresno, haya y encina. No resultan peligrosos los cedros, abetos y pinos.

\*No se utilizarán las arcillas producto de la excavación para rellenos. Sí para jardines y alrededores de las instalaciones.

\*Se colocarán Acerados rodeando las edificaciones, de no menos de 2 metros de ancho, Estos deberán tener pendientes hacia afuera (mínimo del 2%), y el agua será recogida en canalizaciones que la alejaran del lugar.

\*Materialización de junta flexible e impermeable en la unión del Acerado con las edificaciones.

\*Las aguas pluviales de los tejados serán recogidas por medio de canalones y conducidas lejos de las edificaciones. Los arriates deberán ser estancos.

\*En superficie es recomendable crear pendientes que permitan alejar el agua de los edificios hacia canaletas revestidas, las que la evacuaran a su vez longitudinalmente.

\*Es peligroso realizar las excavaciones y dejar temporalmente estas arcillas.

\*Es aconsejable dejar una capa protectora de unos 15-20 cms, y alcanzar el nivel definitivo cuando se esté en condiciones de hormigonar.

\*Será necesario la ejecución de la siguiente capa de mejora del terreno:

-Lámina o elemento impermeabilizante directamente sobre el terreno

-Capa de bolos de 40-60 mm al menos 30 cm.

-Losa o zapata corrida sobre el hormigón de limpieza.

➤ **Recomendaciones para cimentación Estación de Bombeo Sector B**

- Cimentación de la estación de bombeo mediante losa, empotrando la misma a cota de nivel geotécnico 1, de arcillas con proporción variable de arenas y limos marrones rojizas del Mioceno, considerando las siguientes tensiones admisibles según la profundidad.

Nivel geotécnico	Tipo de terreno	Cota de cimentación	Tensión admisible
Nivel 1	MIOCENO (Unidad inferior): ARCILLAS CON ARENAS Y LIMOS MARRONES ROJIZAS	A partir de 1.20 m. Previa retirada del terreno vegetal	0,60 kg/cm <sup>2</sup>

**Figura 17.** Tensiones admisibles terreno Estación bombeo sector B

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

**7.1.3 Resultados ensayos pull-out.**

Se llevan a cabo ensayos tipo PULL OUT que persiguen obtener información sobre el esfuerzo aplicado en los perfiles y su interacción con el suelo donde se han colocado. Esta información será muy útil en comparación con los valores de esfuerzo proporcionados por el diseñador, para verificar el diseño, y si se puede o no realizar alguna modificación, tal y como se refleja en el apéndice 3, del anexo 6 Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales

➤ **Consideraciones generales comunes a los sectores A y B**

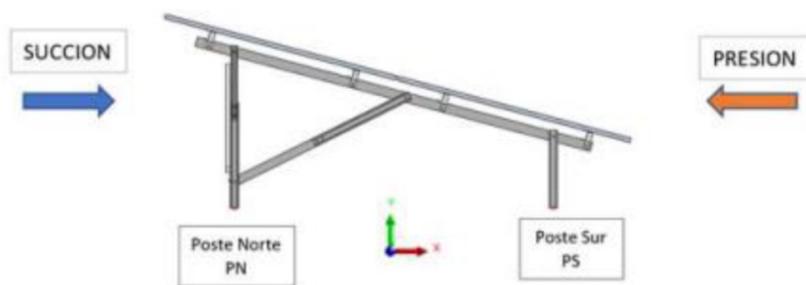
- Las cargas y la altura de aplicación deben de definirse de acuerdo con el análisis estructural del ingeniero de diseño.

Carga horizontal: 10 kN

Carga compresión: 10 kN

Pull out (tiro): 10 kN

		Estado límite último ELU		Estado límite de servicio ELS	
		PN (KN)	PS (KN)	PN (KN)	PS (KN)
Viento en succión	Fx	6,28	1,54	4,05	0,89
	Fy	10,98	4,33	7,01	2,64
Viento en presión	Fx	-5,00	-1,60	-3,44	-1,17
	Fy	-6,45	-8,23	-4,53	-5,67



**Figura 18.** Resultado de cargas y esquema de aplicación sobre paneles

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

- La profundidad de cada hinca debe definirse de acuerdo con el análisis del diseño previo.
- Se colocarán los perfiles en lugares aleatorios y se ensayarán según las cargas especificadas por el ingeniero de diseño.
- Solo se puede realizar una prueba en cada hinca.
- Nunca se puede usar la misma hinca para realizar dos o más pruebas.
- Cualquier rechazo posterior al ensayo debe ser registrado.
- La distancia mínima entre dos perfiles debe ser de 5 metros.
- En todas las pruebas, el técnico debe proceder bajo condiciones de seguridad, usando casco, ropa de trabajo, gafas y botas.
- Las cargas deben de aplicarse lentamente.

➤ **Tipos de ensayos**

- Se proponen dos tipos de ensayos: ensayo de tracción y ensayo de empuje lateral, según apéndice 3 del anejo 6 Geología, Geotecnia y Estudio de Materiales

**Ensayo a tracción** según ASTM D3689-07 *Standard test methods for deep foundations under static axial tensile load* (“Ensayo para pilotes individuales bajo carga axial estática de tracción”):

**Ensayo lateral** según ASTM D3966-07 *Standard test methods for deep foundations under lateral load* (“Ensayo para pilotes individuales bajo carga lateral”)

➤ **Resultados de desplazamiento de los ensayos**

- Se dispone a continuación, un resumen tabulado de los resultados de desplazamiento de los ensayos realizados:

HINCA	SECTOR	PERFIL	ENSAYO	Cargas aplicadas	Desplazamiento 100% loading (mm)	Desplazamiento 0% unloading (mm)	CUMPLE
L01	A	IPE 140	Tracción	ELU	17,27	16,70	NO
L02	A	IPE 140	Tracción	ELU	*	-	NO
L03	A	IPE 140	Lateral	ELU	4,87	1,17	SI
L04	A	IPE 140	Lateral	ELU	2,66	0,31	SI
L05	B-C	IPE 140	Lateral	ELU	8,39	1,15	SI
L06	B-C	IPE 140	Lateral	ELU	5,78	0,54	SI
L07	B-C	IPE 140	Tracción	ELU	0,11	0,01	SI
L08	B-C	IPE 140	Tracción	ELU	0,08	0,02	SI

\*No se llega a la carga deseada

**Figura 19.** Resumen de resultados de desplazamiento de los ensayos

*Fuente: Estudio Geotécnico LABSON*

➤ **Conclusiones y recomendaciones para cimentación campos fotovoltaicos**

Tras comparar los datos en el resumen anterior, se pueden llegar a varias conclusiones:

- En el sector A, se colocará un perfil laminado S 275 JR tipo IPE-220 empotrado 2 m en el terreno, ya que el perfil IPE-140 ensayado empotrado 2 m en el terreno, NO CUMPLE con las especificaciones marcadas en el protocolo para el ensayo a TRACCION, dado que se extrae antes de llegar al 100% de la carga del ELU
- En el sector B, los ensayos a tracción y lateral permiten la hinca directa del perfil acero conformado S 350 GD tipo CF 80.2 de la mesa, empotrado 2 m en el terreno, aunque sería recomendable en ejecución de obra llevar a cabo algunos ensayos aleatorios a los perfiles, para comprobación de los resultados obtenidos

#### 7.1.4 Resultados calicatas en red de riego

La zona regable objeto de la modernización se extiende toda ella por las zonas de vega que discurren junto al río Guadiana, por lo que las características del terreno donde se procederá a la excavación de las distintas zanjas es muy similar en toda la zona de actuación, tanto en el Sector A como en el Sector B.

Con fecha de 27 de abril de 2023 se procedió a realizar un total de 11 catas, 6 de ellas en el sector A y otras 5 en el sector B.

En el siguiente cuadro se resumen los datos de las catas realizadas por Agrimensur Consulting S.L. con los comentarios sobre las observaciones recogidas in situ por técnicos especialistas de Agrimensur Consulting. No se han realizado análisis de las tierras ni ensayos de laboratorio de las zanjas, pues se consideran suficientemente definidas sus características en los estudios geotécnicos ya existentes.

**Tabla 4.** Cuadro resumen catas realizadas por Agrimensur Consulting, S.L. en el Sector A.

Calicata	Prof. Alcanzada (m)	Prof. Objetivo (m)	Diám. Tubería (mm)	Observaciones
C1	1,60	1,6	500	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable
C2	1,80	2,0	900	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable
C3	1,7	1,73	630	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable
C4	1,5	1,50	400	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable
C5	1,4	1,4	315	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable
C6	1,50	1,50	400	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable

**Tabla 5.** Cuadro resumen catas realizadas por Agrimensur Consulting, S.L. en el Sector B.

Calicata	Prof. Alcanzada (m)	Prof. Objetivo (m)	Diám. Tubería (mm)	Observaciones
C7	1,50	1,4	315	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra areno-limosa con algo de gravas. Terreno estable
C8	1,50	1,50	400	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable
C9	1,70	1,73	630	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable
C10	2	2	900	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable
C11	1,50	1,6	500	Alta excavabilidad en toda la profundidad. Baja compactación. Tierra limo-arenosa. Terreno estable

**Tabla 6.** Cuadro resumen con ubicación de las catas.

<b>Calicata</b>	<b>X UTM</b>	<b>Y UTM</b>	<b>Sector-ramal afectado</b>
C1	722890.54	4309140.47	A-1
C2	721733.24	4309074.52	A
C3	720363.4	4307589.06	H-58
C4	722454.34	4307844.53	A-1
C5	721053.25	4307030.66	A-4
C6	719213.68	4306679.78	A-6-4
C7	715008.18	4305418.24	B-2-1
C8	713512.95	4305647.25	B-4
C9	713411	4304338.77	B-2
C10	711820.55	4304348.21	B
C11	711403	4305436.74	B-3

En ninguna calicata se ha encontrado presencia de agua. Todas han presentado una estabilidad buena, incluso las más profundas.

La localización de las calicatas queda reflejada en las figuras siguientes, donde también se reflejan los trazados de las tuberías proyectadas:



**Figura 20.** Localización general calicatas en zona Sector A  
*Fuente: Trabajos realizados por Agrimensur Consulting, S.L.*



**Figura 21.** Localización general calicatas en zona Sector B  
*Fuente: Trabajos realizados por Agrimensur Consulting, S.L.*

Con los datos obtenidos en las catas ejecutadas por Agrimensur Consulting S.L. con retroexcavadora mixta, se concluye que la excavabilidad es alta en toda la zona de actuación. No se ha encontrado presencia de agua en ninguna de las calicatas realizadas.

En el Apéndice 4 «Informe calicatas realizadas por Agrimensur» del Anejo Nº 6 «Geología, Geotecnia y Estudio de materiales» se recoge toda la información citada y se calcula la estabilidad de los taludes de las zanjas proyectadas, comprobando que el diseño es adecuado a las características del terreno.

## 7.2 ESTUDIO ARQUEOLÓGICO

La Comunidad de Regantes de Mérida – Canal de Lobón ha contratado los servicios arqueológicos de la empresa ANTA TRABAJOS DE ARQUEOLOGÍA, S.L., para la cual actúa D. Luis Manuel Sánchez González como arqueólogo director para la realización de la prospección arqueológica de cobertura total para el proyecto, y para tramitar todo lo necesario ante la Administración competente en materia de Patrimonio, en este caso, la Dirección General de Bibliotecas, Archivos y Patrimonio Cultural de la Consejería de Cultura, Turismo y Deportes de la Junta de Extremadura (para todos los municipios afectados por el proyecto), además del

Consortio Ciudad Monumental, Histórico Artística y Arqueológica de Mérida (que tiene competencias exclusivas en el término municipal Mérida).

A la fecha se cuenta con autorización por parte de los dos estamentos para la prospección arqueológica. Se adjunta ambas resoluciones en el Anejo nº 12 “Estudios arqueológicos”.

Se ha obtenido Autorización por parte de la Comisión Técnica del Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida, con fecha de 01-03-2023, del proyecto de prospección a favor del arqueólogo Luis Manuel Sánchez González y promovido por la Comunidad de Regantes de Mérida - Canal de Lobón con motivo del presente proyecto. Se adjunta informe resultante en Apéndice nº 2 del Anejo nº 12 “Estudios arqueológicos”.

Una vez realizada la prospección arqueológica de los terrenos afectados se presentó el informe correspondiente con fecha 13-4-2023 (entrada 30886) por Anta Arqueología S.L., emitiéndose por parte de la Comisión Técnica del Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida, con fecha de 19-04-2023 Dictamen en el que se indica:

- Primero. - En la zona de afección del elemento arqueológico denominado “Cubillana Alta” deberá realizarse, con carácter previo al inicio de la obra, EXCAVACIÓN ARQUEOLÓGICA por equipo contratado por el promotor, previa aprobación del proyecto de excavación por esta entidad.
- Segunda. - En el resto de las superficies objeto del proyecto, durante la ejecución de la obra, será preceptivo SEGUIMIENTO ARQUEOLÓGICO de los movimientos de tierra a realizar por equipo arqueológico contratado por el promotor, previa aprobación del proyecto de seguimiento por esta entidad.

Se adjunta como Apéndice nº 3 del Anejo nº 12 “Estudios arqueológicos”, el dictamen del Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida.

También se ha solicitado permiso de intervención arqueológica a la Dirección General de Bibliotecas, museos y Patrimonio Cultural de la Presidencia de la Junta de Extremadura, con fecha de 7 de febrero de 2023. Se recibió la autorización para la prospección el 25 de abril 2023 (Apéndice nº 5.) Como resultado de ésta, nos encontramos a la espera de una resolución indicando las medidas a tomar durante la fase de ejecución. Se adjunta informe resultante en Apéndice nº 4 y resolución en Apéndice nº 6 del Anejo nº 12 “Estudios arqueológicos”.

Todos los trabajos de arqueología a realizar para la ejecución del proyecto se contemplan en el presupuesto del proyecto (en el Capítulo 6 de medidas ambientales).

### 7.3 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.

Según el Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, 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 conforme al Decreto 2303/1970 de 16 de Julio.

El sistema de coordenadas utilizado, U.T.M. ETRS89 H29N, 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 1:200.000 (MTN200).
- Mapa Topográfico Nacional 1:50.000 (MTN50). Hoja 777, 778, 804 y 803
- Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 (MTN25).
- Mapa Topográfico de Extremadura 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.

#### 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 ubicarán las estaciones de bombeo y los campos fotovoltaicos.

**Tabla 7.** Trabajos topográficos de detalle

**Tabla 8.** Trabajos topográficos de detalle

EMPRESA	FECHA	TOMA DE DATOS
AGRIMENSUR	Febrero 2023	GPS TOPCON HIPER VR

En febrero de 2023, AGRIMENSUR realizó el levantamiento topográfico de detalle de la zona de la estación de bombeo (junto al campo fotovoltaico) de ambos sectores. 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 del terreno.

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 la instalación fotovoltaica para autoconsumo y las estaciones de bombeo. (Apéndice 5 del Anejo Nº 4 «Cartografía, topografía y replanteo»). Además, se han tomado con GPS las ubicaciones de los hidrantes, como posibles puntos críticos (Apéndice 1 «Puntos levantamiento hidrantes» del Anejo Nº 4 «Cartografía, topografía y replanteo»).

### **7.3.3 Trabajo de gabinete**

1. Estaciones de bombeo y campos fotovoltaicos. – Se han tomado tomar los levantamientos 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's 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 2. 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.

Los planos de curvas de nivel y las trazas de las tuberías primarias se encuentran en los planos 10 «Redes primarias sector A» y 11 «Redes primarias sector B» respectivamente.

Por otro lado, en el Anejo Nº 4 «Cartografía, topografía y replanteo» se recogen los planos generados con la topografía realizada.

#### **7.3.4 Puntos de apoyo o bases de replanteo**

Se ha tomado como vértices geodésicos de referencia los números 77721, 77723 y 77661 (ver apéndice 3 «Vértice geodésico»). Las bases se han materializado en campo mediante estacas o clavos de acero tipo GEOPUNT. Las reseñas de los puntos de apoyo quedan reflejadas en la siguiente tabla (ver apéndice 5 «Reseñas base de replanteo»):

**Tabla 9. Puntos de apoyo**

<b>Nº BASE</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>	<b>ELEVACIÓN (m)</b>	<b>Descripción</b>
BR1	723.308,528	4.310.085,047	203,329	Carretera
BR2	723.282,943	4.310.089,917	203,396	Carretera
BR3	711.996,354	4.303.861,362	200,539	Carretera
BR4	711.963,167	4.303.847,8	200,313	Carretera

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

Si bien la Comunidad de Regantes de Mérida tiene una superficie de 5.426 ha, los sectores afectados directamente por las actuaciones son los sectores de gravedad que ocupan 2.023 ha.

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

Como se ha comentado en epígrafes anteriores, el objeto del proyecto es el ahorro de agua y de energía mediante la implantación de unas nuevas instalaciones para conseguir una red presurizada para riego a la demanda.

En el proyecto de modernización se distinguen distintos niveles en la red de riego que partiendo desde el Canal de Lobón 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 niveles en los que se divide el proyecto son los siguientes:

1. Red primaria. Es la que parte de la estación de bombeo de cada Sector y llega hasta los hidrantes individuales o hidrantes colectivos de los sectores. Los hidrantes colectivos son los armarios donde se encuentran concentrados los contadores de varias parcelas que riegan desde dicho hidrante. Dada la escasa diferencia de cota dentro de la zona regable estas redes son presurizadas mediante bombeos, dividiéndose en dos sectores denominados Sector A y Sector B. Estos sectores vienen dados por la distribución de las parcelas de riego respecto al Canal de Lobón y al río Guadiana. La zona regable tiene una forma alargada con 4 tomas a lo largo del Canal de Lobón (Toma a, Toma A, Toma B y Toma C) y el río Guadiana describe en su recorrido una serie de meandros estando uno de ellos casi lindando con el Canal de Lobón por lo que la zona regable queda dividida naturalmente en dos subzonas: una la que se ha denominado Sector A (que incluye la superficie dominada por las Tomas a y A) y otra el denominado Sector B (que incluye la superficie dominada por las Tomas B y C).
2. Red secundaria. Es la que parte de cada uno de los contadores de cada hidrante colectivo y llega a cada parcela (donde se instalará una toma de parcela).
3. 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 y deberá ser acometida por los regantes, de forma adecuada al caudal y presión proporcionados. A cada parcela, en función de su superficie, se asignará su caudal correspondiente.

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 redes de riego presurizadas mediante bombeo, en los diseños convencionales se analizaba el óptimo entre el coste energético y la inversión en infraestructuras de riego. En la situación actual de alto coste de la energía y búsqueda de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, se tiene que buscar soluciones que presenten el menor consumo de energía posible, para reducir los coste de explotación tanto económicos como ambientales. En este proyecto en concreto, donde una gran parte de 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 bajo de explotación), la optimización de la red hidráulica para reducir el coste de inversión en su construcción tomará un valor secundario respecto al energético (como se ha recogido en el Anejo nº 5 “Estudio de alternativas y materiales. Justificación de la solución adoptada”).

En la optimización de la 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.

Otra variable que condiciona la concepción global del proyecto es el correcto diseño de los hidrantes que sirven el agua a las parcelas, pues 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 están ya adaptados a las demandas del mercado. Si se producirá un cambio de los sistemas de riego a emplear pasando todos el riego en parcela a un sistema presurizado de goteo y/o aspersión. En base a los cultivos el sistema de riego actual y futuro se recoge en la siguiente tabla. Esta distribución arroja, según se desarrolla en el Anejo Nº 3 «Estudio Agronómico», un caudal ficticio continuo será de 0,742 l/s ha, que por grupos de cultivos es:

**Tabla 10.** Cultivos y sistema de riego actual y futuro

	<b>%</b>	<b>Ha</b>	<b>Riego actual</b>	<b>Riego futuro</b>
<b>Alfalfa</b>	0,84	17	Gravedad	Aspersión
<b>Almendo</b>	5,68	115	Goteo	goteo
<b>Frutales (*)</b>	15,92	322	Goteo-Gravedad	goteo
<b>Girasol</b>	1,43	29	Gravedad	Aspersión
<b>Hortícolas</b>	8,51	172	Gravedad	goteo
<b>Maíz</b>	27,88	564	Gravedad	Aspersión
<b>Olivar</b>	7,56	153	Goteo	goteo
<b>Tomate</b>	23,08	467	Goteo	goteo
<b>Trigo</b>	2,08	42	Gravedad	Aspersión
<b>Viña</b>	7,02	142	Goteo	goteo
	100	2023		

La dotación bruta para la zona regable en función de la distribución de cultivos será 6.239,37 m<sup>3</sup>/ha, lo que representa un volumen anual de 12.622.238 m<sup>3</sup>.

En el Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y Cálculos Hidráulicos», se justifican los caudales de diseño de cada nivel. Para las redes de distribución primaria de las redes de gravedad se tomará un caudal de 0,742 l/s ha. Será con un caudal de 2 l/s y ha con el que se diseñen los hidrantes individuales y los hidrantes colectivos (acometidas a dichos hidrantes colectivos, los contadores que abastecen cada parcela, la red secundaria que va desde los armarios de los hidrantes colectivos hasta las parcelas de riego y las tomas que se instalen en cada parcela)

En función del número de propietarios a los que abastecen, se distinguen dos tipos de hidrantes: individuales o colectivos (agrupaciones de riego). El criterio aproximado seguido para establecer las agrupaciones de riego es que las parcelas mayores tengan un hidrante individual y las más

pequeñas se agregan en un hidrante colectivo (de hasta un máximo de 7 salidas) hasta formar agrupaciones de superficie variable en función del número y tamaño de las parcelas que las componen.

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, dado que los cultivos que se dan en la zona regable lo permiten y es el riego ya empleado muchas parcelas. El riego por aspersión también será posible con la presión proporcionada, si bien en las parcelas más grandes tendrían que realizar un diseño específico de su red interior de parcela e instalar aspersores adecuados. Para determinar la presión en los hidrantes y las tomas de parcela se deberá tener en cuenta:

- Cota de agua en cabecera.- Se tomará como cota de agua en el Canal de Lóbon que es de donde se abastecerán las estaciones de bombeo, cuyas bombas estarán en carga desde dicho canal. Son las siguientes:
  - Sector A.-
    - Cota hidráulica =  $198,5 + 2 = 200,5$  mca
  - Sector B
    - Cota hidráulica =  $196,8 + 2 = 198,8$  mca
- Presión proporcionada por la estación de bombeo.- Al no haber apenas diferencias de cotas en la zona regable por ser completamente llana, la presión debe ser suministrada por estaciones de bombeo. Tendrán las siguientes presiones:
  - Sector A
    - Presión de las bombas: 63 mca
    - Presión disponible a salida con bombas = 62,67 mca
  - Sector B
    - Presión de las bombas: 62 mca
    - Presión disponible a salida con bombas a 62 mca = 61,76 mca
- Pérdidas de carga en las tuberías de distribución primaria.- Se determinan en el presente anejo y se estima la presión que llegará a la entrada de cada hidrante.

- Pérdidas de carga en los cabezales de filtrado generales distribuidos por los ramales principales. - No se han recogido en este proyecto, pero se instalarán en fases posteriores de modernización y se han tomado unas pérdidas de carga de 1 mca.
- Pérdidas de carga en hidrantes individuales o colectivos: piezas especiales, filtro cazapiedras y válvulas hidráulicas-contadores. Se han estimado en 4 mca de forma general en cada hidrante, estando este valor del lado de la seguridad, pues se han tomado caudales bajos de diseño en toda la valvulería y elementos de hidrantes para disminuir al máximo las posibles pérdidas (2,5 mca de pérdidas en la válvula hidráulica con circuitos de tres vías –media de los 2 ó 3 m que pierden en cada caso- y 1,5 mca en el filtro cazapiedras y el resto elementos).
- Pérdidas de carga en las tuberías secundarias desde la salida de los hidrantes colectivos hasta las tomas de parcela. - Se determinan en el Anejo nº 7 y se estima la presión que llegará al punto más alto de cada parcela que es donde se situará la toma de parcela de los hidrantes colectivos.
- Presión mínima en parcela. - Se requiere una presión mínima de 15 mca para el correcto funcionamiento del emisor. Considerando 10 mca en las redes primarias-secundarias de parcela, 10 mca de pérdidas en terciarias y ramales portagoteros y otros 5 mca en el cabezal de riego de las parcelas, se necesitarán 40 mca en la toma de parcela en el punto más elevado de la parcela.

No se diseñan balsas para las nuevas instalaciones ya que el Canal de Lobón está regulado mediante compuertas automatizadas y balsas de regulación. La Comunidad de Regantes de Mérida se encuentra en cabecera del canal. Hasta la toma del Sector a-A tiene una capacidad de transporte de 14,2 m<sup>3</sup>/s y hasta la toma del Sector B-C de 10 m<sup>3</sup>/s. Existen dos balsas de regulación que son la de Arroyo (75.000 m<sup>3</sup> de capacidad y situada entre la Toma a y la Toma A) y la Valdeovejuna de (136.000 m<sup>3</sup> de capacidad y situadas justo aguas abajo de la Toma C).

Para el abastecimiento de energía para las estaciones de bombeo se contará con energía de la red convencional más instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo. La comunidad de regantes ha adquirido terrenos para poder construir en diferentes fases hasta aproximadamente 2 MWp en el Sector A y 1,7 MWp en Sector B, si bien en el presente proyecto se contempla inicialmente 858 kWp en el Sector A y 702 kWp en el Sector B.

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 (67,77 %) frente a la aspersión (32,23 %).
- Necesidades brutas de agua. - La dotación bruta para la zona regable en función de la distribución de cultivos será 6.239,37 m<sup>3</sup>/ha, lo que representa un volumen anual de 12.622.238 m<sup>3</sup>.
- Organización de los riegos. - Se plantea un riego a la demanda.

## **8 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES PROYECTADAS**

La solución diseñada para las obras del proyecto de “Modernización integral de la zona de riego por gravedad de la Comunidad de Regantes de Merida- Canal de Lobón (Badajoz)” se compone de las siguientes actuaciones:

1. Obra de toma y estación de bombeo del Sector A.
2. Obra de toma y estación de bombeo del Sector B.
3. Infraestructura eléctrica para el Sector A incluyendo campo fotovoltaico de 858 kWp.
4. Infraestructura eléctrica para el Sector B incluyendo campo fotovoltaico de 702 kWp.
5. Red de riego primaria y secundaria del Sector A
6. Red de riego primaria y secundaria del Sector B
7. Hidrantes-contador en cada parcela
8. Automatización y telecontrol de las instalaciones

### **8.1 OBRA DE TOMA DEL SECTOR A.**

La estación de bombeo del Sector A se abastecerá del Canal de Lobón en el mismo punto donde se encuentra en la actualidad la Toma a, ya que sólo se desplaza unos metros aguas abajo.

La actual toma y la estación de bombeo que eleva el agua hasta la acequia a permanecerán operativos hasta que entren en funcionamiento las nuevas instalaciones proyectadas.

Con esta obra de toma se derivará el agua del canal y se llevará hasta la cántara que pondrá en carga a las bombas. Para ello es necesario hacer una nueva toma en el canal, demoliendo un

pañó del mismo para hacer la nueva conexión. En ésta se colocará la compuerta mural que existe ahora mismo en la Toma a, luego habrá que desmontarla de su ubicación y volverla a instalar en la nueva toma con las conexiones eléctricas y de señales de telecontrol ya existentes.

Estará formada por 2 elementos claramente diferenciados, por un lado, cajón de acometida perpendicular al canal, de 2,80 m de longitud, ejecutado con muros de hormigón armado HA-25/B/20/XC2 de 40 cm de espesor empotrados en una losa de 50 cm de canto que, a su vez, sustentan una losa de hormigón in situ de 20 cm de canto, que sirve de pasillo de inspección manipulación para los elementos de conexión (reja de desbaste y compuerta mural de accionamiento eléctrico). De esta manera se configura una sección hidráulica de 1,50 x 3 m interior, que conecta el canal de Lobón con la arqueta de los elementos del prefiltrado.

Esta arqueta tiene unas dimensiones exteriores de 16,70 x 5,30 (max) x 3,70 m, ejecutada con muros de hormigón armado HA-25/B/20/XC2 de 40 cm de espesor empotrados en una losa de 50 cm de canto. Por razones de diseño, se ejecutará hormigonada in situ, para acabar parcialmente con tapa formada por placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado HP-40/P/12/XC2 de 15 cm de canto. La armadura a disponer se ejecutará con ferralla de acero de calidad B 500 S. Este elemento dispondrá de 2 cuerpos, uno para el limpiarrejas conducido 2500x3700 mm y otro final para el filtro rotativo, más ancho, según se aprecia en el plano 4.3 «Obra de toma y prefiltrado. Planta y secciones» y plano 4.4 «Obra de toma y prefiltrado. Armados».

En la obra de toma se dispondrán los elementos necesarios para eliminar los arrastres del canal. Para ello se dispone en primer lugar, para eliminar los arrastres de mayor tamaño, un limpiarreja automático tipo conducido para un canal de dimensiones 2.500 x 3.700 mm, reja con luz de paso 60 mm con pletinas 60x8 mm, fabricada en base a pletinas y perfiles simples conformados en acero inoxidable de calidad AISI 304, y el resto de la máquina fabricada en perfiles simples laminados en acero al carbono de calidad S275JR con tratamiento anticorrosivo, accionamiento mediante motor hidráulico con central oleohidráulica y cuadro eléctrico de mando a pie de máquina con selector para temporizador, con cinta transportadora de aproximadamente 3,00 m de longitud para los residuos.

Tras la reja de desbaste se instalará, para eliminación de arrastres más finos, un filtro de tambor rotativo de diámetro 3.500 mm. Podrá proporcionar hasta un caudal de 1.810 l/s a nivel de aguas de 1,9 m. Estará fabricado en acero al carbono de calidad S 275 JR, marcos y premarcos fabricados en acero inoxidable de calidad AISI 304, malla de acero inoxidable de 1,5 mm de paso, incluyendo sistemas de limpieza de malla mediante aspersores, incluso bastidor, marcos, contruidos en acero de calidad S 275 JR, con tratamiento anticorrosivo aplicado. El cuadro eléctrico de control estará a pie de filtro.

## **8.2 OBRA CIVIL DE ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR A**

La estación de bombeo está situada en el interior de la estación de bombeo de la Comunidad de regantes de Mérida – Canal de Lobón, al suroeste de Mérida, en concreto en la parcela 184 del polígono 73 del término municipal de Mérida (Badajoz).

Previamente se realizará una actuación en la parcela de la Estación de Bombeo Sector A existente, mediante demolición de viejas construcciones, para dar paso a nuevas obras de toma, prefiltrado y nave para estación de bombeo con foso de bombas y puente grúa 3,2 t, así como correspondientes partidas de urbanización que integren las nuevas construcciones con el viejo edificio de la estación elevadora, que quedará en desuso

Esta estación de bombeo se alojará en un edificio de forma rectangular, de una planta y cubierta inclinada a dos aguas, con las siguientes características:

- Tipología: Nave de 13,50 m de luz y de 27,90 m de longitud, interejes
- Cubierta: 2 aguas
- Material cubrición: Panel sándwich alma de espuma de poliuretano (PUR) 30 mm
- Cerramiento: Placa prefabricada maciza de hormigón armado e=14 cm
- Pendiente cubierta: 10,00 % (6,35º)
- Correas: Perfiles conformados en frío tipo ZF 150.2.0
- Acero S 235 JR: Límite elástico 235 N/mm<sup>2</sup>
- Separación correas: 1,125 m
- Nº correas / vertiente: 7
- Separación pórticos: 4,65 m
- Altura de pilares: 7,19 m sobre solera
- Altura de coronación: 8,47 m hasta terreno
- Pilares: Perfiles de acero laminado S 275 JR tipo HEB-220 en pórticos intermedios y hastiales.
- Dinteles: Perfiles de acero laminado S 275 JR tipo IPE-240 acartelados (1,00 m) en pórticos intermedios e IPE-240 en pórticos hastiales.
- Acero S 275 JR: Límite elástico 275 N/mm<sup>2</sup>

## **8.2.1 Sistema estructural**

### **8.2.1.1 Cimentaciones**

La cimentación de los pilares de la nave se realizará, por una parte, sobre el muro del foso de bombas ejecutado como un vaso monolítico con muros sobre losa de cimentación de 50 cm de canto y, por otro, sobre losa superficial de hormigón armado HA-25/B/20/XC2 de canto 45 cm, resistencia característica a compresión 25 N/mm<sup>2</sup> y ferralla de acero corrugado B 500 S, realizada a la altura de la cota de coronación de los muros del foso, cosiendo de esta manera de forma monolítica la cimentación de la estructura metálica. Siguiendo las indicaciones del estudio geotécnico, se realizará una mejora del firme de cimentación, compuesta por lamina geotextil sobre el terreno natural de la excavación, capa de bolos de 30 cm, lamina impermeabilizante de polietileno y capa de hormigón de limpieza HM-20/B/20/X0 de 10 cm. de espesor

Adosado al foso de bombas se ejecuta por el exterior de cada estación de bombeo, un foso de aspiración "húmedo" de 2,50 m de anchura útil, formado por muros de hormigón armado de 40 cm de espesor sobre losa de cimentación de 50 cm de canto, calidad HA-25/B/20/XC2. El foso de aspiración dispondrá de tapa formada por placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado HP-40/P/12/XC2 de 15 cm de canto y tendrá una profundidad libre igual al foso de bombas en cada sector, concretamente 4,25 m en el sector A.

Las cargas para las que han sido calculadas las estructuras se desprenden del Documento Básico DB SE-AE: Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación, del Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, no siendo de aplicación el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación NCSR-02, en cumplimiento del artículo 1.2.3. al tratarse de construcciones de importancia moderada.

Para el cálculo constructivo del presente proyecto de han tenido en cuenta todas las normas en vigor que le son de aplicación, y en concreto el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural (CE), el Documento Básico DB SE-A: Seguridad estructural. Acero y Documento Básico DB SE-C: Seguridad estructural. Cimientos, del Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

### **8.2.1.2 Estructura metálica**

La estructura metálica de la estación de bombeo estará formada por pórticos planos de acero S 275 JR con nudos rígidos y apoyos sobre losa de cimentación y muros. El dimensionamiento de los pilares y los dinteles se ha realizado con un programa de ordenador de cálculo matricial en 3D de estructuras.

La estructura metálica consiste en una nave de planta rectangular, con cubierta a dos aguas. Las dimensiones del conjunto son de 13,50 m de luz y de 27,90 m de longitud, todo entre ejes de pilares. La superficie total construida de la construcción asciende a 389,70 m<sup>2</sup> y la altura de pilares 7,19 m sobre solera HA-25/B/20/XC2 de 20 cm de espesor. La altura total de la construcción será 8,47 m desde la cumbrera al terreno.

Los pórticos intermedios de la estructura a dos aguas tienen una luz entre ejes de 13,50 m, un ángulo de vertiente de 6,35° (10%) y una separación de 4,65 m. Los pilares son de perfil HEB-220. Los dinteles son IPE-240 acartelados, como se refleja en el plano 6.4.9 “Estación de bombeo Sector A. Obra civil. Pórticos”.

Los pórticos hastiales de la nave, tienen las mismas dimensiones que los anteriores, con perfiles en pilares tipo HEB-220 y con dinteles IPE-240. Además, en las fachadas, se proyectan perfiles UPN-180 para sujeción de las placas macizas de hormigón de cerramiento, así como pilarillos de perfil HEB-220, simétricamente dispuestos a 4 m de las esquinas

La unión de los pilares con la cimentación, se hará a través de placas de asiento de dimensiones 500x500x18 mm y 12 pernos diámetro 20 mm. Las características y distribución pueden verse en el plano 6.4.3 “Estación de bombeo Sector A. Obra civil. Cimentación, saneamiento y puesta a tierra. Detalles”

La nave dispondrá de un carril de rodadura por ambos laterales, para el funcionamiento de un puente grúa de 3,2 t de capacidad. Estructuralmente dichos carriles se colocarán encima de sendas vigas carrileras de perfil de acero laminado en caliente calidad S 275 JR tipo IPE-270, colocadas sobre mensulas soldadas a los pilares laterales, a una altura de 5,21 m sobre la solera acabada del interior de la nave.

El tratamiento anticorrosivo a utilizar será mediante limpieza mecánica (cepillado con cepillo de púas de acero) y aplicación de 2 manos (40 µm) de pintura al minio electrolítico de plomo o pintura antioxidante similar.

Para el acceso, inspección y mantenimiento de bombas, se diseña pasarela inferior de 1,00 m de ancho y 1,30 m de alto, formada por entramado de perfiles huecos de acero calidad S 275 JR #50.3 mm, que soportarán enrejado de tramex 30x30 mm / 25x2 (perfil portante). Desde esta altura, arrancará hasta parte superior del foso, una escalera metálica de un tramo, altura 3,10 m en el sector A y 2,00 m en el sector B, y ancho 1,00 m, dispuesta por zancas de perfil acero laminado en caliente S 275 JR UPN-160 y peldaños de tramex. Tanto la ubicación, como las dimensiones de la misma se pueden observar en los planos 6.4.1 “Estación de bombeo Sector A. Obra civil. Planta general” y 6.4.4 “Estación de bombeo Sector A. Obra civil. Estructura pasarela. Planta y secciones”

## **8.2.2 Sistema envolvente**

### **8.2.2.1 Cerramientos**

El cerramiento de la nave será a base de placas prefabricadas macizas de hormigón armado de 14 cm de espesor, que garantizan un aislamiento acústico de 54,0 dBA (en consonancia con lo dispuesto en el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento 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) y al fuego EI 120 (superior al requerido según el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales), con acabado liso, insertadas y acopladas sobre la estructura metálica.

### **8.2.2.2 Cubiertas**

Se dispondrán paneles tipo sándwich formados por dos chapas lacadas grecadas de acero perfilado en frío de 0,6 mm de espesor y una capa de aislante de espuma de poliuretano de 30 mm de espesor anclados los perfiles a la estructura mediante ganchos o tornillos autorroscantes que garantizan un aislamiento acústico de 14 dBA (en consonancia con lo dispuesto en el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento 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) y al fuego EI 15 (superior al requerido según el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales).

Se dispondrán 7 correas por vertiente de perfil ZF 150.2, acero conformado calidad S 235 JR, separadas en planta 1,125 m. En los paños de cubierta señalados en los planos, se dispondrá de un arriostramiento a base de cruces de San Andrés mediante acero redondo de 16 mm de diámetro tipo B 500 S con tensores roscados.

Se proyecta sistema de recogida de las aguas pluviales en la cubierta de la nave a través de canalón rectangular de 430 mm de desarrollo, conformados en chapa de acero prelacado. Desde este canalón y mediante un bajante realizado en chapa de acero prelacado de 110 mm de diámetro las aguas pluviales de cubierta son conducidas hasta la plataforma exterior.

## **8.2.3 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.

#### **8.2.4 Sistema de acabados**

##### *8.2.4.1 Carpintería y cerrajería*

La puerta de acceso a la nave para vehículos será metálica oscilobatiente, a base de bastidor de tubo rectangular y chapa de acero, con cerco y perfil angular provisto de una garra por metro lineal y herrajes de colgar y de seguridad. Dispondrá de puerta para hombre, que servirá de vía de evacuación, con paso libre de 0,82 m. Se procederá posteriormente a su pintado con pintura tipo ferro.

Las ventanas en fachada son de hojas correderas de aluminio lacado, con perfil europeo con RPT (Rotura de puente térmico) para doble acristalamiento 4+6+4 (dos vidrios de 4 mm con una cámara de 6 mm). Las ventanas irán protegidas mediante rejas metálicas realizadas con tubo de acero de 30x15 mm. en vertical y horizontal, separados 15 cm. con garras para recibir de 12 cm., con pintado posterior con pintura tipo ferro.

Tanto las dimensiones como la ubicación de la puerta y ventanas se pueden apreciar en los planos 6.4.1 “Estación de bombeo Sector A. Obra civil. Planta general” y 6.3 “Estación de bombeo Sector A. Alzados y sección”.

#### **8.2.5 Sistema de acondicionamiento e instalaciones**

##### *8.2.5.1 Instalación eléctrica*

La descripción y justificación correspondiente a este apartado se encuentra descrita en el apartado «Instalación eléctrica de baja tensión y automatización del sector A».

##### *8.2.5.2 Ventilación*

La estación de bombeo dispone de una ventilación natural formada por 14 ventanas de hojas correderas de dimensiones 1,50x0,70 m, en la ubicación reflejada en plano 6.3. “Estación de bombeo Sector A. Alzados y sección”. Además, se disponen 3 aireadores en cubierta, según plano 6.4.7 “Estación de bombeo Sector A. Obra civil. Cubierta”, con las siguientes características:

- Unidades: 3
- Caudal: 2.500 m<sup>3</sup>/h (velocidad viento 25 km/h)
- Diámetro tubo: 350 mm

- Material: Chapa de aluminio
- Base: Chapa acero galvanizado

La instalación es capaz de proporcionar un total de volumen de aire renovado de 7.500 m<sup>3</sup>/h

Además, con el objeto de proporcionar un caudal de aire apropiado para mantener la temperatura de la sala en torno a 40 °C como máximo y evitar así pérdidas por rendimiento y posibles averías en los variadores de frecuencia, se diseña una instalación ventilación forzada apropiada, siguiendo los requerimientos del fabricante de los variadores y la bibliografía técnica al respecto.

Se instalarán 3 extractores helicoidales murales en fachada, por seguridad, con capacidad unitaria el total de 4.920 m<sup>3</sup>/h cada uno, para quedar del lado de la seguridad (14760 >10125 m<sup>3</sup>/h). La aportación de aire a la sala se realiza desde 2 rejillas de lamas de acero en las puertas de acceso

#### 8.2.5.3 Protección contra incendios

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de protección contra incendios de la estación de bombeo, así como el diseño y el mantenimiento de las instalaciones, cumplirán con lo preceptuado en el Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios

Los sistemas de protección activa contra incendios proyectados en la estación de bombeo, se pueden observar en el plano 6.5.4 “Estación de bombeo Sector A. Instalaciones. Instalación PCI y señalización”. Dicho emplazamiento permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estando situados próximos a los puntos donde se estima la mayor probabilidad de iniciarse el incendio, y su distribución es tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor no supera los 15 m.

Se colocarán extintores de las siguientes características:

- .- 1 Extintor portátil de polvo ABC de eficacia 27A-133B de 6 kg
- .- 1 Extintor portátil de CO<sub>2</sub> de eficacia 89B de 5 kg

Serán conforme a la exigencia de la norma, de acuerdo con las características de la edificación, según UNE EN 3-7, situados como puede verse en el plano correspondiente. Según el RD 513/2017, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI), los extintores se colocarán de forma visible y accesible de forma que la parte superior del mismo quede situada entre 80 cm. y 120 cm sobre suelo. Junto a estos se colocarán señales relativas a los equipos de lucha contra incendios de forma rectangular o cuadrada con el

pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).

El sistema manual de alarma de incendio (UNE EN 54-11) estará constituido por un conjunto de pulsadores que permitirán provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que ha sido activado el pulsador.

Los pulsadores de alarma se situarán de modo que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto que deba ser considerado como origen de evacuación, hasta alcanzar un pulsador, no supere los 25 m. Los pulsadores se situarán de manera que la parte superior del dispositivo quede a una altura entre 80 cm y 120 cm.

#### 8.2.5.4 Alumbrado de emergencia y señalización de seguridad y vías de evacuación

En la estación de bombeo se proyecta una instalación de alumbrado de emergencia situada en los recorridos generales de evacuación (proporcionando una iluminancia de 1 lux, como mínimo) y en los puntos en los que estén situados los equipos de protección contra incendios que exijan utilización manual (proporcionando una iluminancia mínima de 5 lux). Esta señalización de alumbrado de emergencia se encuentra en vías de evacuación y recintos que alberguen centros de mando de instalaciones técnicas, al objeto de proporcionar un nivel de iluminación adecuado, según indica el punto 16 del anexo III del Real Decreto 2267/2004.

La señalización de emergencia en la salida de uso habitual se hará de acuerdo al Reglamento de señalización de los centros de trabajo (RD 485/1997, de 14 de abril) así como UNE 23033-1 y UNE 23035. La evacuación de los establecimientos industriales que están ubicados en edificios de tipo C, como es el caso de la estación de bombeo, debe satisfacer las condiciones expuestas en el apartado 6.4 del anexo II del RD 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

En cuanto a nº y disposición de las salidas, en nuestro caso, actividad clasificada como de riesgo intrínseco bajo, la evacuación del sector en estudio se realiza por una salida, siendo la ocupación inferior a 25 personas. El recorrido de evacuación es inferior a 50 m, que es la distancia máxima para riesgo bajo. Todo ello se refleja en la siguiente tabla:

**Tabla 11.** Número de salidas y recorridos de evacuación estación de bombeo sector A

SALIDA DE SECTORES						
RECINTO	PLANTA	SALIDAS			DIÁFANA	RECORRIDO EVACUACION MAX. (m)
		nº	Tipo	Ancho (m)		
Estación de bombeo	Baja	1	A	3,68	SI	37,00

Los recintos que aparezcan con recorrido de evacuación cero, son aquellos en que, conforme a la norma, el origen de evacuación es la salida del recinto.

**Tabla 12.** Tipos de salidas de planta en estación de bombeo y filtrado

<b>SALIDA DE PLANTA</b>			
<b>PLANTA</b>	<b>SALIDA TIPO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>SALIDA A</b>
Baja	A	3,68	Exterior

Los tipos de salida asignados anteriormente corresponden a la siguiente descripción:

- A: Salida del edificio en su planta correspondiente.
- B: Arranque de escalera no protegida que conduce a planta salida, contenido en recinto propio.
- C: Arranque de escalera no protegida que conduce a planta de salida, no contenida en recinto propio
- D: Puerta para vehículos, que comunica directamente con espacio exterior.

En cumplimiento del RD 485/1997, de 14 de abril sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se han ejecutado las siguientes medidas:

- 1) Se han señalado las salidas
- 2) Se han rotulado con el pictograma "SALIDA" todas las luces de emergencia ubicadas a tal efecto

La disposición de estas y otras señales necesarias según la normativa vigente se puede observar en el plano correspondiente.

### **8.2.6 Urbanización**

En la zona exterior de la estación de bombeo, tal y como se puede apreciar en el plano 6.8.1 «Estación de bombeo sector A. Urbanización» se extenderá y compactará una capa de zahorra artificial 0/32 de 35 cm como cimiento de firme y firme con aglomerado en caliente con un espesor total de 10 cm, repartido en dos capas, una capa base de 6 cm de espesor y una capa de rodadura de 4 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 Kg/m<sup>2</sup>), y de adherencia con emulsión tipo C60B2 (carga catiónica), con una dosificación de medio kilogramo por metro cuadrado (0,5 Kg/m<sup>2</sup>).

Perimetralmente a la nave según se puede apreciar en el plano 6.4.1 «Estación de bombeo sector A. Planta general», se realizará un acerado acabado con pavimento continuo de hormigón HM-20/B/20/X0 de 20 cm. de espesor, endurecido con fibras de polipropileno con dosificación de 0,12 kg/m<sup>2</sup>, 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/X0.

Para la ejecución de la estación de bombeo es necesario realizar la demolición de las edificaciones existentes, con una superficie de 145 m<sup>2</sup> y una altura media de 3,75m., realizada a base de cerramientos de ladrillo, con posterior enfoscado exterior y parte en el interior, alicatados en parte de su interior, y cubierta de teja cerámica, un pozo de 2,75 m<sup>2</sup>, y parte del cerramiento existente.

Se continuará con el actual cerramiento existente para que la nueva estación de bombeo quede dentro del actual recinto vallado. Dicho cerramiento tendrá las siguientes características, las cuales se pueden apreciar en el plano 6.8.2 «Estación de bombeo sector A. Urbanización. Detalles»:

- Zunchos de hormigón armado HA-25/B/20/XC2. Los zunchos o vigas de atado son de sección cuadrada de 40x40 cm, con armadura longitudinal de 4  $\phi$  12 en cada cara y  $\phi$  8 cada 30 cm en estribos de acero B 500 S, apoyados sobre 5 cm de hormigón en masa HM-20/B/20/X0.
- Fábrica de bloques de hormigón de 40x20x20 cm con posterior enfoscado y pintado con pintura plástica blanca, recibidos con mortero M-5 de 250 kg de cemento y relleno de hormigón HM-20/B/20/X0 con losa albardilla de hormigón color blanco en zona superior del mismo.
- Cerramiento de reja metálica, parte proveniente de la retirada realizada con anterioridad (se estima un porcentaje de aprovechamiento de la misma del 80%), y el resto con reja de idénticas características a la existente, en concreto bastidor de perfil angular 40x40 de acero JR 275 S y mallazo interior de redondos de 8 mm en cuadrícula de 8x4 cm.

### **8.3 INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN PARA CONEXIÓN A RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SECTOR A**

#### **8.3.1 Punto de conexión a red**

La conexión con la red de distribución de la compañía distribuidora EDE se llevará a cabo según las indicaciones recogidas en la carta de condiciones ABAD001 0000604074-3, estableciendo el punto de conexión en LAMT "Aljucén" 15 kV LA-56, en nuevo apoyo A424697. Se trata de nueva línea aérea media tensión doble circuito (LAMT DC) con primer apoyo a 20 m máximo y nuevo centro de seccionamiento y entrega cliente según normativa EDE.

#### **8.3.2 Línea aérea MT doble circuito**

Tal y como se refleja en planos, se trata de un lazo flojo DC de 8 m entre los apoyos A424697 (entronque, propiedad EDE, coordenadas UTM ETRS 89, huso 29, X=723.447 Y=4.310.873) y nuevo apoyo derivación, que discurre en zona A, entre las cotas 202.8 y 202.4

Los apoyos serán metálicos de sección rectangular y troncopiramidal, de acero tipo S 275 JR y S 355 JO según la norma UNE EN 10025: *Productos laminados en caliente, de acero no aleado para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro*, protegidos de la corrosión mediante un tratamiento de galvanizado en caliente según UNE-EN ISO 1461:2010 *Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero* y Recomendación Unesa (RU) 6618

Los apoyos diseñados son:

**Tabla 13.** Apoyos diseñados en entronque sector A

<b>Nº</b>	<b>FUNCION</b>	<b>TIPO</b>	<b>CRUCETA</b>
1	Entronque (FL)	C 4500 16	Horizontal DC atirantado
2	Derivacion (FL)	C 4500 16	Horizontal DC atirantado

En todos los apoyos la resistencia de difusión de la puesta a tierra será inferior a 20  $\Omega$  y las tomas serán realizadas teniendo presente lo que al respecto se especifica en los art. 12.6 y 26 del RD 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 (RLAT), así como apartado 7 de la ITC-LAT 07.

El conductor desnudo utilizado será aleación Al-Ac denominación 47-AL1/8-ST1A (antiguo LA-56) que cumplirá lo que prescribe el apartado 2 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, en cuanto a su naturaleza, características, empalmes y conexiones.

Al objeto del cumplimiento de las medidas avifauna establecidas en 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, se adoptan las siguientes:

- 1) No se proyectan aisladores rígidos sobre cruceta.
- 2) No se proyectan puentes flojos no aislados por encima de travesaños y cabeceras apoyos. Para ello se utilizan vainas de silicona y encintado con sellador en los herrajes
- 3) No se proyectan seccionadores en posición horizontal en cabecera de apoyos.

### **8.3.3 Línea subterránea MT doble circuito**

La conversión aero-subterránea tendrá lugar en el apoyo nº 1 de derivación. Se trata de un soporte metálico fin de línea (FL) tipo celosía, formado por cruceta DC horizontal atirantada M0, cadenas de amarre, juego de seccionadores unipolares horizontales invertidos 400A/24 kV y autoválvulas (limitadores de sobretensiones atmosféricas según ITC RAT 09), a una altura no inferior a 5 ó 7 m del suelo, según normativa sectorial y Especificaciones Particulares 2018 de la compañía distribuidora, respectivamente. Dispone como solera una superficie de hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup> de 3,30 m. de lado y 0,20 m de espesor, para cumplir las prescripciones reglamentarias sobre tensiones de paso y contacto (Art. 13 RAT) y un recubrimiento de obra de fábrica hasta una altura de 2,50 m.

La línea subterránea DC de 15 m que arranca a continuación, estará formada por conductores unipolares de aluminio 2x(3x1x240) mm<sup>2</sup> RHZ1 12/20 kV, que discurrirán enterrados bajo tubo PE Ø200 (2T+R) en zanja de 0,50 x 1,12 m de profundidad sobre cama de arena. Conectará con el centro de entrega/seccionamiento, dotado de las celdas que marca la normativa de la Cía. distribuidora (EDE).

Será necesaria la colocación de arqueta prefabricada de hormigón tipo APHA1 400 al pie del apoyo de conversión aéreo-subterránea, como se observa en el plano 6.6.2 Estación de Bombeo Sector A. Línea MT-CT. Planta general, así como en el plano 6.6.6 Estación de Bombeo Sector A. Línea MT-CT. Detalles canalización MT

### **8.3.4 Centro de seccionamiento y entrega**

El centro de seccionamiento monobloque tipo caseta, constará de una envolvente, única o formada por paneles, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica y demás equipos eléctricos. Para el diseño de este centro, se han observado todas las normativas de aplicación, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc. Este edificio prefabricado contará con el certificado de calidad UNESA de acuerdo a la Recomendación

UNESA 1303A.

El edificio prefabricado de hormigón, con índice de protección IP-23, estará formado por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera y una tercera que forma el techo. Adicionalmente, se incorporan otras pequeñas piezas para constituir un centro de transformación de superficie y maniobra interior (tipo caseta), estando la estanqueidad garantizada por el empleo de juntas de goma esponjosa entre ambas piezas principales exteriores.

Según la norma EDE *NRZ 102 Instalaciones Privadas Conectadas a Red de Distribución. Consumidores en Alta y Media Tensión*, la composición del centro de seccionamiento diseñado responde al esquema 11 *CT interior en envoltente común o centro independiente anexo, con doble acometida y 1 o más transformadores fuera de CT*:

#### PARTE COMPAÑÍA:

-Celda de entrada, función línea, dotada de interruptor-seccionador motorizado 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda de salida, función línea, dotada de interruptor-seccionador motorizado 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda de entrega, función línea, dotada de interruptor-seccionador motorizado 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda trafo SS.AA, para alimentación de relés y demás elementos en la parte de Compañía del centro de seccionamiento, características 400A / 20 kA / 24 kV, dotada de transformador tensión bipolar 15000/230 V potencia 4 kVA, protegido por fusibles

#### PARTE ABONADO (CLIENTE):

-Celda de remonte, función protección cable, 400A / 24 kV

-Celda de protección interruptor automático, función protección, dotada de interruptor-automático corte en vacío y seccionador 3 posiciones en serie 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda de medida, 400A / 24 kV, para albergar trafos de tensión e intensidad adecuados

-Celda de salida, función línea, dotada de interruptor-seccionador motorizado 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda trafo SS.AA, para alimentación de relés y demás elementos en la parte de Cliente del centro de seccionamiento, características 400A / 20 kA / 24 kV, dotada de transformador tensión

bipolar 15000/230 V potencia 4 kVA, protegido por fusibles

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales, de todos los aparatos y equipos instalados en el centro de seccionamiento, se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores de SS.AA, etc., así como la armadura del edificio (si este es prefabricado). No se unirán, por el contrario, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT (trafo SS.AA) se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, denominada puesta a tierra de servicio, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre 50 mm<sup>2</sup> aislado (0,6/1 kV) protegido con tubo de PVC de grado de protección IK 07, como mínimo, contra daños mecánicos, siguiendo prescripciones de ITC RAT 13.

## **8.4 ADECUACIÓN INSTALACIÓN LAMT EXISTENTE Y NUEVO C. TRAFIO DEL SECTOR A**

### **8.4.1 Línea aérea MT simple circuito existente**

La Comunidad de Regantes dispone de una línea eléctrica aérea MT y centro de transformación tipo caseta potencia 2x160 kVA (CD nº 81991), en la actual estación de bombeo del sector A, ambas infraestructuras bajo la figura de "cesión" (Convenio de Encomienda de Gestión) otorgada por la Confederación Hidrográfica del Guadiana a la Comunidad General de Usuarios del Canal de Lobón, de la que forma parte la Comunidad de Regantes de Mérida por el Canal de Lobón, fecha 08/02/2020.

Tal y como se refleja en plano 6.6.2 Estación de Bombeo Sector A. Línea MT-CT. Planta general, se trata de una línea aérea SC 15 kV existente con conductor desnudo tipo LA-56, de longitud total 829 m que discurre por zona A, entre las cotas 202 y 204. La línea está soportada por apoyos metálicos función alineación (AL) y ángulo (ANG) tipo celosía con crucetas tipo bóveda y cadenas de suspensión en apoyos de alineación y crucetas tipo tresbolillo con cadenas de amarre, en apoyos de ángulo y FL. La línea eléctrica está en buen estado y al día en sus inspecciones periódicas, según la reglamentación vigente.

La actuación afecta al apoyo nº1 (conversión aero-subterránea que procede de centro de seccionamiento, coordenadas UTM ETRS 89, huso 29, X=723.442 Y=4.310.856) y apoyo nº 11 (coordenadas UTM ETRS 89, huso 29, X=723.266 Y=4.310.093) función doble, por un lado, conversión aero-subterránea para acometer al nuevo centro de transformación proyectado 2x630

kVA, y por otro, estrellamiento que da servicio al centro de transformación existente en la parcela de la Estación de Bombeo del sector A.

Dichos apoyos, debido a que son fin de línea, no se sustituirán, llevándose solo a cabo las actuaciones mínimas necesarias para el objetivo perseguido, hacer las conversiones aero-subterráneas necesarias para dar continuidad eléctrica desde el centro de seccionamiento hasta el nuevo centro de transformación proyectado. Por lo tanto, se dotarán de cruceta adicional para montaje de elementos de maniobra (seccionadores unipolares) y protección (pararrayos), la bajada del cable protegida por obra de fábrica hasta 2,5 m, solera perimetral y puesta a tierra en apoyos de apartamento, según estipula la normativa sectorial y de EDE.

Al objeto del cumplimiento de las medidas avifauna establecidas en 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, se adoptan las siguientes:

- 1) No se proyectan aisladores rígidos sobre cruceta.
- 2) No se proyectan puentes flojos no aislados por encima de travesaños y cabeceras apoyos. Para ello se utilizan vainas de silicona y encintado con sellador en los herrajes
- 3) No se proyectan seccionadores en posición horizontal en cabecera de apoyos.

#### **8.4.2 Conversion aero-subterránea**

La conversión aero-subterránea tendrá lugar en el apoyo nº 1 tipo fin de línea (FL) existente que dispone de apartamento tipo "cut out" (cortacircuitos fusibles de expulsión). Se trata de un soporte metálico tipo celosía, formado por cruceta horizontal atirantada M0, cadenas de amarre, que se dotará de juego de seccionadores unipolares horizontales invertidos 400A/24 kV y autoválvulas (limitadores de sobretensiones atmosféricas según ITC RAT 09), a una altura no inferior a 5 ó 7 m del suelo, según normativa sectorial y Especificaciones Particulares 2018 de la compañía distribuidora, respectivamente. Dispondrá como solera una superficie de hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup> de 3,30 m. de lado y 0,20 m de espesor, para cumplir las prescripciones reglamentarias sobre tensiones de paso y contacto (Art. 13 RAT) y un recubrimiento de obra de fábrica hasta una altura de 2,50 m.

Paralelamente a esta actuación, se proyecta en el apoyo nº 11 FL existente, otra conversión aero-subterránea, para acometida al centro de transformación proyectado de 2x630 kVA, con las mismas características que la anterior, solo que aquí, el apoyo nº11 es un apoyo metálico celosía galvanizado con crucetas tresbolillo y cadenas de amarre.

### **8.4.3 Línea subterránea MT simple circuito**

La línea subterránea SC de 15 m que conecta el centro de seccionamiento con el apoyo nº1, así como la línea subterránea SC de 20 m que conecta el apoyo nº11 con el centro de transformación proyectado, tanto una como otra, estará formada por conductores unipolares de aluminio (3x1x150) mm<sup>2</sup> RHZ1 12/20 kV, que discurrirán enterrados bajo tubo PE doble pared rígido Ø160 (1T+R) resistencia a compresión superior a 450N y grado de protección IP54, en zanja de 0,50 x 0,95 m de profundidad sobre cama de arena, en el primer caso, y zanja tipo cruce de 0,50 x 1,15 m de profundidad, en el segundo caso.

Tal y como condicionan las Especificaciones Particulares la protección de los cables se traduce en la colocación de placas de PE, colocándose además a 25 cm de la cota del terreno una cinta de señalización de PE que advierta de la existencia de cables eléctricos debajo de ella. En el caso del cruce, la protección mecánica consistirá en prisma de hormigón.

Será necesaria la colocación de arqueta prefabricada de hormigón tipo APHA1 400 al pie de cada apoyo de conversión aéreo-subterránea, como se observa en el plano 6.6.2 Estación de Bombeo Sector A. Línea MT-CT. Planta general, así como en el plano 6.6.7 Estación de Bombeo Sector A. Línea MT-CT. Detalles canalización MT.

### **8.4.4 Centro de transformación 2x630 kVA**

El centro de transformación monobloque tipo caseta, constará de una envolvente, única o formada por paneles, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica y demás equipos eléctricos. Para el diseño de este centro, se han observado todas las normativas de aplicación, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc. Este edificio prefabricado contará con el certificado de calidad UNESA de acuerdo a la Recomendación UNESA 1303A.

El edificio prefabricado de hormigón, con índice de protección IP-23, estará formado por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera y una tercera que forma el techo. Adicionalmente, se incorporan otras pequeñas piezas para constituir un centro de transformación de superficie y maniobra interior (tipo caseta), estando la estanqueidad garantizada por el empleo de juntas de goma esponjosa entre ambas piezas principales exteriores.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones y rejillas de ventilación, fabricados en chapa de acero.

La puerta de acceso de peatones tiene unas dimensiones de 900 x 2100 mm mientras que la del transformador tiene unas dimensiones de 1260 x 2100 mm Ambos tipos de puertas pueden

abrirse 180°. Disponen, además, de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento: evitar aperturas intempestivas de las mismas y la violación del centro de transformación.

Las rejillas de ventilación se sitúan en la parte inferior de la puerta de acceso al mismo, en la parte superior y en los laterales de la envolvente. Estas rejillas tienen un área de 1200 x 677 mm<sup>2</sup> y un índice de protección IP-33. Todas estas rejillas están formadas por lamas en forma de “V” invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el centro de transformación e interiormente se complementa cada rejilla con una rejilla mosquitera, según ITC-RAT 14.

Según la norma EDE *NRZ 102 Instalaciones Privadas Conectadas a Red de Distribución. Consumidores en Alta y Media Tensión*, la composición del centro de transformación diseñado responde al esquema 11 *CT interior en envolvente común o centro independiente anexo, con doble acometida y 1 o más transformadores fuera de CT:*

**PARTE ABONADO (CLIENTE):**

-Celda de protección con fusibles, función protección trafo nº1, 400A / 24 kV y fusibles 63 A

-Celda de protección con fusibles, función protección trafo nº2, 400A / 24 kV y fusibles 63 A

Cada uno de los dos (2) transformadores necesarios serán trifásicos reductores de tensión, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural de aceite vegetal, tensión primaria 15-20 kV B2 y secundaria 400 V, conmutador maniobrable sin tensión de 6 posiciones, pasatapas de MT y BT, cáncamos de elevación, ruedas, dispositivos de llenado y vaciado, terminales de tierra y placa de características. Los datos técnicos se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 14.** Características trafo potencia sector A

Potencia nominal (KVA)	630
Tensión nominal (V)	15-20000/400
Regulación %	±2,5 ±5 ±7,5
Tensión cortocircuito %	4
Frecuencia (Hz)	50
Grupo conexión	Dyn 11
Neutro accesible	Si
Refrigeración	ONAN

La conexión celda-trafo se materializará mediante puentes MT formados por cables 12/20 kV del tipo DHV, unipolares, con conductores de sección y material 1 x 95 Al y terminaciones de 24 kV

del tipo cono difusor según ITC LAT 06 y EP 2018 de EDE

La unión trafo-cuadro BT se llevará a cabo con puentes BT formados por cables de sección y material 1 x 240 Al EPR 0,6/1 kV sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3x3x240 + 2x240 para cada transformador de 630 kVA

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales, de todos los aparatos y equipos instalados en el centro de transformación, se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si este es prefabricado). No se unirán, por el contrario, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT (trafos) se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, denominada puesta a tierra de servicio, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre 50 mm<sup>2</sup> aislado (0,6/1 kV) protegido con tubo de PVC de grado de protección IK 07, como mínimo, contra daños mecánicos, siguiendo prescripciones de ITC RAT 13

## **8.5 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DEL SECTOR A**

Se plantea la ejecución por fases de un campo fotovoltaico de autoconsumo sin excedentes de 2.106,00 kWp compuesto por 3240 módulos fotovoltaicos de 650 Wp, agrupados en lazos de 24 módulos e instalados sobre estructura metálica formada por perfiles conformados de acero calidad S 350 GD, hincada y con 15° de inclinación. **En la fase inicial recogido en este proyecto se instalarán 1320 módulos fotovoltaicos conformando un campo FV de 858 kWp.** Se conectará a la estación de bombeo mediante una línea de baja tensión a 400 V, que alimentará directamente a los elementos consumidores, sin plantear vertido de excedentes.

La parcela donde se ejecutará el campo fotovoltaico del sector A, previo consenso con el titular, será polígono 78 parcela 131, paraje Escobar, Merida (Badajoz). Se trata de una parcela de 44.297 m<sup>2</sup> (4,4297 ha) de uso agrario, de los que el campo FV diseñado ocupa **2,4170 ha.**

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 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, 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.

### **8.5.1 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 deducidas 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. 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 (Fp) 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:

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

Con el fin de hacer un estudio adecuado y detallado de la previsión energética es necesario definir las pérdidas del sistema fotovoltaico. En el Anejo nº 10 «Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica» 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. En la siguiente tabla se muestran los resultados que son válidos tanto para el Sector A como para el B.

**Tabla 15.** Pérdidas producción fotovoltaica en %

	Pérdidas (%) Verano	Pérdidas (%) resto año
Pérdidas por sombreados	0	0
Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal	1	1
Pérdidas de mismatch o de conexionado	1	1
Pérdidas por polvo y suciedad	1	1
Pérdidas LID (Light Induced Degradation)	2	2
Pérdidas por rendimiento AC/DC del inversor	2	2
Pérdidas por rendimiento de seguimiento del Punto de	2	2
Pérdidas por caídas ohmicas en el cableado	1,5	1,5
Pérdidas en el transformador	1	1
Pérdidas por nivel de temperatura	11,9	6,28
Pérdida de rendimiento durante la vida útil de la planta	6,6	6,6
<b>TOTAL PERDIDAS</b>	<b>30,00</b>	<b>24,38</b>

Por tanto, para todos los cálculos de producción de energía se considerarán unas pérdidas acumuladas del 30 % en los meses de verano y del 24,38 % en el resto.

### **8.5.2 Componentes de la instalación fotovoltaica**

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

- Estructura soporte metálica hincada, previa adecuación del terreno.
- Módulos fotovoltaicos
- Inversores.
- Sistema DC/AC.
- Protecciones.
- Puesta a tierra.

#### 8.5.2.1 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 metálicos hincados de los módulos fotovoltaicos. La parcela es prácticamente llana y no hay que realizar ningún movimiento de tierras. Previamente se eliminarán los frutales existentes, que será realizada por la propia comunidad de regantes.

También se realizará el vallado de la parcela.

#### 8.5.2.2 Estructura soporte metálica hincada

La estructura soporte de los módulos fotovoltaicos se ejecutará sobre hincas de perfiles de acero laminado en caliente calidad S 275 JR tipo IPE-220 hasta una profundidad de 2 m

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 15,75 m de largo para soportación de 24 módulos fotovoltaicos, disposición vertical de cada módulo fotovoltaico en 2 filas con 12 módulos cada fila (12 x 2V), con una inclinación de 15º



**Figura 22.** Disposición de placa solar sobre soportes metálicos

Los cálculos mecánicos de la estructura se incorporan en el Anejo nº 13 Cálculos estructurales

#### 8.5.2.3 Módulos fotovoltaicos

El parque solar fotovoltaico diseñado estará formado por un total de 1 campo solar con una potencia de 2.106,00 kWp, lo que pasa que en una **primera fase se ejecutará 858 kWp**. El campo solar se diseña mediante una estructura fija provista de inclinación a 15º para la colocación de paneles, con el fin de optimizar al máximo la energía solar captada en meses de 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 tipo monocristalino tecnología PERC, 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 0,55% en 25 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, IEC 61701.

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 16.** Características técnicas de los paneles proyectados (Sector A)

Potencia pico (Wp)	650
Eficiencia	20,92 %
Vmp (V)	37,40
Imp (A)	17,38
Voc (V)	45,20
Coef Voc (%/°C)	-0,29
Coef Pmax (%/°C)	-0,34
Superficie (m2)	3,10
Dimensiones (mm)	2384x1303x35
Máximo voltaje (Vdc)	1.500
Nº de celdas	132 (6x22)

Estas características son especificaciones en CEM (STC, condiciones estándares de medida), consistentes en una irradiancia de 1000 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 3240 unidos en series de 24 módulos fotovoltaicos, pero en la **fase inicial** se montarán solamente **1320** en series de 24 módulos. 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 4 m.

#### 8.5.2.4 Inversores

Se diseñan 17 inversores trifásicos para la potencia total del campo fotovoltaico, pero en una **primera fase** se instalarán solamente **7**. El inversor tendrá las siguientes características: Inversor fotovoltaico 125 kW de potencia, tipo sinusoidal (rendimiento europeo ponderado 98,5%, según

UNE-EN 61683) sin transformador, IP66, amplio rango de tensión de entrada, 10 seguidores MPP y posibilidad de usarlo sin restricciones tanto interior como exterior, refrigeración por convección natural, rango temperatura funcionamiento -30 a +60°C. Comunicación ModBUS con puertos USB y RS485.

Características:

- Rango tensión MPPT: 180-1000 V
- I<sub>max</sub> entrada: 32 A / entrada mpp
- I<sub>sc</sub> max : 40 A / entrada mpp
- Seguidores MPP: 10
- P salida: 125.000 W / 137.500 VA (400V ca)
- I<sub>max</sub> salida: 198,5 A
- cos phi: 0,8-0,8 ind./cap.
- Tipo/clase protección: IP66
- Categ sobret (cc/ca): II / II
- Conex CC: H4/ MC4 (max 6 mm<sup>2</sup>)
- Conex CA: OT Terminal (max 240 mm<sup>2</sup>)

El inversor contará con los certificados EN 62109 -1/ -2, IEC 62109 -1/ -2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683.

La distribución de los string será:

- Inversor 1 a 16. Potencia entrada DC: 124,80 kWp
  - o Sobredimensionado 1,001.
  - o 8 strings compuestos por 24 módulos en serie cada uno.
- Inversor 17. Potencia entrada DC: 109,20 kWp
  - o Sobredimensionado 1,08.
  - o 7 strings compuestos por 24 módulos en serie cada uno.

En la **fase a ejecutar** se instalarán únicamente los inversores número 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17.

Cada inversor dispondrá de los dispositivos necesarios para garantizar la seguridad de acuerdo con la normativa vigente. Estos dispositivos incluyen la desconexión del lado CC, protección contra el funcionamiento en isla, protección contra polaridad inversa en CC, monitorización de fallos por string, protección contra sobretensiones en CC y CA tipo II y detección de fallos de aislamiento de CC.

#### 8.5.2.5 Cableado

El sistema DC está formado por el conjunto de elementos de interconexión eléctrica en CC desde los módulos hasta los inversores. Sin embargo, el sistema AC incorpora la conexión a 400 V con el cuadro general CBT FV (CGD INV), ubicado en la caseta de SS.AA.

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 podría ser superior.  
Los conductores de la parte de CA tendrán la sección adecuada para que la caída de tensión sea inferior del **1,5 %**, 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.

#### **Corriente continua (CC)**

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>CC</sub> 2x6 mm<sup>2</sup>

Para salvar las separaciones entre filas de módulos, este cableado discurrirá enterrado bajo tubo de 50/63 mm de diámetro, según los casos, siguiendo las prescripciones técnicas de la ITC-BT-30.

### **Corriente alterna (CA)**

#### **Tramo Inversor – CBT FV**

Desde el inversor, y ya en alterna, se evacuará la energía hasta el cuadro de baja tensión ubicado en la caseta de SS.AA mediante una línea enterrada, compuesta por cuatro (4) conductores unipolares, uno para cada fase/neutro, de 120 mm<sup>2</sup> de sección cada uno. Su aislamiento será de polietileno reticulado (XLPE) y su cubierta exterior de poliolefina termoplástica.

Su designación completa será RV 0,6/1 kV Al 4x120 mm<sup>2</sup>.

Discurrirá enterrado bajo tubo polietileno alta densidad corrugado doble pared diámetro exterior 160 mm

#### **Tramo CBT FV- CBT FV (Centro Transformación)**

Para el tramo comprendido entre el cuadro general de baja tensión (CBT FV) y el cuadro homólogo del centro de transformación, punto de conexión en BT, se realizará por medio de cables unipolares de aluminio, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tensión asignada 0,6/1 kV, de sección 9(4x240mm<sup>2</sup>) para las fases/neutro

#### **8.5.2.6 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 corriente 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 inversor, que detecte la aparición de derivaciones a tierra. El inversor detendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo.

### **Sobreintensidades**

En ningún caso será necesario una protección adicional para los cables que discurren entre los string y los inversores, ya que al estar conectados únicamente 2 strings en cada entrada MPPT la máxima corriente de retorno que podría circular por cada string sería la corriente generada por un string de idénticas características, en este sentido el cable seleccionado (6 mm<sup>2</sup>) está dimensionado para soportar esta carga de corriente sin sufrir desperfecto alguno. En el caso de los módulos, al tratarse de una conexión en paralelo únicamente de dos strings, la corriente inversa resultante de la falla en un string puede alcanzar como mucho el valor de la corriente de cortocircuito del string restante, para la cual están preparados los módulos y no sufrirían tampoco ningún desperfecto.

### **Sobretensiones**

El inversor 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.

El inversor incluye un sistema de comunicación que informa del estado de los diferentes elementos y las posibles anomalías, y las transmite vía correo electrónico o SMS.

### **Protecciones eléctricas en corriente alterna**

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

Para las protecciones eléctricas en alterna se deben diferenciar los dos sistemas de distribución que existen en la instalación fotovoltaica:

- Sistema IT: Se realizan en este sistema de distribución tanto la parte de continua de la instalación fotovoltaica como la parte de corriente alterna que va desde los inversores hasta el cuadro de protecciones ubicado en el centro de transformación.

- Sistema TT: Se realiza en este sistema de distribución todo lo referente a servicios auxiliares.

En función del esquema de distribución se utilizará un dispositivo de protección u otro.

### **Sobreintensidades**

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos o defectos de aislamiento de gran impedancia: El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión.
- Descargas eléctricas atmosféricas

En el lado de corriente alterna, además de la protección existente en la salida del inversor (protección contra sobretensiones y relés) se instalarán se instalarán interruptores automáticos magnetotérmicos IV/250 A.

### **Sobretensiones**

Una de las incidencias que pueden producirse en la instalación eléctrica es la sobretensión, que se produce cuando la tensión de la red de alimentación de los equipos es muy superior a la nominal. Estas situaciones se producen constantemente en la mayoría de las instalaciones eléctricas. Lo habitual es que se trate de pequeños picos de tensión de muy corta duración, que no afectan significativamente a los aparatos conectados. Este efecto es conocido como sobretensiones transitorias, coloquialmente transitorios. Si estos picos tienen una tensión muy elevada, pueden provocar efectos dañinos. El ejemplo más claro de una sobretensión transitoria es la que se produce por la caída de un rayo sobre un conductor de la red, o en una zona muy cercana, creando corrientes inducidas, aunque no exista contacto físico.

Los protectores contra sobretensiones se utilizan para minimizar los efectos perjudiciales de

estos fenómenos. Se utilizan dos tipos principalmente, uno para las sobretensiones transitorias y otro para las sobretensiones permanentes.

Con el objetivo de cumplir lo establecido en la ITC-BT 23 *Protección contra sobretensiones*, el cuadro de protecciones de los servicios auxiliares (SS.AA) incluirá en su interior la aparamenta necesaria para la correcta protección frente a sobretensiones de la instalación, tanto permanentes como transitorias.

A su vez, el inversor instalado incluye protecciones contra sobretensiones en el lado de corriente alterna, siguiendo las prescripciones del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de baja tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Concretamente cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica (2014/35/UE) y Compatibilidad Electromagnética (2014/30/UE) 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.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

#### 8.5.2.7 Puesta a tierra

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 instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la subestación y la instalación fotovoltaica, es decir, la red de tierra de la subestación y la red de tierra de la instalación fotovoltaica serán independientes y no estarán conectadas entre sí.

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, tales como el centro de transformación y los inversores.

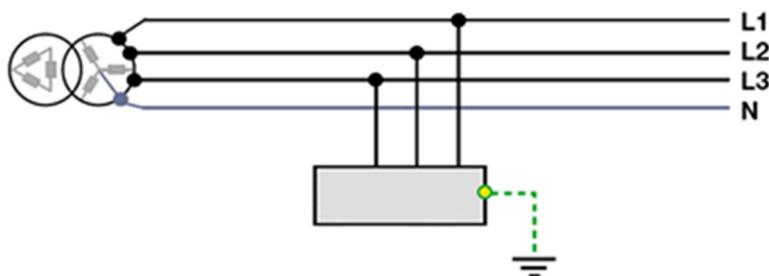
Los módulos fotovoltaicos se conectarán a tierra con el objetivo de reducir el riesgo asociado a la acumulación de cargas estáticas. Con esta medida se consigue limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas, permitir a los vigilantes de aislamiento la detección de 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 (RD 842/2002, 2 agosto).

Para asegurar la protección contra contactos indirectos en la parte de baja tensión, continua y alterna, se configura la puesta a tierra de la planta fotovoltaica como flotante, esquema IT. Se ha seleccionado este esquema ya que es el que más asegura la continuidad del suministro. Gracias a este sistema un primer fallo en el aislamiento no causaría la desconexión del sistema, se generaría una señal de alarma a través del dispositivo de control permanente de aislamiento que se instalará para tal fin. Un segundo fallo causaría un cortocircuito y haría actuar las protecciones cortando el paso de energía.

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra, como se puede apreciar en la siguiente figura:



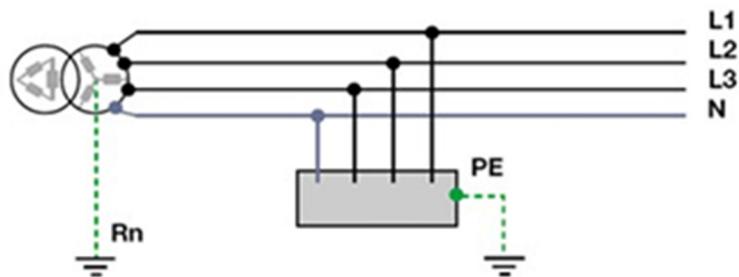
**Figura 23.** Esquema de distribución tipo IT

En este esquema la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto

peligrosas.

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 <math><10 \Omega</math>, tal y como se detalla en el plano correspondiente de red de tierra.

Por otra parte, los servicios auxiliares de la instalación fotovoltaica se instalarán bajo el esquema de distribución TT. Dicho esquema tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se muestra en la siguiente figura:



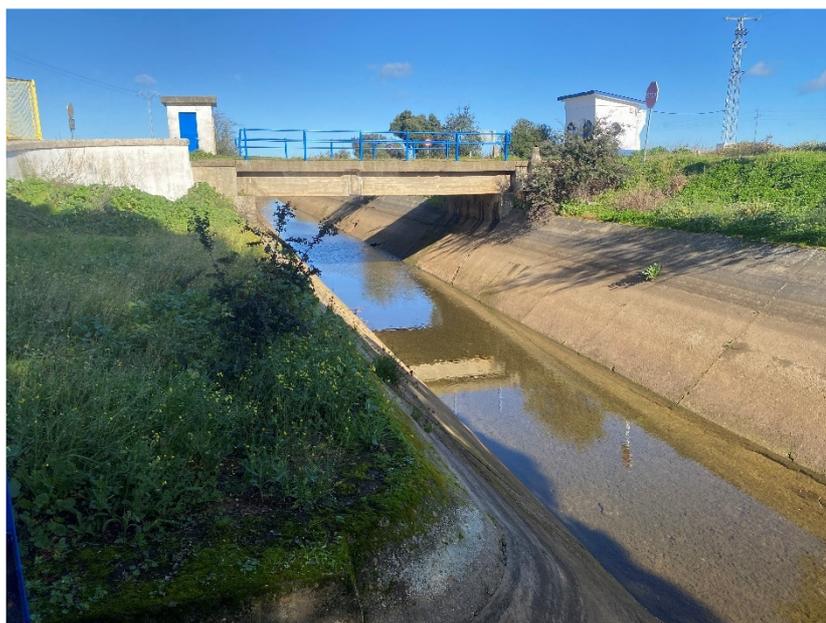
**Figura 24.** Esquema de distribución tipo TT

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

#### 8.5.2.8 Reposición de servicios afectados

La línea eléctrica subterránea baja tensión (400V) de conexión del campo fotovoltaico con la Estación de Bombeo del Sector A cruzará el camino de servicio del Canal de Lobón, por lo que se preverá rotura y posterior reconstrucción del paquete de firme. Se recoge en el plano nº 8.13.

La afección para el cruce del canal con el cableado incluye la colocación de plataforma de apoyo de hormigón sobre el canal (placa alveolar prefabricada de hormigón pretensado de canto 30+5 cm en piezas de 1,20 m. de ancho).



**Figura 25.** Afección Canal de Lobon sector A

Para acometer dicha actuación se dispone de la autorización de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

#### 8.5.2.9 Servicios auxiliares (SS.AA.)

Este apartado tiene por objeto describir todo lo referente a servicios auxiliares de la instalación fotovoltaica y del centro de transformación. Los equipos o instalaciones contemplados como servicios auxiliares son los siguientes:

- Sistemas de monitorización del campo FV, control y antivertido.
- Iluminación y tomas de corriente de la caseta de SS.AA.
- Sistema de seguridad y videovigilancia (CCTV).

Las líneas que abastecen los servicios auxiliares discurrirán enterradas bajo tubo corrugado PE siempre que la instalación sea exterior a la caseta de SS.AA.

Se instalarán las protecciones correspondientes para cumplir la normativa vigente, siguiendo las diferentes instrucciones técnicas complementarias que sean de aplicación, como puede ser la ITC-BT-24 donde se definen las protecciones necesarias contra los contactos directos e indirectos en una instalación.

Para garantizar la continuidad en el servicio, de los servicios de seguridad y control se instalará un equipo de suministro ininterrumpido de energía, que permite mantener el servicio de los equipos esenciales en ausencia de red, un tiempo mínimo mientras se realizan las labores para

subsanan los posibles fallos.

#### 8.5.2.10 Sistema de monitorización y control del campo FV

El objetivo es dotar a las nuevas instalaciones proyectadas de las infraestructuras de monitorización y control necesarias para que pueda realizarse un óptimo funcionamiento de las mismas. En ellas se incluyen:

1. La monitorización y control del campo fotovoltaico como elemento generador de energía.
2. El sistema antivertido por estar su funcionamiento ligado al control de la energía producida en el campo fotovoltaico.

Las instalaciones contarán con un sistema de monitorización que permita a la Comunidad de Regantes de Mérida - Canal de Lobón realizar las modificaciones que sean necesarias en dicha plataforma.

Permitirá la elaboración de informes de trabajo, estado y operación de la planta fotovoltaica con relación a su producción energética y parámetros característicos.

Integrará todas las señales y el estado de todos los elementos activos de la planta fotovoltaica, incluyendo las notificaciones de alarmas.

Tendrá una plataforma o entorno que pueda ser accesible localmente vía estación de trabajo (Workstation o PC) o de forma remota automáticamente. El acceso a esta plataforma podrá hacerse desde cualquier dispositivo fijo (ordenador) o móvil (smartphone, tablet...).

El sistema de monitorización 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 de inversor.
- Voltaje entre fases en la red, potencia total de salida del inversor.
- Potencia reactiva de salida del inversor.
- Potencia instantánea total.
- Históricos de energía producida, con resolución horaria, diaria, mensual, anual y total acumulada.
- Temperatura de módulo.
- Radiación solar y sus componentes.
- Porcentaje de cobertura de energía solar.
- Generación de alarmas.
- Generación y descarga de informes y gráficas interactivas.

- Actuación para evitar vertido a red unido al sistema antivertido.

El tiempo entre mediciones de datos será de menos de 1 minuto. El sistema de monitorización propuesto está diseñado con las siguientes características y filosofía:

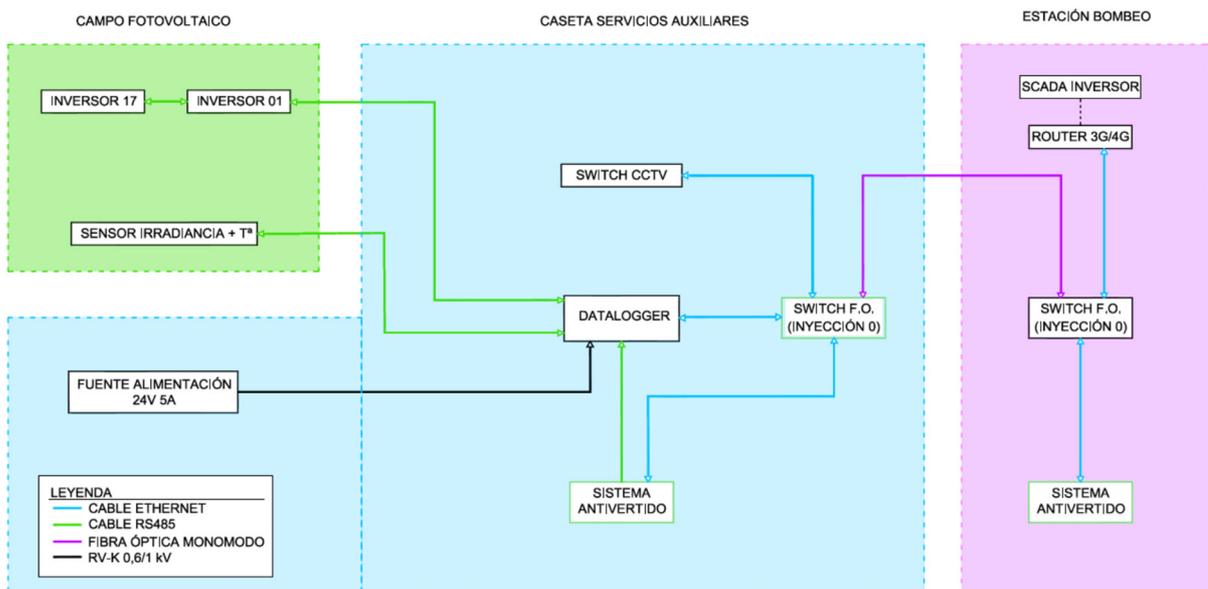
- Cuenta con una arquitectura modular: a nivel de hardware, contando con diferentes componentes y sensores que, por la concepción de la arquitectura del sistema, son independientes entre sí. El sistema admitirá la utilización de diferentes dispositivos de distintos fabricantes para realizar una misma funcionalidad, sin que el desempeño del sistema se vea afectado.
- Interfaces y protocolos estándar: El sistema permitirá utilizar equipos de diversos fabricantes y modelos, permitiendo la interconexión de cualquier dispositivo. Permite la conectividad Ethernet y RS485, pudiendo extenderse a Wifi o LoRa y permite implementar protocolos de monitorización estándares, como Modbus RTU/TCP.
- Escalabilidad: El sistema será fácilmente escalable, permitiendo añadir nuevos módulos en cada nivel de la arquitectura de manera sencilla. Sólo será necesario conectar el nuevo módulo a la red de monitorización. También cuenta con gran escalabilidad a nivel de datalogger/unidad de control, pudiendo distribuir la planta en distintas subestaciones, agrupando la monitorización de distintos dispositivos en una unidad de control determinada o disponiendo unidades de control de respaldo.
- Desarrollo ágil: A nivel de software y firmware el sistema será fácilmente escalable al presentar una arquitectura modular en vez de monolítica.
- Personalización: El sistema SCADA ofrecerá la información a través de informes analíticos, gráficas y tablas, mostrando alarmas y enviando reportes por correo electrónico de manera automática. Ofrecerá un alto nivel de personalización, no sólo de los datos mostrados a través de gráficas y tablas, sino de las alarmas y los reportes.

El funcionamiento del sistema será el siguiente:

1. Los inversores distribuidos por el campo fotovoltaico reciben la información precedente de cada uno de los strings que tienen conectados aguas abajo
2. Mediante cable de comunicaciones RS485 llega hasta el datalogger ubicado en la zona del campo fotovoltaico donde se centralizan (caseta de servicios auxiliares). El datalogger también recibe la información de las ondas de radiación y temperatura.
3. El datalogger se conectará con cable ethernet a un router 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 router también se conectará el sistema de videovigilancia.
4. Al mismo tiempo el datalogger se conectará con cable de comunicaciones RS485 al sistema antivertido esclavo (ubicado en el campo fotovoltaico). En la estación de bombeo, en el punto de conexión, se instalará el sistema antivertido maestro que tomará

lecturas de la energía tomada de la red. Al estar la estación de bombeo (punto de consumo de la energía) alejada del punto de producción de la energía será necesaria una comunicación con fibra óptica monomodo con sus correspondientes switch (uno en campo fotovoltaico y otro en estación de bombeo).

Se muestra a continuación el esquema de monitorización de la instalación, que obedece a lo explicado anteriormente:



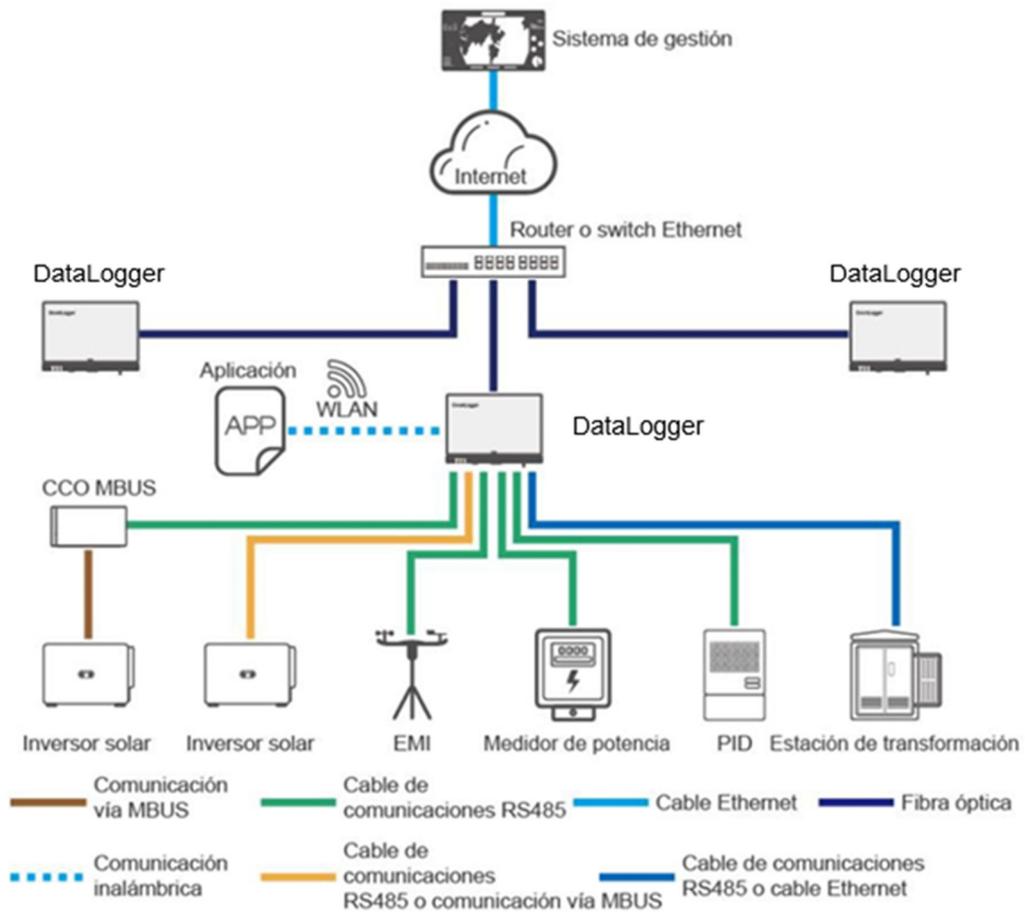
**Figura 26.** Esquema de sistema de monitorización Sector A

En los siguientes apartados se exponen los diferentes equipos y sistemas de monitorización, telegestión y telemedida que permitirán una monitorización completa de la instalación.

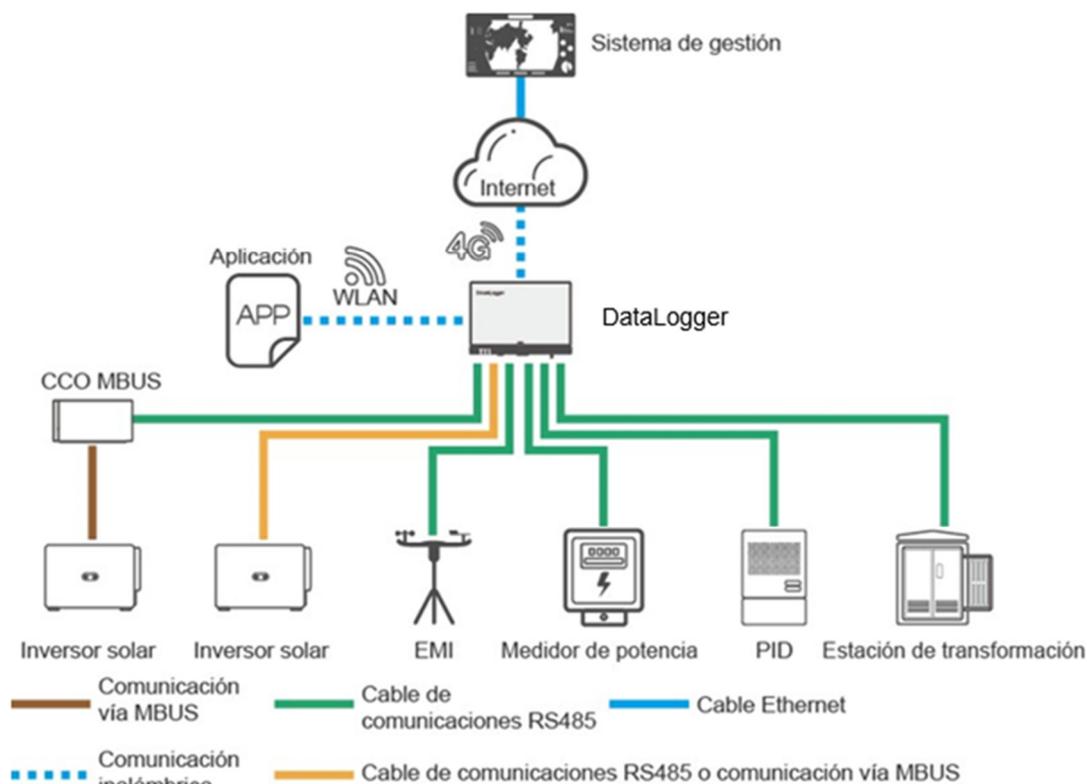
### **Monitorización de inversores**

El datalogger deberá ser totalmente compatible con los inversores ya que éste será el encargado de realizar la monitorización completa de la planta. Este dispositivo se ubica en el edificio de control de la planta (caseta de SS.AA), y a él se conectarán los inversores a través de sus entradas RS485.

El datalogger monitoriza y gestiona sistemas de alimentación fotovoltaica. Se encarga de la convergencia de todos los puertos, la conversión de protocolos, la obtención y el almacenamiento de datos, y la monitorización y el mantenimiento centralizado de los dispositivos de sistemas de alimentación fotovoltaica. Admite diferentes topologías de conexión o integración en red (red en forma de anillo de fibra, red en forma de estrella de fibra y red en forma de estrella ethernet).



**Figura 27.** Topología de conexión tipo. Red en forma de estrella de fibra o Ethernet



**Figura 28.** Topología de conexión tipo. Conexión en red 4G

Utilizar el dispositivo de monitorización del mismo fabricante que los inversores asegura una completa compatibilidad entre ellos y un soporte técnico rápido. Los datos monitorizados por el dispositivo serán accesibles de manera remota a través del portal web destinado a ello o a través de la aplicación desarrollada para ello. Entre los principales parámetros que este dispositivo permite monitorizar y gestionar están:

- Gestión de la potencia reactiva a través de un voltaje límite.
- Protección ante voltajes desequilibrados.
- Escaneo de MPPT.
- Modo hibernación nocturno.
- Monitorización de los strings individuales.
- Detección de fallos por string referentes a parámetros como alta potencia o baja potencia entre otros.
- Definir la máxima potencia activa.
- Protección anti-isla.
- Programa de potencia remoto.

## Router

Se empleará un router industrial con tecnología 4G LTE capaz de alcanzar velocidades de descarga de hasta 150 Mbps. Dispondrá de 3 puertos LAN 10/100BaseTX con conector RJ45 y un punto de acceso WiFi 802.11b/g/n.

También incorporará un puerto WAN 10/100BaseTX con conector RJ45 pudiendo funcionar el router sobre este interfaz WAN con backup sobre la red 3G en caso de caída del mismo. Dispondrá de dual SIM pudiendo usar el segundo operador como backup del primero en caso de pérdida de señal o mala cobertura.

El router dispondrá de cliente VPN (PPTP, L2TP, IPsec, GRE, OpenVPN) permitirá conexiones seguras extremo a extremo, port forwarding, firewall y cliente dynDNS integrados. Posibilidad de reset remoto a través de SMS. El router tendrá una antena WiFi de 5dBi y una antena GSM de 3dBi, cable ethernet UTP y alimentador externo 200 Vac.

Las tarjetas SIM necesarias serán suministradas por la Comunidad de Regantes, pues ya posee contratos específicos para intercambio de datos para el conjunto de sus instalaciones.

### **Estudio de coberturas para el sistema de comunicaciones propuesto**

Las comunicaciones del sistema de monitorización para subir los datos al software de monitorización y seguridad son por medio de 3G/4G. En el anejo nº 14 "Automatización y telecontrol" se comprueba la cobertura que proporciona, por ejemplo, la compañía Movistar. Las antenas de los propios equipos previstos serán suficientes para las comunicaciones necesarias.

### **Switches**

Se instalarán los switches de última generación inteligentes necesarios para la conversión de fibra óptica a ethernet. Cumplirán con el estándar IEEE 802.3az de eficiencia energética de Ethernet. El soporte para la administración y configuración de IPv6 garantizará que su red permanezca protegida después de la actualización de IPv4 a IPv6.

### **Puertos e Interfaces**

- Cantidad de puertos básicos de conmutación RJ-45 Ethernet: 8
- Puertos tipo básico de conmutación RJ-45 Ethernet: Gigabit Ethernet (10/100/1000)
- Cantidad de puertos SFP/SFP+: 2
- Cantidad de ranuras del módulo SFP: 2
- Conector eléctrico: Toma de entrada de CC

### **Conexión**

- Estándares de red: IEEE 802.3, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x
- Soporte 10G: No
- Espejeo de puertos: Si
- Bidireccional completo (Full duplex): Si
- Soporte de control de flujo: Si
- Adición de vínculos: Si
- Auto MDI / MDI-X: Si
- Protocolo de árbol de expansión: Si
- Bloqueo de cabeza de línea (HOL): Si
- Auto-negociación: Si

### **Sensor de radiación**

La radiación solar se medirá mediante un sensor de radiación. Así, se efectuará la supervisión del rendimiento de la instalación y de la producción de energía solar de la misma. El sensor de radiación estará comunicado e integrado con el sistema de monitorización de forma que pueda haber datos de medida en tiempo real y gestionables para la elaboración de análisis e informes de rendimiento del sistema fotovoltaico y la evaluación del recurso solar según normativa vigente.

La sonda contará con una carcasa robusta que se acopla firmemente a una esquina del panel fotovoltaico con un tornillo de fijación o con un adaptador que permite su instalación en el lateral o la parte superior de los paneles. El dispositivo proporciona datos en el protocolo digital MODBUS, estándar en la industria solar a través de una interfaz RS-485.

La medición de la radiación se verá reducida si la cúpula del piranómetro no está limpia, por lo que se deberá mantener la cúpula limpia utilizando agua o alcohol. Para que en el interior del piranómetro no se genere humedad que puedan alterar la medición de la radiación, el piranómetro deberá tener un pequeño depósito con desecante que mantenga seco.

### **Sensor de temperatura**

Una variable importante a la hora de monitorear la instalación fotovoltaica es la supervisión de los módulos fotovoltaicos. Para poder supervisar la temperatura de funcionamiento de los módulos será necesario instalar sensores de temperatura que medirán la temperatura de los módulos.

El sensor de temperatura para paneles fotovoltaicos es un componente que se enchufa en la carcasa, de tal forma que se puede desmontar fácilmente en caso necesario, por ejemplo, para su recalibración. El dispositivo proporciona datos en el protocolo digital MODBUS, estándar en la industria solar a través de una interfaz RS-485.

### **Sistema antivertido (Inyección 0)**

Para legalizar una instalación de autoconsumo sin excedentes se debe disponer de una solución antivertido acorde al RD 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Según el artículo 4. *Clasificación de modalidades de autoconsumo* de dicho RD, la instalación objeto de este proyecto se encuadraría dentro de la modalidad de suministro con **autoconsumo sin excedentes**.

Dicho sistema antivertido debe asegurar el funcionamiento según el Anexo I del RD 244/19 donde se especifican los requerimientos de funcionamiento, para acoplar la producción solar al consumo y no realizar el vertido de los excedentes a la red.

Para el sistema antivertido a instalar, se deberá aportar un informe de ensayos o certificado emitido por un laboratorio acreditado que demuestre el cumplimiento con los exigentes criterios establecidos por la ITC-BT-40 Anexo I: "Sistemas para evitar el vertido de energía a la red" (mismos requerimientos que la UNE 217001:2020).

La complejidad de estos sistemas radica en la sincronización entre consumo y generación, de forma que se asegure que no se pierde energía que fluya a la red de distribución o transporte dado que podría poner en peligro la integridad de las mismas o de las personas que trabajan en su mantenimiento. Esa sincronización básicamente depende de un analizador de redes instalado en el Punto Frontera, de tal forma que, si detecta vertido a la red de distribución, un elemento de control intermedio manda reducir la potencia al inversor hasta el punto en el que no haya vertido. Es decir, la instalación fotovoltaica sigue generando energía, pero exactamente la que se consume en ese punto de consumo.

Para garantizar que el vertido de energía a la red de distribución sea nulo, de forma adicional al datalogger, serán necesarios los siguientes componentes del sistema antivertido:

- Equipo instalado en campo fotovoltaico

Se trata de un regulador de potencia para el autoconsumo con cumplimiento de los criterios establecidos en la UNE 217001:2020 *Ensayos para sistemas que eviten el vertido de energía a la red de distribución* y RD 244/2019 de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Permitirá regular la potencia obtenida de fuentes renovables y aportar garantías físicas y lógicas para decidir qué potencia debemos o deseamos consumir de la red.

Integra en el mismo dispositivo regulador y un contador eliminando la necesidad de otros componentes externos en la regulación de la potencia. Permite regular la potencia obtenida de

fuentes renovables utilizando la potencia real (potencia sin armónicos) y aportar garantías físicas y lógicas para decidir qué potencia debemos o deseamos consumir de la red. El objetivo final es limitar o eliminar la exportación de energía, de la manera más eficiente, consiguiendo maximizar la producción cumpliendo las restricciones normativas y técnicas. Aplicable a instalaciones monofásicas y trifásicas.

Es un controlador dinámico de potencia que permite regular el nivel de generación de los inversores de una instalación de producción (fotovoltaica, eólica, etc.) en función del consumo instantáneo. El objetivo final es limitar o eliminar la exportación de energía, de la manera más eficiente, consiguiendo maximizar la producción cumpliendo las restricciones normativas y técnicas.

Se instalará en la caseta de servicios auxiliares del campo fotovoltaico conectado al datalogger que controla los inversores y será un equipo multifunción con capacidad de:

- Gestionar múltiples modelos de inversores de distintos fabricantes. Comunicación TCP (Sunspec/Modbus) ó comunicación RS485 RTU (Modbus+. Requiere pasarela REN-TTL-485)
- Ajustado según legislación local Ej: España fase de mínimo consumo, media de consumos, ...)
- Aplicable a instalaciones monofásicas y trifásicas.
- Proporciona Servidor Modbus/TCP para monitorización
- Datos instantáneos en pantalla y mediante señalización luminosa y acústica.
- En modalidad autoconsumo sin excedentes: Evita la inyección de energía a la red (doble control físico y lógico) con cumplimiento de norma UNE 217001-IN y RD244/2019.

El cableado de comunicaciones necesario para conectar los diferentes equipos se ha recogido en las figuras correspondientes a cada instalación que se muestran más adelante.

- Equipo instalado en estación de bombeo

Concretamente estará ubicado en el centro de transformación de la Estación de Bombeo (conexión a embarrado), en el punto frontera de la instalación junto a la conexión de salida de la alimentación eléctrica que se dirige la estación de bombeo.

Será un controlador dinámico de potencia con inyección CERO. En este caso particular, es necesario su uso debido a la distancia existente entre el punto frontera y la instalación de generación. Su función será exclusivamente como contador de la energía que se toma de la red eléctrica (o se pudiera verter), sin ninguna limitación de potencia. Se apoyará en la lectura de la medida mediante analizador de red.

Se comunica mediante fibra óptica con el equipo de la planta fotovoltaica para transmitirle las lecturas de medidas de consumo de la red eléctrica. El cableado de comunicaciones necesario para conectar los diferentes equipos se ha recogido en las figuras correspondientes a cada instalación que se muestran más adelante.

## **Comunicaciones**

### **Bus de comunicaciones RS485**

Se crearán buses de comunicaciones con Protocolo Modbus RS-485, como se puede contemplar en el apartado correspondiente de monitorización.

- Bus 1 (Inversores)
- Bus 2 (Sensor de radiación, estación meteorológica y CPA)
- Bus 3 (Sistema Antivertido)

### **Ethernet**

En la instalación existen diferentes equipos que tendrán que ser conectados a través de cableado ethernet para la correcta monitorización de la planta, entre los que se incluyen:

- Router.
- Switch del sistema de seguridad y videovigilancia.
- Sistema antivertido (con sus switches).
- Smartlogger.

Será un cable ethernet industrial cat.6 para instalación fija, con las siguientes características:

- Composición de producto: Hilo cobre sólido AWG22.
- Aislamiento de conductor realizado con polietileno (PE).
- Cubierta: PVC libre de halogenos

### **Fibra óptica**

Se empleará fibra óptica para comunicar los equipos principales del sistema antivertido, ya que se encuentran instalados en diferentes edificios y los sistemas de vigilancia se empleará fibra óptica monomodo OS1 de 8 hilos con las siguientes características:

- Construcción bajo único subconducto con gel hidrófugo y recubrimiento de fibras de vidrio y acero corrugado resistente a la humedad.

- Protección mecánica, anti-humedad y anti-roedor.
- Cubierta exterior con 2 tensores FRP embebidos en cubierta LSZH-FR con compuesto retardante de llama e hilo rasgado en interior.
- Conexión con CCS en estación de bombeo, mediante cable fibra óptica monomodo incluyendo conexiones y conectores.

La fibra monomodo es ideal para enlaces de redes con gran ancho de banda y largas distancias distribuidos en áreas extensas, incluidas CATV, redes troncales en campus, aplicaciones de telecomunicaciones y grandes corporaciones. Esto se debe a sus altas velocidades de ancho de banda y distancias de 40 km o más.

### **8.5.3 Sistema de seguridad y videovigilancia**

En el Sector A se ha diseñado para la cubrir la totalidad de la parcela donde se encuentran campo fotovoltaico y caseta servicios auxiliares.

En la instalación existirá, un Centro de Control de Seguridad (CCS), 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. Se ubicará en la estación de bombeo (sala eléctrica).

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

#### **8.5.3.1 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 de la zona vallada, una sirena exterior, así como “támpen anti sabotaje” en las cajas exteriores que irán sujetas a los báculos que soportan las cámaras del subsistema de CCTV (**14 unidades**) distribuidos por todo el perímetro vallado.

Junto al CCS, en la estación de bombeo sector A, 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*

### 8.5.3.2 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 (**13 unidades**), así como focos de infrarrojos (**8 unidades**) ubicados según Plano nº 8.5.4. "Instalación Fotovoltaica Sector A. 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.

### 8.5.3.3 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 (Rack 24 unidades, sala eléctrica de la estación de bombeo), 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.

## **8.6 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BT Y AUTOMATIZACIÓN SECTOR A**

Se llevará a cabo una instalación eléctrica de BT para alumbrado, fuerza, tomas de corriente, así como automatización, control e instrumentación, en la nueva estación de bombeo.

Según la ITC-BT-04 del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RD 842/2002, de

2 de agosto), aptdo 3, las instalaciones del grupo b, *bombas de extracción o elevación de agua, sean industriales o no*, con potencia > 10 kW, precisan elaboración de proyecto para su puesta en servicio.

Se trata de la modernización integral de la zona de riego por gravedad de la Comunidad de Regantes de Merida – Canal de Lobon (Badajoz), concretamente en la Estación Elevadora del sector A, donde ya existe una estación de bombeo de agua del canal de Lobon formada por 3+1 grupos de bombeo verticales de 37 kW, que elevan un caudal total 1095 l/s a 7 mca..

Con la implantación del presente proyecto, se construirá una nueva estación de bombeo para 6 grupos electrobombas horizontales de cámara partida de 315 kW (3+1R) y 110 kW (2), respectivamente, comandadas por variador de frecuencia, que tomarán el agua de un foso de aspiración lateral, con las correspondientes obras de adaptación.

### 8.6.1 Acometida

La futura instalación en baja tensión y automatización del sector A, dispone de doble acometida subterránea, por un lado desde la red de distribución pública a través de centro de transformación interior 2x630 kVA tipo cliente, y por otro, desde generación fotovoltaica diseñada en el sector A, formada por 17 inversores trifásicos de 125 kW, lo que conforma una potencia nominal de 2125 kW, aunque inicialmente en la **fase proyectada** solo serán **7 inversores**, potencia total **875 kW**

**Tabla 17.** Tabla de características acometida sector A

ACOMETIDA	TIPO	LONGITUD (m)	SECCION (mm2)
C trafo	Subterránea 400 V	80	7 (3x240/120) Al RV
Campo FV	Subterránea 400 V	52	9 (4x240) Al RV

La energización convencional de la nueva estación de bombeo se ejecutará según instrucción técnica ITC BT-15 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, sistema de instalación:

#### **Puentes BT trafo-CBTA: Aérea**

**Tramo CBTA-CGD Estación Bombeo:** Bajo tubo de PE de  $\varnothing 200$  mm 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 Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) así como las Especificaciones Particulares 2018 de la Cía. Distribuidora

“Edistribución Redes Digitales, SLU”.

### **8.6.2 Previsión de potencia**

La potencia total que demandará la instalación, se resume como sigue, tal y como se observa en el apéndice nº 9 “Cálculos instalación eléctrica y automatización Sector A”:

Al cuadro	18 W
R caldeo	100 W
Extractor c/filt 189 m3/h	35 W
Al gral	540 W
Al foso bombas	200 W
Al dependencias	99 W
Al emerg	35 W
Al ext	70 W
C2 Usos varios	500 W
SC TTCC-1	2000 W
SC TTCC-2	2000 W
Central incendios	35 W
Extractor1-4920m3/h	271 W
Extractor2-4920m3/h	271 W
Extractor3-4920m3/h	271 W
CCM Puente grua 3,2t	5850 W
CCM Limpiarrejas conducid	3700 W
CCM Filtro tambor	2250 W
Futura Bomba achique	1100 W
Compuerta husillo motorizada	1500 W
Bomba1-400l/s	315000 W
R caldeo M1	275 W
Bomba2-400l/s	315000 W
R caldeo M2	275 W
Bomba3-400l/s	315000 W
R caldeo M3	275 W
Bomba4-400l/s(R)	315000 W
R caldeo M4	275 W
Bomba5-115l/s	110000 W
R caldeo M5	125 W
Bomba6-115l/s	110000 W
R caldeo M6	125 W
VM 1 DN600	550 W

VM 2 DN600	550 W
VM 3 DN600	550 W
VM 4 DN600	550 W
VM 5 DN300	180 W
VM 6 DN300	180 W
VM 7 DN1000	1500 W
C. Automatización	338.7 W
TOTAL....	1506593.75 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 962

- Potencia Instalada Fuerza (W): 1505631.75

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 0,50 para subcuadros de tomas) y el rendimiento de los motores se ha tomado en función de la potencia de cada uno, según catálogo de fabricante de motores trifásicos de inducción.

Por lo tanto, aplicando un factor de simultaneidad global adecuado (0,75), la **potencia** necesaria será:

$$P = 0,75 \times 1.506.593,75 = 1.129.945,31 \text{ W} \approx \mathbf{1.130 \text{ kW}}$$

### **8.6.3 Cuadros eléctricos**

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 cuadro general de mando y protección de la instalación, estación de bombeo sector A, estará situado según se indica en el plano correspondiente; será aislante, incombustible y estanco, homologado para estos usos según UNE-EN 61439-3:2012 Conjuntos de aparataje 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 electrozincada 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 plano 6.7 "Estación de Bombeo Sector A. Esquema unifilar BT y Automatización"

Cada elemento susceptible de ser automatizado (bombas, válvulas,...) se cableará mediante circuito de señalización (uno por cada parámetro a controlar) formado por cable multifilar Z1C4Z1-K de cobre clase 5, tensión 300/500V, aislamiento libre halógenos, 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 cualquiera otra normativa que le sea afecta.

#### **8.6.4 Instalación eléctrica de alumbrado interior y exterior**

La instalación eléctrica de alumbrado en la instalación proyectada arranca del cuadro general de distribución (CGMP) que alimenta directamente la estación de bombeo, hasta los receptores de alumbrado, situados como puede verse en el plano 6.5.2 "Estación Bombeo Sector A. Instalaciones. Instalación eléctrica de alumbrado y TTCC".

Se realizará el estudio para la zona de bombas, por ser esta la única con representatividad, considerando que una buena iluminación es un factor de productividad y rendimiento en el trabajo, además de aumentar la seguridad del personal. Para el cálculo de las luminarias y su distribución se hará uso de un programa de diseño de alumbrado por ordenador, DIALux evo, versión 5.10.1.58862.

En la estación de bombeo, zona general, debido a sus características geométricas y altura de montaje ( $H > 4$  m), se emplean 6 luminarias colgadas en estructura tipo "campana", protección IP65 clase I, incluyendo lámpara led de 90W. Sin embargo, en el foso de bombas, para la iluminación de refuerzo, debido a sus características geométricas y altura de montaje ( $H < 4$  m), se emplean 5 luminarias de adosar tipo "pantalla", protección IP65 clase I, incluyendo lámpara led de 40W, según se observa en planos.

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60598-2-3:2003/A1:2011 Luminarias. Parte 2-3: Requisitos particulares. Luminarias para alumbrado público y UNE-EN 60598-2-5:2016 Luminarias. Parte 2-5: Requisitos particulares. Proyector.

Se empleará proyector de led de 70 W (1 unidad). Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54, según UNE-EN 60529:2018 *Grados de*

*protección proporcionados por las envolventes (Código IP) e IK 08 según UNE-EN 50102 CORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK), a una altura mínima de 2,5 m.*

#### **8.6.5 Puesta a tierra**

Para el cálculo de la resistencia del electrodo tenemos un valor aproximado de la resistividad del terreno de  $\rho = 50 \Omega\text{m}$ , al ejecutarse la estación de bombeo sobre terraplén húmedo, según se observa en la tabla 4 de la instrucción técnica ITC-BT-18 del REBT

El electrodo en la puesta a tierra de la **estación de bombeo sector A**, se puede constituir mediante 5 m de conductor de cobre desnudo de  $35 \text{ mm}^2$ , con lo que se obtendrá una resistencia de tierra de 80 ohmios.

Por buena práctica constructiva, se coserá perimetralmente la cimentación de la estación de bombeo, lo que debido a su configuración PB+FOSO, genera una longitud de 83,5 m de conductor desnudo cobre sección  $35 \text{ mm}^2$ .

### **8.7 OBRA DE TOMA DEL SECTOR B.**

La estación de bombeo del Sector B se abastecerá del Canal de Lobón en el mismo punto donde se encuentra en la actualidad la Toma C. Se mantendrá el paso la misma compuerta en el canal y el paso bajo el camino de servicio, realizándose la nueva conexión en la arqueta existente aguas abajo del camino de servicio del canal.

La actual toma permanecerá operativa hasta que entren en funcionamiento las nuevas instalaciones proyectadas.

Con esta obra de toma se derivará el agua del canal y se llevará hasta la cantara que pondrá en carga a las bombas. Para ello es necesario hacer una nueva toma en el canal, demoliendo un paño del mismo para hacer la nueva conexión.

Estará formada por 2 elementos claramente diferenciados, por un lado, cajón de acometida perpendicular a arquetón de hormigón existente, de 5,25 m de longitud, ejecutado con muros de hormigón armado HA-25/B/20/XC2 de 40 cm de espesor empotrados en una losa de 40 cm de canto que, a su vez, sustentan una pequeña pasarela de inspección cuadrada formada por tramex metálico galvanizado pletina 25.2 mm y luz 30x30 mm. De esta manera se configura una sección hidráulica de 1,50x2,45 m interior, que conecta el canal de Lobón (arquetón existente) con la arqueta de los elementos del prefiltrado, formando un ángulo de  $90^\circ$

Esta arqueta tiene unas dimensiones exteriores de 12,65 x 4,40 (max) x 2,45 m, ejecutada con muros de hormigón armado HA-25/B/20/XC2 de 40 cm de espesor empotrados en una losa de 40 cm de canto. Por razones de diseño, se ejecutará hormigonada in situ con armadura de ferralla de acero de calidad B 500 S. Este elemento dispondrá de 2 cuerpos, uno para el limpiarrejas conducido 2500x2450 mm y otro final para el filtro rotativo, más ancho, según se aprecia en el plano 5.3 «Obra de toma y prefiltrado. Planta y secciones» y plano 5.4 «Obra de toma y prefiltrado. Armados»

En la obra de toma se dispondrán los elementos necesarios para eliminar los arrastres del canal. Para ello se dispone en primer lugar, para eliminar los arrastres de mayor tamaño, un limpiarreja automático tipo conducido para un canal de dimensiones 2.500 x 2.500 mm, reja con luz de paso 60 mm con pletinas 60x8 mm, fabricada en base a pletinas y perfiles simples conformados en acero inoxidable de calidad AISI 304, y el resto de la máquina fabricada en perfiles simples laminados en acero al carbono de calidad S275JR con tratamiento anticorrosivo, accionamiento mediante motor eléctrico y cuadro eléctrico de mando a pie de máquina con selector para temporizador, con cinta transportadora de aproximadamente 3,00 m de longitud para los residuos.

Tras la reja de desbaste se instalará, para eliminación de arrastres más finos, un filtro de tambor rotativo de diámetro 2.600 mm. Podrá proporcionar hasta un caudal de 1.200 l/s a nivel de aguas de 1,9 m. Estará fabricado en acero al carbono de calidad S275JR, marcos y premarcos fabricados en acero inoxidable de calidad AISI 304, malla de acero inoxidable de 1,5 mm de paso, incluyendo sistemas de limpieza de malla mediante aspersores, incluso bastidor, marcos, construidos en acero de calidad S 275 JR, con tratamiento anticorrosivo aplicado. El cuadro eléctrico de control estará a pie de filtro.

## **8.8 OBRA CIVIL DE ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR B**

La estación de bombeo será de nueva construcción, en la actual ubicación de la toma del sector B de la Comunidad de regantes de Merida – Canal de Lobón, paraje Perales de Miraflores, a 5,3 km al este del núcleo urbano de Lobón (Badajoz) por la autovía del Suroeste A-5, en concreto en la parcela 9001 del polígono 153 del término municipal de Merida (Badajoz).

Esta estación de bombeo se alojará en un edificio de forma rectangular, de una planta y cubierta inclinada a dos aguas, con las siguientes características:

- Tipología: Nave de 13,50 m de luz y de 27,90 m de longitud, interejes
- Cubierta: 2 aguas
- Material cubrición: Panel sándwich alma de espuma de poliuretano (PUR) 30 mm

- Cerramiento: Placa prefabricada maciza de hormigón armado  $e=14$  cm
- Pendiente cubierta: 10,00 % (6,35°)
- Correas: Perfiles conformados en frío tipo ZF 150.2.0
- Acero S 235 JR: Límite elástico 235 N/mm<sup>2</sup>
- Separación correas: 1,125 m
- Nº correas / vertiente: 7
- Separación pórticos: 4,65 m
- Altura de pilares: 7,39 m
- Altura de coronación: 8,14 m
- Pilares: Perfiles de acero laminado S 275 JR tipo HEB-220 en pórticos intermedios y hastiales.
- Dinteles: Perfiles de acero laminado S 275 JR tipo IPE-240 acartelados (1,00 m) en pórticos intermedios e IPE-240 en pórticos hastiales.
- Acero S 275 JR: Límite elástico 275 N/mm<sup>2</sup>

### **8.8.1 Sistema estructural**

#### *8.8.1.1 Cimentaciones*

La cimentación de los pilares de la nave se realizará, por una parte, sobre el muro del foso de bombas ejecutado como un vaso monolítico con muros sobre losa de cimentación de 50 cm de canto y, por otro, sobre losa superficial de hormigón armado HA-25/B/20/XC2 de canto 45 cm, resistencia característica a compresión 25 N/mm<sup>2</sup> y ferralla de acero corrugado B 500 S, realizada a la altura de la cota de coronación de los muros del foso, cosiendo de esta manera de forma monolítica la cimentación de la estructura metálica. Siguiendo las indicaciones del estudio geotécnico, se realizará una mejora del firme de cimentación, compuesta por lamina geotextil sobre el terreno natural de la excavación, capa de bolos de 30 cm, lamina impermeabilizante de polietileno y capa de hormigón de limpieza HM-20/B/20/X0 de 10 cm. de espesor

Adosado al foso de bombas se ejecuta por el exterior de cada estación de bombeo, un foso de aspiración "húmedo" de 2,50 m de anchura útil, formado por muros de hormigón armado de 40 cm de espesor sobre losa de cimentación de 50 cm de canto, calidad HA-25/B/20/XC2. El foso de aspiración dispondrá de tapa formada por placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado HP-40/P/12/XC2 de 15 cm de canto y tendrá una profundidad libre igual al foso de bombas, concretamente 3,00 m en el sector B.

Las cargas para las que han sido calculadas las estructuras se desprenden del Documento

Básico DB SE-AE: Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación, del Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, no siendo de aplicación el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación NCSR-02, en cumplimiento del artículo 1.2.3. al tratarse de construcciones de importancia moderada.

Para el cálculo constructivo del presente proyecto de han tenido en cuenta todas las normas en vigor que le son de aplicación, y en concreto el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural (CE), el Documento Básico DB SE-A: Seguridad estructural. Acero y Documento Básico DB SE-C: Seguridad estructural. Cimientos, del Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

#### *8.8.1.2 Estructura metálica*

La estructura metálica de la estación de bombeo estará formada por pórticos planos de acero S275 JR con nudos rígidos y apoyos sobre losa de cimentación y muros. El dimensionamiento de los pilares y los dinteles se ha realizado con un programa de ordenador de cálculo matricial en 3D de estructuras.

La estructura metálica consiste en una nave de planta rectangular, con cubierta a dos aguas. Las dimensiones del conjunto son de 13,50 m de luz y de 27,90 m de longitud, todo entre ejes de pilares. La superficie total construida de la construcción asciende a 389,70 m<sup>2</sup> y la altura de pilares 7,19 m sobre solera HA-25/B/20/XC2 de 20 cm de espesor. La altura total de la construcción será 8,47 m desde la cumbrera al terreno.

Los pórticos intermedios de la estructura a dos aguas tienen una luz entre ejes de 13,50 m, un ángulo de vertiente de 6,35° (10%) y una separación de 4,65 m. Los pilares son de perfil HEB-220. Los dinteles son IPE-240 acartelados, como se refleja en el plano 7.4.9 “Estación de bombeo Sector B. Obra civil. Pórticos”.

Los pórticos hastiales de la nave, tienen las mismas dimensiones que los anteriores, con perfiles en pilares tipo HEB-220 y con dinteles IPE-240. Además, en las fachadas, se proyectan perfiles UPN-180 para sujeción de las placas macizas de hormigón de cerramiento, así como pilarillos de perfil HEB-220, simétricamente dispuestos a 5 m de las esquinas

La unión de los pilares con la cimentación, se hará a través de placas de asiento de dimensiones 500x500x18 mm y 12 pernos diámetro 20 mm. Las características y distribución pueden verse en el plano 7.4.3 “Estación de bombeo Sector B. Obra civil. Cimentación, saneamiento y puesta a tierra. Detalles”

La nave dispondrá de un carril de rodadura por ambos laterales, para el funcionamiento de un

puente grúa de 3,2 t de capacidad. Estructuralmente dichos carriles se colocarán encima de sendas vigas carrileras de perfil de acero laminado en caliente calidad S 275 JR tipo IPE-270, colocadas sobre mensulas soldadas a los pilares laterales, a una altura de 5,21 m sobre la solera acabada del interior de la nave.

El tratamiento anticorrosivo a utilizar será mediante limpieza mecánica (cepillado con cepillo de púas de acero) y aplicación de 2 manos (40 µm) de pintura al minio electrolítico de plomo o pintura antioxidante similar.

Para el acceso, inspección y mantenimiento de bombas, se diseña pasarela inferior de 1,00 m de ancho y 1,30 m de alto, formada por entramado de perfiles huecos de acero calidad S 275 JR #50.3 mm, que soportarán enrejado de tramex 30x30 mm / 25x2 (perfil portante). Desde esta altura, arrancará hasta parte superior del foso, una escalera metálica de un tramo, altura 2,00 m en el sector B, y ancho 1,00 m, dispuesta por zancas de perfil acero laminado en caliente S 275 JR UPN-160 y peldaños de tramex. Tanto la ubicación, como las dimensiones de la misma se pueden observar en los planos 7.4.1 “Estación de bombeo Sector B. Obra civil. Planta general” y 7.4.4 “Estación de bombeo Sector B. Obra civil. Estructura pasarela. Planta y secciones”

## **8.8.2 Sistema envolvente**

### **8.8.2.1 Cerramientos**

El cerramiento de la nave será a base de placas prefabricadas macizas de hormigón armado de 14 cm de espesor, que garantizan un aislamiento acústico de 54,0 dBA (en consonancia con lo dispuesto en el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento 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) y al fuego EI 120 (superior al requerido según el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales), con acabado liso, insertadas y acopladas sobre la estructura metálica.

### **8.8.2.2 Cubiertas**

Se dispondrán paneles tipo sándwich formados por dos chapas lacadas grecadas de acero perfilado en frío de 0,6 mm de espesor y una capa de aislante de espuma de poliuretano de 30 mm de espesor anclados los perfiles a la estructura mediante ganchos o tornillos autorroscantes que garantizan un aislamiento acústico de 14 dBA (en consonancia con lo dispuesto en el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento 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) y al fuego EI 15 (superior al requerido según el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales).

Se dispondrán 7 correas por vertiente de perfil ZF 150.2, acero conformado calidad S 235 JR, separadas en planta 1,125 m. En los paños de cubierta señalados en los planos, se dispondrá de un arriostamiento a base de cruces de San Andrés mediante acero redondo de 16 mm de diámetro tipo B 500 S con tensores roscados.

Se proyecta sistema de recogida de las aguas pluviales en la cubierta de la nave a través de canalón rectangular de 430 mm de desarrollo, conformados en chapa de acero prelacado. Desde este canalón y mediante un bajante realizado en chapa de acero prelacado de 110 mm de diámetro las aguas pluviales de cubierta son conducidas hasta la plataforma exterior.

### **8.8.3 Sistema de compartimentación**

El cerramiento del aseo y 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.

### **8.8.4 Sistema de acabados**

#### **8.8.4.1 Carpintería y cerrajería**

La puerta de acceso a la nave para vehículos será metálica oscilobatiente, a base de bastidor de tubo rectangular y chapa de acero, con cerco y perfil angular provisto de una garra por metro lineal y herrajes de colgar y de seguridad. Dispondrá de puerta para hombre, que servirá de vía de evacuación, con paso libre de 0,82 m. Se procederá posteriormente a su pintado con pintura tipo ferro.

Las ventanas en fachada son de hojas correderas de aluminio lacado, con perfil europeo con RPT (Rotura de puente térmico) para doble acristalamiento 4+6+4 (dos vidrios de 4 mm con una cámara de 6 mm). Las ventanas irán protegidas mediante rejillas metálicas realizadas con tubo de acero de 30x15 mm. en vertical y horizontal, separados 15 cm. con garras para recibir de 12 cm., con pintado posterior con pintura tipo ferro.

Tanto las dimensiones como la ubicación de la puerta y ventanas se pueden apreciar en los planos 7.4.1 "Estación de bombeo Sector B. Obra civil. Planta general" y 7.3 "Estación de bombeo Sector B. Alzados y sección".

## **8.8.5 Sistema de acondicionamiento e instalaciones**

### **8.8.5.1 Instalación eléctrica**

La descripción y justificación correspondiente a este apartado se encuentra descrita en el apartado «Instalación eléctrica de baja tensión y automatización del sector B».

### **8.8.5.2 Ventilación**

La estación de bombeo dispone de una ventilación natural formada por 14 ventanas de hojas correderas de dimensiones 1,50x0,70 m, en la ubicación reflejada en plano 7.3. “Estación de bombeo Sector B. Alzados y sección”. Además, se disponen 3 aireadores en cubierta, según plano 7.4.7 “Estación de bombeo Sector B. Obra civil. Cubierta”, con las siguientes características:

- Unidades: 3
- Caudal: 2.500 m<sup>3</sup>/h (velocidad viento 25 km/h)
- Diámetro tubo: 350 mm
- Material: Chapa de aluminio
- Base: Chapa acero galvanizado

La instalación es capaz de proporcionar un total de volumen de aire renovado de 7.500 m<sup>3</sup>/h

Además, con el objeto de proporcionar un caudal de aire apropiado para mantener la temperatura de la sala en torno a 40 °C como máximo y evitar así pérdidas por rendimiento y posibles averías en los variadores de frecuencia, se diseña una instalación ventilación forzada apropiada, siguiendo los requerimientos del fabricante de los variadores y la bibliografía técnica al respecto.

Se instalarán 3 extractores helicoidales murales en fachada, por seguridad, con capacidad unitaria el total de 4.920 m<sup>3</sup>/h cada uno, para quedar del lado de la seguridad (14760 >8167 m<sup>3</sup>/h). La aportación de aire a la sala se realiza desde 2 rejillas de lamas de acero en las puertas de acceso

### **8.8.5.3 Protección contra incendios**

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de protección contra incendios de la estación de bombeo, así como el diseño y el mantenimiento de las instalaciones, cumplirán con lo preceptuado en el Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios

Los sistemas de protección activa contra incendios proyectados en la estación de bombeo, se pueden observar en el plano 7.5.4 “Estación de bombeo Sector B. Instalaciones. Instalación PCI y señalización”. Dicho emplazamiento permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estando situados próximos a los puntos donde se estima la mayor probabilidad de iniciarse el incendio, y su distribución es tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor no supera los 15 m.

Se colocarán extintores de las siguientes características:

- 1 Extintor portátil de polvo ABC de eficacia 27A-133B de 6 kg
- 1 Extintor portátil de CO2 de eficacia 89B de 5 kg

Serán conforme a la exigencia de la norma, de acuerdo con las características de la edificación, según UNE EN 3-7, situados como puede verse en el plano correspondiente. Según el RD 513/2017, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI), los extintores se colocarán de forma visible y accesible de forma que la parte superior del mismo quede situada entre 80 cm. y 120 cm sobre suelo. Junto a estos se colocarán señales relativas a los equipos de lucha contra incendios de forma rectangular o cuadrada con el pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).

El sistema manual de alarma de incendio (UNE EN 54-11) estará constituido por un conjunto de pulsadores que permitirán provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que ha sido activado el pulsador.

Los pulsadores de alarma se situarán de modo que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto que deba ser considerado como origen de evacuación, hasta alcanzar un pulsador, no supere los 25 m. Los pulsadores se situarán de manera que la parte superior del dispositivo quede a una altura entre 80 cm y 120 cm.

#### 8.8.5.4 Alumbrado de emergencia y señalización de seguridad y vías de evacuación

En la estación de bombeo se proyecta una instalación de alumbrado de emergencia situada en los recorridos generales de evacuación (proporcionando una iluminancia de 1 lux, como mínimo) y en los puntos en los que estén situados los equipos de protección contra incendios que exijan utilización manual (proporcionando una iluminancia mínima de 5 lux). Esta señalización de alumbrado de emergencia se encuentra en vías de evacuación y recintos que alberguen centros de mando de instalaciones técnicas, al objeto de proporcionar un nivel de iluminación adecuado, según indica el punto 16 del anexo III del Real Decreto 2267/2004.

La señalización de emergencia en la salida de uso habitual se hará de acuerdo al Reglamento de señalización de los centros de trabajo (RD 485/1997, de 14 de abril) así como UNE 23033-1 y UNE 23035. La evacuación de los establecimientos industriales que están ubicados en edificios de tipo C, como es el caso de la estación de bombeo, debe satisfacer las condiciones expuestas en el apartado 6.4 del anexo II del RD 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

En cuanto a nº y disposición de las salidas, en nuestro caso, actividad clasificada como de riesgo intrínseco bajo, la evacuación del sector en estudio se realiza por una salida, siendo la ocupación inferior a 25 personas. El recorrido de evacuación es inferior a 50 m, que es la distancia máxima para riesgo bajo. Todo ello se refleja en la siguiente tabla:

**Tabla 18.** Número de salidas y recorridos de evacuación estación de bombeo sector B

<b>SALIDA DE SECTORES</b>						
RECINTO	PLANTA	SALIDAS			DIÁFANA	RECORRIDO EVACUACION MAX. (m)
		nº	Tipo	Ancho (m)		
Estación de bombeo	Baja	1	A	4,68	SI	35,00

Los recintos que aparezcan con recorrido de evacuación cero, son aquellos en que, conforme a la norma, el origen de evacuación es la salida del recinto.

**Tabla 19.** Tipos de salidas de planta en estación de bombeo y filtrado

<b>SALIDA DE PLANTA</b>			
PLANTA	SALIDA TIPO	ANCHO	SALIDA A
Baja	A	4,68	Exterior

Los tipos de salida asignados anteriormente corresponden a la siguiente descripción:

- A: Salida del edificio en su planta correspondiente.
- B: Arranque de escalera no protegida que conduce a planta salida, contenido en recinto propio.
- C: Arranque de escalera no protegida que conduce a planta de salida, no contenida en recinto propio
- D: Puerta para vehículos, que comunica directamente con espacio exterior.

En cumplimiento del RD 485/1997, de 14 de abril sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se han ejecutado las siguientes medidas:

1) Se han señalado las salidas

2) Se han rotulado con el pictograma "SALIDA" todas las luces de emergencia ubicadas a tal efecto

La disposición de estas y otras señales necesarias según la normativa vigente se puede observar en el plano correspondiente.

### **8.8.6 Urbanización**

En la explanada exterior a la nave, tal y como se puede apreciar en el plano 7.8.1 «Estación de bombeo sector B. Urbanización» se extenderá y compactará una capa de suelo seleccionado S2 de 85 cm de espesor, sobre dicho suelo seleccionado se dispondrá de una capa de zahorra artificial 0/32, de 35 cm como cimiento de firme y 15 cm de firme, y firme con aglomerado en caliente con un espesor total de 10 cm, repartido en dos capas, una capa base de 6 cm de espesor y una capa de rodadura de 4 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 Kg/m<sup>2</sup>), y de adherencia con emulsión tipo C60B2 (carga catiónica), con una dosificación de medio kilogramo por metro cuadrado (0,5 Kg/m<sup>2</sup>).

Para dar continuidad al acceso realizado se extenderá una capa de zahorra artificial 0/32, de 20 cm, que conectará con el actual camino existente. Tanto en el acceso como en esta prolongación se proyecta cuneta de hormigón triangular de hormigón HM-20/B/20/X0.

Perimetralmente a la nave según se puede apreciar en el plano 7.4.1 «Estación de bombeo sector B. Planta general», se realizará un acerado acabado con pavimento continuo de hormigón HM-20/B/20/X0 de 20 cm. de espesor, endurecido con fibras de polipropileno con dosificación de 0,12 kg/m<sup>2</sup>, 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/X0.

Como cerramiento exterior a todo el recinto y en todo su perímetro se proyecta cerramiento con las siguientes características, las cuales se pueden apreciar en el plano 7.8.2 «Estación de bombeo. Urbanización. Detalles»:

- Zunchos de hormigón armado HA-25/B/20/XC2. Los zunchos o vigas de atado son de sección cuadrada de 40x40 cm, con armadura longitudinal de 4  $\phi$  12 en cada cara y  $\phi$  8 cada 30 cm en estribos de acero B 500 S, apoyados sobre 5 cm de hormigón en masa HM-20/B/20/X0.

- Fábrica de bloques de hormigón Split en color crema de 40x20x20 cm, colocados a una cara vista, recibidos con mortero M-5 de 250 kg de cemento y relleno de hormigón HM-20/B/20/X0 con losa albardilla de hormigón color crema en zona superior del mismo.
- Cerramiento de postes de tubo de acero galvanizado en caliente de 5 cm de diámetro y 1,75 m de altura, a 5 m de separación, empotrados y anclados mediante hormigón 20 cm sobre muro de cerramiento de bloques de hormigón y guarnecidos con malla galvanizada simple torsión 40 mm de paso de malla y diámetro 1,8 mm.
- En dicho cerramiento se colocará una puerta metálica corredera de 7,50 m como entrada principal, formada por tubo rectangular de 60x40 mm. en bastidor, con zócalo inferior de 40 cm. de altura, realizado con doble chapa de 1,5 mm. de espesor lisa, y tubos superiores de 40x20 mm. cada 12 cm., y una puerta metálica abatible de dos hojas de idénticas características como puerta de servicio. Por último y para el acceso de personas se proyecta puerta metálica abatible de una hoja de 1,10 m. de anchura.

## **8.9 INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN PARA CONEXIÓN A RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SECTOR B**

### **8.9.1 Punto de conexión a red**

La conexión con la red de distribución de la compañía distribuidora EDE se llevará a cabo según las indicaciones recogidas en la carta de condiciones ABAD001 0000603636-3, estableciendo el punto de conexión en LAMT "Sola\_Ricca" 20 kV LA-56, en nuevo apoyo A421832. Se trata de nueva LAMT DC con primer apoyo a 20 m max y nuevo centro de seccionamiento y entrega cliente según normativa EDE

### **8.9.2 Línea aérea MT doble circuito**

Tal y como se refleja en planos, se trata de un lazo flojo DC de 8 m entre los apoyos A421832 (entronque, propiedad EDE, coordenadas UTM ETRS 89, huso 29, X=711.741 Y=4.304.288) y nuevo apoyo derivación, que discurre en zona A, entre las cotas 192 y 193

Los apoyos serán metálicos de sección rectangular y troncopiramidal, de acero tipo S 275 JR y S 355 JO según la norma UNE EN 10025: *Productos laminados en caliente, de acero no aleado para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro*, protegidos de la corrosión mediante un tratamiento de galvanizado en caliente según UNE-EN ISO 1461:2010 *Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero* y Recomendación Unesa (RU) 6618

Los apoyos diseñados son:

**Tabla 20.** Apoyos diseñados en entronque sector B

Nº	FUNCION	TIPO	CRUCETA
1	Entronque (FL)	C 4500 16	Horizontal DC atirantado
2	Derivacion (FL)	C 4500 16	Horizontal DC atirantado

En todos los apoyos la resistencia de difusión de la puesta a tierra será inferior a 20  $\Omega$  y las tomas serán realizadas teniendo presente lo que al respecto se especifica en los art. 12.6 y 26 del RD 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 (RLAT), así como apartado 7 de la ITC-LAT 07.

El conductor desnudo utilizado será aleación Al-Ac denominación 47-AL1/8-ST1A (antiguo LA-56) que cumplirá lo que prescribe el apartado 2 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, en cuanto a su naturaleza, características, empalmes y conexiones.

Al objeto del cumplimiento de las medidas avifauna establecidas en 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, se adoptan las siguientes:

- 1) No se proyectan aisladores rígidos sobre cruceta.
- 2) No se proyectan puentes flojos no aislados por encima de travesaños y cabeceras apoyos. Para ello se utilizan vainas de silicona y encintado con sellador en los herrajes
- 3) No se proyectan seccionadores en posición horizontal en cabecera de apoyos.

### **8.9.3 Línea subterránea MT doble circuito**

La conversión aero-subterránea tendrá lugar en el apoyo n° 1 de derivación. Se trata de un soporte metálico fin de línea (FL) tipo celosía, formado por cruceta DC horizontal atirantada M0, cadenas de amarre, juego de seccionadores unipolares horizontales invertidos 400A/24 kV y autoválvulas (limitadores de sobretensiones atmosféricas según ITC RAT 09), a una altura no inferior a 5 ó 7 m del suelo, según normativa sectorial y Especificaciones Particulares 2018 de la compañía distribuidora, respectivamente. Dispone como solera una superficie de hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup> de 3,30 m. de lado y 0,20 m de espesor, para cumplir las prescripciones reglamentarias sobre tensiones de paso y contacto (Art. 13 RAT) y un recubrimiento de obra de fábrica hasta una altura de 2,50 m.

La línea subterránea DC de 15 m que arranca a continuación, estará formada por conductores unipolares de aluminio 2x(3x1x240) mm<sup>2</sup> RHZ1 12/20 kV, que discurrirán enterrados bajo tubo PE Ø200 (2T+R) en zanja de 0,50 x 1,12 m de profundidad sobre cama de arena. Conectará con el centro de entrega/seccionamiento, dotado de las celdas que marca la normativa de la Cia distribuidora (EDE)

Tal y como condicionan las Especificaciones Particulares la protección de los cables se traduce en la colocación de placas de PE, colocándose además a 25 cm de la cota del terreno una cinta de señalización de PE que advierta de la existencia de cables eléctricos debajo de ella

Será necesaria la colocación de arqueta prefabricada de hormigón tipo APHA1 400 al pie del apoyo de conversión aéreo-subterránea, como se observa en el plano 7.6.2 Estación de Bombeo Sector B. Línea MT-CT. Planta general, así como en el plano 7.6.7 Estación de Bombeo Sector B. Línea MT-CT. Detalles canalización MT

#### **8.9.4 Centro de seccionamiento y entrega**

El centro de seccionamiento monobloque tipo caseta, constará de una envolvente, única o formada por paneles, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica y demás equipos eléctricos. Para el diseño de este centro, se han observado todas las normativas de aplicación, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc. Este edificio prefabricado contará con el certificado de calidad UNESA de acuerdo a la Recomendación UNESA 1303A.

El edificio prefabricado de hormigón, con índice de protección IP-23, estará formado por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera y una tercera que forma el techo. Adicionalmente, se incorporan otras pequeñas piezas para constituir un centro de transformación de superficie y maniobra interior (tipo caseta), estando la estanqueidad garantizada por el empleo de juntas de goma esponjosa entre ambas piezas principales exteriores.

Según la norma EDE *NRZ 102 Instalaciones Privadas Conectadas a Red de Distribución. Consumidores en Alta y Media Tensión*, la composición del centro de seccionamiento diseñado responde al esquema 11 *CT interior en envolvente común o centro independiente anexo, con doble acometida y 1 o más transformadores fuera de CT:*

#### **PARTE COMPAÑÍA:**

-Celda de entrada, función línea, dotada de interruptor-seccionador motorizado 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda de salida, función línea, dotada de interruptor-seccionador motorizado 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda de entrega, función línea, dotada de interruptor-seccionador motorizado 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda trafo SS.AA, para alimentación de relés y demás elementos en la parte de Compañía del centro de seccionamiento, características 400A / 20 kA / 24 kV, dotada de transformador tensión bipolar 20000/230 V potencia 4 kVA, protegido por fusibles

**PARTE ABONADO (CLIENTE):**

-Celda de remonte, función protección cable, 400A / 24 kV

-Celda de protección interruptor automático, función protección, dotada de interruptor-automático corte en vacío y seccionador 3 posiciones en serie 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda de medida, 400A / 24 kV, para albergar trafos de tensión e intensidad adecuados

-Celda de salida, función línea, dotada de interruptor-seccionador motorizado 400A / 20 kA / 24 kV

-Celda trafo SS.AA, para alimentación de relés y demás elementos en la parte de Cliente del centro de seccionamiento, características 400A / 20 kA / 24 kV, dotada de transformador tensión bipolar 20000/230 V potencia 4 kVA, protegido por fusibles

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales, de todos los aparatos y equipos instalados en el centro de seccionamiento, se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores de SS.AA, etc., así como la armadura del edificio (si este es prefabricado). No se unirán, por el contrario, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT (trafo SS.AA) se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, denominada puesta a tierra de servicio, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre 50 mm<sup>2</sup> aislado (0,6/1 kV) protegido con tubo de PVC de grado de protección IK 07, como mínimo, contra daños mecánicos, siguiendo prescripciones de ITC RAT 13.

## **8.10 ADECUACIÓN INSTALACIÓN LAMT EXISTENTE Y NUEVO C. TRAF0 DEL SECTOR B**

### **8.10.1 Línea aérea MT simple circuito existente**

La Comunidad de Regantes dispone de una línea eléctrica aérea MT y centro de transformación tipo intemperie potencia 25 kVA (CD nº 71526) CUPS ES0031104280688001AW0F, en la actual toma del sector B, ambas infraestructuras bajo la figura de “cesión” (Convenio de Encomienda de Gestión) otorgada por la Confederación Hidrográfica del Guadiana a la Comunidad General de Usuarios del Canal de Lobón, de la que forma parte la Comunidad de Regantes de Merida por el Canal de Lobón, fecha 08/02/2020.

Será necesario dismantelar el ultimo vano de línea aérea, así como el CT intemperie, para poder ejecutar la obra civil de la nueva Estación de Bombeo del Sector B, interponiendo nuevo apoyo fin de línea con conversión aero-subterránea, para acometida a nuevo centro de transformación 2x630 kVA

Tal y como se refleja en plano 7.6.2 Estación de Bombeo Sector B. Línea MT-CT. Planta general, se trata de una línea aérea SC 20 kV existente con conductor desnudo tipo LA-56, de longitud total 486 m que discurre por zona A, entre las cotas 192 y 200. La línea está soportada por apoyos metálicos función alineación (AL) y ángulo (ANG) /amarre (AM) tipo celosía con crucetas tipo bóveda y cadenas de suspensión y/o amarre. La línea eléctrica está en buen estado y al día en sus inspecciones periódicas, según la reglamentación vigente.

La actuación afecta al apoyo nº1 existente pero necesario sustituir (conversión aero-subterránea que procede de centro de seccionamiento, coordenadas UTM ETRS 89, huso 29, X=711.772 Y=4.304.254) y nuevo apoyo nº 5 (coordenadas UTM ETRS 89, huso 29, X=711.969 Y=4.303.912) función FL y conversión aero-subterránea para acometer al nuevo centro de transformación proyectado 2x630 kVA del sector B. Por lo tanto, la línea eléctrica aérea MT resultante arroja una longitud de 395 m en 4 vanos resultantes, el segundo de ellos, existente, cruce sobre la autovía del Suroeste (A-5), sobre el que no se actuará

Dichos apoyos, son nuevos, llevándose además a cabo las actuaciones necesarias para el objetivo perseguido, hacer las conversiones aero-subterráneas necesarias para dar continuidad eléctrica desde el centro de seccionamiento hasta el nuevo centro de transformación proyectado. Por lo tanto, se dotarán de cruceta adicional para montaje de elementos de maniobra (seccionadores unipolares) y protección (pararrayos), la bajada del cable protegida por obra de fábrica hasta 2,5 m, solera perimetral y puesta a tierra en apoyos de apartamento, según estipula la normativa sectorial y de EDE. Además, se acometerán las medidas de protección avifauna descritas más adelante

Los apoyos diseñados son:

**Tabla 21.** Apoyos diseñados en entronque sector B

Nº	FUNCION	TIPO	CRUCETA
1	Aero-subterráneo (FL)	C 3000 10	Boveda SC amarre
5	Aero-subterráneo (FL)	C 2000 10	Horizontal SC atirantado

Al objeto del cumplimiento de las medidas avifauna establecidas en 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, se adoptan las siguientes:

- 1) No se proyectan aisladores rígidos sobre cruceta.
- 2) No se proyectan puentes flojos no aislados por encima de travesaños y cabeceras apoyos. Para ello se utilizan vainas de silicona y encintado con sellador en los herrajes
- 3) No se proyectan seccionadores en posición horizontal en cabecera de apoyos.

### **8.10.2 Conversión aero-subterránea**

La conversión aero-subterránea tendrá lugar en el apoyo nº 1 tipo fin de línea (FL) a sustituir. Se tratará de un soporte metálico tipo celosía, formado por cruceta bóveda, cadenas de amarre, que se dotará de juego de seccionadores unipolares horizontales invertidos 400A/24 kV y autoválvulas (limitadores de sobretensiones atmosféricas según ITC RAT 09), a una altura no inferior a **5 ó 7 m** del suelo, según normativa sectorial y Especificaciones Particulares 2018 de la compañía distribuidora, respectivamente. Dispondrá como solera una superficie de hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup> de 3,30 m. de lado y 0,20 m de espesor, para cumplir las prescripciones reglamentarias sobre tensiones de paso y contacto (Art. 13 RAT) y un recubrimiento de obra de fábrica hasta una altura de 2,50 m.

Paralelamente a esta actuación, se proyecta en el nuevo apoyo nº 5 FL, otra conversión aero-subterránea, para acometida al centro de transformación proyectado de 2x630 kVA, con las mismas características que la anterior, solo que aquí, el apoyo nº5 será un apoyo metálico celosía galvanizado con cruceta montaje horizontal atirantada y cadenas de amarre.

### **8.10.3 Línea subterránea MT simple circuito**

La línea subterránea SC de **45 m** que conecta el centro de seccionamiento con el apoyo nº1, así como la línea subterránea SC de **15 m** que conecta el apoyo nº5 con el centro de transformación proyectado, tanto una como otra, estará formada por conductores unipolares de aluminio (**3x1x150**) mm<sup>2</sup> RHZ1 12/20 kV, que discurrirán enterrados bajo tubo PE doble pared rígido

Ø160 (1T+R) resistencia a compresión superior a 450N y grado de protección IP54, en zanja de 0,50 x 0,95 m de profundidad sobre cama de arena.

Tal y como condicionan las Especificaciones Particulares la protección de los cables se traduce en la colocación de placas de PE, colocándose además a 25 cm de la cota del terreno una cinta de señalización de PE que advierta de la existencia de cables eléctricos debajo de ella.

Será necesaria la colocación de arqueta prefabricada de hormigón tipo APHA1 400 al pie de cada apoyo de conversión aéreo-subterránea, como se observa en el plano 7.6.2 Estación de Bombeo Sector B. Línea MT-CT. Planta general, así como en el plano 7.6.7 Estación de Bombeo Sector B. Línea MT-CT. Detalles canalización MT

#### **8.10.4 Centro de transformación 2x630 kVA**

El centro de transformación monobloque tipo caseta, constará de una envolvente, única o formada por paneles, en la que se encuentra toda la paramenta eléctrica y demás equipos eléctricos. Para el diseño de este centro, se han observado todas las normativas de aplicación, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc. Este edificio prefabricado contará con el certificado de calidad UNESA de acuerdo a la Recomendación UNESA 1303A.

El edificio prefabricado de hormigón, con índice de protección IP-23, estará formado por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera y una tercera que forma el techo. Adicionalmente, se incorporan otras pequeñas piezas para constituir un centro de transformación de superficie y maniobra interior (tipo caseta), estando la estanqueidad garantizada por el empleo de juntas de goma esponjosa entre ambas piezas principales exteriores.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones y rejillas de ventilación, fabricados en chapa de acero.

La puerta de acceso de peatones tiene unas dimensiones de 900 x 2100 mm mientras que la del transformador tiene unas dimensiones de 1260 x 2100 mm Ambos tipos de puertas pueden abrirse 180º. Disponen, además, de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento: evitar aperturas intempestivas de las mismas y la violación del centro de transformación.

Las rejillas de ventilación se sitúan en la parte inferior de la puerta de acceso al mismo, en la parte superior y en los laterales de la envolvente. Estas rejillas tienen un área de 1200 x 677 mm<sup>2</sup> y un índice de protección IP-33. Todas estas rejillas están formadas por lamas en forma de “V” invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el

centro de transformación e interiormente se complementa cada rejilla con una rejilla mosquitera, según ITC-RAT 14.

Según la norma EDE *NRZ 102 Instalaciones Privadas Conectadas a Red de Distribución. Consumidores en Alta y Media Tensión*, la composición del centro de transformación diseñado responde al esquema 11 *CT interior en envoltente común o centro independiente anexo, con doble acometida y 1 o más transformadores fuera de CT*:

PARTE ABONADO (CLIENTE):

-Celda de protección con fusibles, función protección trafo nº1, 400A / 24 kV y fusibles 50 A

-Celda de protección con fusibles, función protección trafo nº2, 400A / 24 kV y fusibles 50 A

Cada uno de los dos (2) transformadores necesarios serán trifásicos reductores de tensión, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural de aceite vegetal, tensión primaria 15-20 kV B2 y secundaria 400 V, conmutador maniobrable sin tensión de 6 posiciones, pasatapas de MT y BT, cáncamos de elevación, ruedas, dispositivos de llenado y vaciado, terminales de tierra y placa de características. Los datos técnicos se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 22.** Características trafo potencia sector B

Potencia nominal (KVA)	630
Tensión nominal (V)	15-20000/400
Regulación %	$\pm 2,5 \pm 5 \pm 7,5$
Tensión cortocircuito %	4
Frecuencia (Hz)	50
Grupo conexión	Dyn 11
Neutro accesible	Si
Refrigeración	ONAN

La conexión celda-trafo se materializará mediante puentes MT formados por cables 12/20 kV del tipo DHV, unipolares, con conductores de sección y material 1 x 95 Al y terminaciones de 24 kV del tipo cono difusor según ITC LAT 06 y EP 2018 de EDE

La unión trafo-cuadro BT se llevará a cabo con puentes BT formados por cables de sección y material 1 x 240 Al EPR 0,6/1 kV sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3x3x240 + 2x240 para cada transformador de 630 kVA

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales, de todos los aparatos y equipos instalados en el centro de transformación, se unen a la tierra de protección: envoltentes de las

celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si este es prefabricado). No se unirán, por el contrario, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT (trafos) se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, denominada puesta a tierra de servicio, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre 50 mm<sup>2</sup> aislado (0,6/1 kV) protegido con tubo de PVC de grado de protección IK 07, como mínimo, contra daños mecánicos, siguiendo prescripciones de ITC RAT 13.

### **8.11 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DEL SECTOR B**

Se diseña la ejecución por fases de un campo fotovoltaico de autoconsumo sin excedentes de 1.700,40 kWp compuesto por 2616 módulos fotovoltaicos de 650 Wp, agrupados en lazos de 24 módulos e instalados sobre estructura metálica formada por perfiles conformados de acero calidad S 350 GD, hincada y con 15º de inclinación. **En la fase inicial recogida en este proyecto se instalarán 1080 módulos fotovoltaicos conformando un campo FV de 702 kWp.** Se conectará a la estación de bombeo mediante una línea de baja tensión a 400 V, que alimentará directamente a los elementos consumidores, sin plantear vertido de excedentes.

La parcela donde se ejecutará el campo fotovoltaico del sector B, previo consenso con el titular CR de Mérida-Canal de Lobón, es

\*Polígono 153, parcela 13, paraje Perales, Mérida (Badajoz) Parcela 102.015 m<sup>2</sup> (10,2015 ha) de uso agrario

\*Polígono 153, parcela 9001, Canal de Lobón, Mérida (Badajoz) Parcela 106.411 m<sup>2</sup> (10,6411 ha) de uso agrario, ocupado por canal y vía de servicio (vía de comunicación de dominio público)

El campo FV diseñado ocupa **1,9016 ha cuando esté totalmente completada.**

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 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, 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.

El proceso de cálculo de la instalación será el mismo descrito para el Sector A y recogido en los Anejos 10 y 11 del proyecto.

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

- Estructura soporte metálica hincada, previa adecuación del terreno.
- Módulos fotovoltaicos
- Inversores.
- Sistema DC/AC.
- Protecciones.
- Puesta a tierra.

#### **8.11.1 Adecuación de la parcela**

No es necesario adecuar el terreno de la parcela para que pueda servir para la instalación de los soportes metálicos hincados de los módulos fotovoltaicos. La parcela es prácticamente llana y no hay que realizar ningún movimiento de tierras.

También se realizará el vallado de la parcela.

##### *8.11.1.1 Estructura soporte metálica hincada*

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 15,75 m de largo para suportación de 24 módulos fotovoltaicos, disposición vertical de cada módulo fotovoltaico en 2 filas con 12 módulos cada fila (12 x 2V), con una inclinación de 15º

La estructura soporte de los módulos fotovoltaicos se ejecutará sobre hincas de perfiles de acero CF 80 hasta una profundidad de 2 m



**Figura 29.** Disposición de placa solar sobre soportes metálicos

Los cálculos mecánicos de la estructura se incorporan en el Anejo nº 13 Cálculos estructurales

#### 8.11.1.2 Módulos fotovoltaicos

El parque solar fotovoltaico diseñado estará formado por un total de 1 campo solar con una potencia de 1.700,40 kWp, lo que pasa que en una **primera fase se ejecutará 702 kWp**. El campo solar se diseña mediante una estructura fija provista de inclinación a 15º para la colocación de paneles, con el fin de optimizar al máximo la energía solar captada en meses de 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.

El número total de paneles de la instalación será de 2616 unidos de 650 Wp en series de 24 módulos fotovoltaicos, pero en la fase inicial proyectada solo se montarán **1080**, en series de 24 módulos. 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 4 m.

Tendrán las mismas características que las indicadas para el Sector A.

#### 8.11.1.3 Inversores

Se diseñan 14 inversores trifásicos para la potencia total del campo fotovoltaico, pero en una **primera fase** se instalarán solamente **6**. El inversor tendrá las siguientes características: Inversor fotovoltaico 125 kW de potencia, tipo sinusoidal (rendimiento europeo ponderado 98,5%, según UNE-EN 61683) sin transformador, IP66, amplio rango de tensión de entrada, 10 seguidores MPP y posibilidad de usarlo sin restricciones tanto interior como exterior, refrigeración por convección natural, rango temperatura funcionamiento -30 a +60°C. Comunicación ModBUS con

puertos USB y RS485.

La distribución de los string será:

- Inversor 1 a 16. Potencia entrada DC: 124,80 kWp
  - o Sobredimensionado 1,001.
  - o 8 strings compuestos por 24 módulos en serie cada uno.
- Inversor 17. Potencia entrada DC: 109,20 kWp
  - o Sobredimensionado 1,08.
  - o 7 strings compuestos por 24 módulos en serie cada uno.

En la fase a ejecutar se instalarán únicamente los inversores número 8, 9, 10, 11, 13 y 14.

Cada inversor dispondrá de los dispositivos necesarios para garantizar la seguridad de acuerdo con la normativa vigente. Estos dispositivos incluyen la desconexión del lado CC, protección contra el funcionamiento en isla, protección contra polaridad inversa en CC, monitorización de fallos por string, protección contra sobretensiones en CC y CA tipo II y detección de fallos de aislamiento de CC.

Tendrán las mismas características que las indicadas para el Sector A.

#### 8.11.1.4 Cableado

##### **Corriente continua (CC)**

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 hechos a base de elastómeros termoestables libres de halógenos.

Su designación completa será:

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

Para salvar las separaciones entre filas de módulos, este cableado discurrirá enterrado bajo tubo de 50/63 mm de diámetro, según los casos, siguiendo las prescripciones técnicas de la ITC-BT-

30.

### **Corriente alterna (CA)**

#### **Tramo Inversor – CBT FV**

Desde el inversor, y ya en alterna, se evacuará la energía hasta el cuadro de baja tensión ubicado en la caseta de SS.AA mediante una línea enterrada, compuesta por cuatro (4) conductores unipolares, uno para cada fase/neutro, de 120 mm<sup>2</sup> de sección cada uno. Su aislamiento será de polietileno reticulado (XLPE) y su cubierta exterior de poliolefina termoplástica.

Su designación completa será RV 0,6/1 kV Al 4x120 mm<sup>2</sup>.

Discurrirá enterrado bajo tubo polietileno alta densidad corrugado doble pared diámetro exterior 160 mm

#### **Tramo CBT FV- CBT FV (Centro Transformación)**

Para el tramo comprendido entre el cuadro general de baja tensión (CBT FV) y el cuadro homólogo del centro de transformación, punto de conexión en BT, se realizará por medio de cables unipolares de aluminio, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tensión asignada 0,6/1 kV, de sección 8(4x240mm<sup>2</sup>) para las fases/neutro

#### *8.11.1.5 Protecciones*

### **Protecciones eléctricas en corriente continua**

Tendrán las mismas características que las indicadas para el Sector A.

### **Protecciones eléctricas en corriente alterna**

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

Para las protecciones eléctricas en alterna se deben diferenciar los dos sistemas de distribución que existen en la instalación fotovoltaica:

- Sistema IT: Se realizan en este sistema de distribución tanto la parte de continua de la instalación fotovoltaica como la parte de corriente alterna que va desde los inversores hasta el cuadro de protecciones ubicado en el centro de transformación.
- Sistema TT: Se realiza en este sistema de distribución todo lo referente a servicios auxiliares.

En función del esquema de distribución se utilizará un dispositivo de protección u otro.

### **Sobreintensidades**

En el lado de corriente alterna, además de la protección existente en la salida del inversor (protección contra sobretensiones y relés) se instalarán se instalarán interruptores automáticos magnetotérmicos IV/250 A.

### **Sobretensiones**

Una de las incidencias que pueden producirse en la instalación eléctrica es la sobretensión, que se produce cuando la tensión de la red de alimentación de los equipos es muy superior a la nominal. Estas situaciones se producen constantemente en la mayoría de las instalaciones eléctricas. Lo habitual es que se trate de pequeños picos de tensión de muy corta duración, que no afectan significativamente a los aparatos conectados. Este efecto es conocido como sobretensiones transitorias, coloquialmente transitorios. Si estos picos tienen una tensión muy elevada, pueden provocar efectos dañinos. El ejemplo más claro de una sobretensión transitoria es la que se produce por la caída de un rayo sobre un conductor de la red, o en una zona muy cercana, creando corrientes inducidas, aunque no exista contacto físico.

Los protectores contra sobretensiones se utilizan para minimizar los efectos perjudiciales de estos fenómenos. Se utilizan dos tipos principalmente, uno para las sobretensiones transitorias y otro para las sobretensiones permanentes.

Con el objetivo de cumplir lo establecido en la ITC-BT 23 *Protección contra sobretensiones*, el cuadro de protecciones de los servicios auxiliares (SS.AA) incluirá en su interior la paramenta necesaria para la correcta protección frente a sobretensiones de la instalación, tanto permanentes como transitorias.

A su vez, el inversor instalado incluye protecciones contra sobretensiones en el lado de corriente alterna, siguiendo las prescripciones del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de baja tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

#### **8.11.1.6 Puesta a tierra**

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.

Por otra parte, los servicios auxiliares de la instalación fotovoltaica se instalarán bajo el esquema

de distribución TT. Dicho esquema tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se muestra en la siguiente figura:

#### 8.11.1.7 Servicios auxiliares (SS.AA.)

Este apartado tiene por objeto describir todo lo referente a servicios auxiliares de la instalación fotovoltaica y del centro de transformación. Los equipos o instalaciones contemplados como servicios auxiliares son los siguientes:

- Sistemas de monitorización del campo FV, control y antivertido.
- Iluminación y tomas de corriente de la caseta de SS.AA.
- Sistema de seguridad y videovigilancia (CCTV).

Las líneas que abastecen los servicios auxiliares discurrirán enterradas bajo tubo corrugado PE siempre que la instalación sea exterior a la caseta de SS.AA.

Se instalarán las protecciones correspondientes para cumplir la normativa vigente, siguiendo las diferentes instrucciones técnicas complementarias que sean de aplicación, como puede ser la ITC-BT-24 donde se definen las protecciones necesarias contra los contactos directos e indirectos en una instalación.

Para garantizar la continuidad en el servicio, de los servicios de seguridad y control se instalará un equipo de suministro ininterrumpido de energía, que permite mantener el servicio de los equipos esenciales en ausencia de red, un tiempo mínimo mientras se realizan las labores para subsanar los posibles fallos.

#### 8.11.1.8 Sistema de monitorización y control del campo FV

Tendrá exactamente el mismo diseño y funcionalidades que el sistema diseñado para el Sector A.

El objetivo es dotar a las nuevas instalaciones proyectadas de las infraestructuras de monitorización y control necesarias para que pueda realizarse un óptimo funcionamiento de las mismas. En ellas se incluyen:

1. La monitorización y control del campo fotovoltaico como elemento generador de energía.
2. El sistema antivertido por estar su funcionamiento ligado al control de la energía producida en el campo fotovoltaico.

### **8.11.2 Sistema de seguridad y videovigilancia**

En el Sector B se ha diseñado para la cubrir la totalidad de la parcela donde se encuentran campo fotovoltaico y caseta servicios auxiliares. Tendrá exactamente el mismo diseño y funcionalidades que el sistema diseñado para el Sector A.

Como elementos pertenecientes al sistema de intrusión se instalarán un detector de movimiento exterior, un contacto magnético en la puerta de entrada de la zona vallada, una sirena exterior, así como “támper anti sabotaje” en las cajas exteriores que irán sujetas a los báculos que soportan las cámaras del subsistema de CCTV (**9 unidades**) distribuidos por todo el perímetro vallado.

Se dispondrán cámaras fijas IP tipo domo (**1 unidad**) y cámaras térmicas de analítica embebida (**11 unidades**), así como focos de infrarrojos (**7 unidades**) ubicados según Plano n° 9.5.4. “Instalación Fotovoltaica Sector B. Instalaciones. Sistema de videovigilancia” sobre báculos proyectados a lo largo del perímetro del campo fotovoltaico, a una altura de 4 metros.

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 (Rack 24 unidades, sala eléctrica de la estación de bombeo), 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.

## **8.12 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BT Y AUTOMATIZACIÓN SECTOR B**

Se llevará a cabo una instalación eléctrica de BT para alumbrado, fuerza, tomas de corriente, así como automatización, control e instrumentación, en la nueva estación de bombeo.

Según la ITC-BT-04 del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RD 842/2002, de 2 de agosto), aptado 3, las instalaciones del grupo b, *bombas de extracción o elevación de agua, sean industriales o no*, con potencia > 10 kW, precisan elaboración de proyecto para su puesta en servicio.

Se trata de la modernización integral de la zona de riego por gravedad de la Comunidad de Regantes de Mérida – Canal de Lobón (Badajoz), concretamente en la Estación Bombeo del Sector B, de nueva creación.

Con la implantación del presente proyecto, se construirá una nueva estación de bombeo para 6 grupos electrobombas horizontales de cámara partida de 250 kW (3+1R) y 90 kW (2), respectivamente, comandadas por variador de frecuencia, que tomarán el agua de un foso de aspiración lateral, con las correspondientes obras de adaptación.

### 8.12.1 Acometida

La futura instalación en baja tensión y automatización del sector B, dispone de doble acometida subterránea, por un lado, desde la red de distribución pública a través de centro de transformación interior 2x630 kVA tipo cliente, y por otro, desde generación fotovoltaica diseñada en el sector B, formada por 14 inversores trifásicos de 125 kW, lo que conforma una potencia nominal de 1750 kW, aunque inicialmente en la **fase proyectada**, solo serán **6 inversores**, con una potencia total **750 kW**

**Tabla 23.** Tabla de características acometida sector B

<b>ACOMETIDA</b>	<b>TIPO</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>SECCION (mm2)</b>
C trafo	Subterránea 400 V	19	6 (3x240/120) Al RV
Campo FV	Subterránea 400 V	130	8 (4x240) Al RV

La energización convencional de la nueva estación de bombeo se ejecutará según instrucción técnica ITC BT-15 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, sistema de instalación:

#### **Puentes BT trafo-CBTA: Aérea**

**Tramo CBTA-CGD Estación Bombeo:** Bajo tubo de PE de  $\varnothing 200$  mm 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 Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) así como las Especificaciones Particulares 2018 de la Cía. Distribuidora “Edistribución Redes Digitales, SLU”.

### **8.12.2 Previsión de potencia**

La potencia total que demandará la instalación, se resume como sigue, tal y como se observa en el apéndice nº 10 "Cálculos instalación eléctrica y automatización Sector B":

Al cuadro	18 W
R caldeo	100 W
Extractor c/filt 189 m3/h	35 W
Al gal	540 W
Al foso bombas	200 W
Al dependencias	117 W
Al emerg	35 W
Al ext	140 W
C5 Aseos	500 W
C2 Usos varios	500 W
SC TTCC-1	2000 W
SC TTCC-2	2000 W
Central incendios	35 W
Extractor1-4920m3/h	271 W
Extractor2-4920m3/h	271 W
Extractor3-4920m3/h	271 W
CCM Puente grua 3,2t	5850 W
CCM Limpiarrejas conducid	3000 W
CCM Filtro tambor	2250 W
Futura Bomba achique	1100 W
Bomba1-300l/s	250000 W
R caldeo M1	218 W
Bomba2-300l/s	250000 W
R caldeo M2	218 W
Bomba3-300l/s	250000 W
R caldeo M3	218 W
Bomba4-300l/s(R)	250000 W
R caldeo M4	218 W
Bomba5-90l/s	90000 W
R caldeo M5	100 W
Bomba6-90l/s	90000 W
R caldeo M6	100 W
VM 1 DN500	370 W
VM 2 DN500	370 W

VM 3 DN500	370 W
VM 4 DN500	370 W
VM 5 DN300	180 W
VM 6 DN300	180 W
VM 7 DN900	1500 W
C. Automatización	338.2 W
TOTAL....	1207285.25 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 1050

- Potencia Instalada Fuerza (W): 1206235.25

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 0,50 para subcuadros de tomas) y el rendimiento de los motores se ha tomado en función de la potencia de cada uno, según catálogo de fabricante de motores trifásicos de inducción.

Por lo tanto, aplicando un factor de simultaneidad global adecuado (0,74), la **potencia** necesaria será:

$$P = 0,74 \times 1.207.285,25 = 893.391,09 \text{ W} \approx \mathbf{900 \text{ kW}}$$

### **8.12.3 Cuadros eléctricos**

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 cuadro general de mando y protección de la instalación, estación de bombeo sector B, estará situado según se indica en el plano correspondiente; 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

electrozincada 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 plano 7.7 "Estación de Bombeo Sector B. Esquema unifilar BT y Automatización"

Cada elemento susceptible de ser automatizado (bombas, válvulas...) se cableará mediante circuito de señalización (uno por cada parámetro a controlar) formado por cable multifilar Z1C4Z1-K de cobre clase 5, tensión 300/500V, aislamiento libre halógenos, 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 cualquiera otra normativa que le sea afecta.

#### **8.12.4 Instalación eléctrica de alumbrado interior y exterior**

La instalación eléctrica de alumbrado en la instalación proyectada arranca del cuadro general de distribución (CGMP) que alimenta directamente la estación de bombeo, hasta los receptores de alumbrado, situados como puede verse en el plano 7.5.2 "Estación Bombeo Sector B. Instalaciones. Instalación eléctrica de alumbrado y TTCC".

Se realizará el estudio para la zona de bombas, por ser esta la única con representatividad, considerando que una buena iluminación es un factor de productividad y rendimiento en el trabajo, además de aumentar la seguridad del personal. Para el cálculo de las luminarias y su distribución se hará uso de un programa de diseño de alumbrado por ordenador, DIALux evo, versión 5.10.1.58862.

En la estación de bombeo, zona general, debido a sus características geométricas y altura de montaje ( $H > 4$  m), se emplean 6 luminarias colgadas en estructura tipo "campana", protección IP65 clase I, incluyendo lámpara led de 90W. Sin embargo, en el foso de bombas, para la iluminación de refuerzo, debido a sus características geométricas y altura de montaje ( $H < 4$  m), se emplean 5 luminarias de adosar tipo "pantalla", protección IP65 clase I, incluyendo lámpara led de 40W, según se observa en planos. En el aseo, con un uso más esporádico, se elige luminaria tipo downlight potencia 18 W led empotrable en falso techo.

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60598-2-3:2003/A1:2011 Luminarias. Parte 2-3: Requisitos particulares. Luminarias para alumbrado público y UNE-EN 60598-2-5:2016 Luminarias. Parte 2-5: Requisitos particulares. Proyectores.

Se empleará proyector de led de 70 W (2 unidades). Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54, según UNE-EN 60529:2018 *Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)* e IK 08 según UNE-EN 50102

CORR:2002 *Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK), a una altura mínima de 2,5 m.*

#### **8.12.5 Puesta a tierra**

Para el cálculo de la resistencia del electrodo tenemos un valor aproximado de la resistividad del terreno de  $\rho = 50 \Omega\text{m}$ , al ejecutarse la estación de bombeo sobre terraplén húmedo, según se observa en la tabla 4 de la instrucción técnica ITC-BT-18 del REBT

El electrodo en la puesta a tierra de la **estación de bombeo sector B**, se puede constituir mediante 5 m de conductor de cobre desnudo de  $35 \text{ mm}^2$ , con lo que se obtendrá una resistencia de tierra de 80 ohmios.

Por buena práctica constructiva, se coserá perimetralmente la cimentación de la estación de bombeo, lo que debido a su configuración PB+FOSO, genera una longitud de 83,5 m de conductor desnudo cobre sección  $35 \text{ mm}^2$ .

### **8.13 ESTACIÓN DE BOMBEO: EQUIPOS DE BOMBEO**

Los caudales y presiones necesarias para el riego de los dos subsectores de bombeo. Son los siguientes:

- Sector A
  - Caudal de bombeo: 1.420 l/s
  - Presión de bombeo: 63 mca (proporcionado por la bomba)
  - Superficie regada: 1.207 ha
  
- Sector B
  - Caudal de bombeo: 1.071 l/s
  - Presión de bombeo: 62 mca (proporcionado por la bomba)
  - Superficie regada: 816 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.

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 se ejecutarán en fosos deprimidos respecto al Canal de Lobón que abastece cada bombeo.
- Se diseña un conjunto de seis bombas más una de reserva para abastecer cada sector.
- Las bombas deberán funcionar a distintos puntos de caudal y de presión de salida para poder ajustarlas a lo largo de la campaña a las necesidades de presión que demande la red de riego.

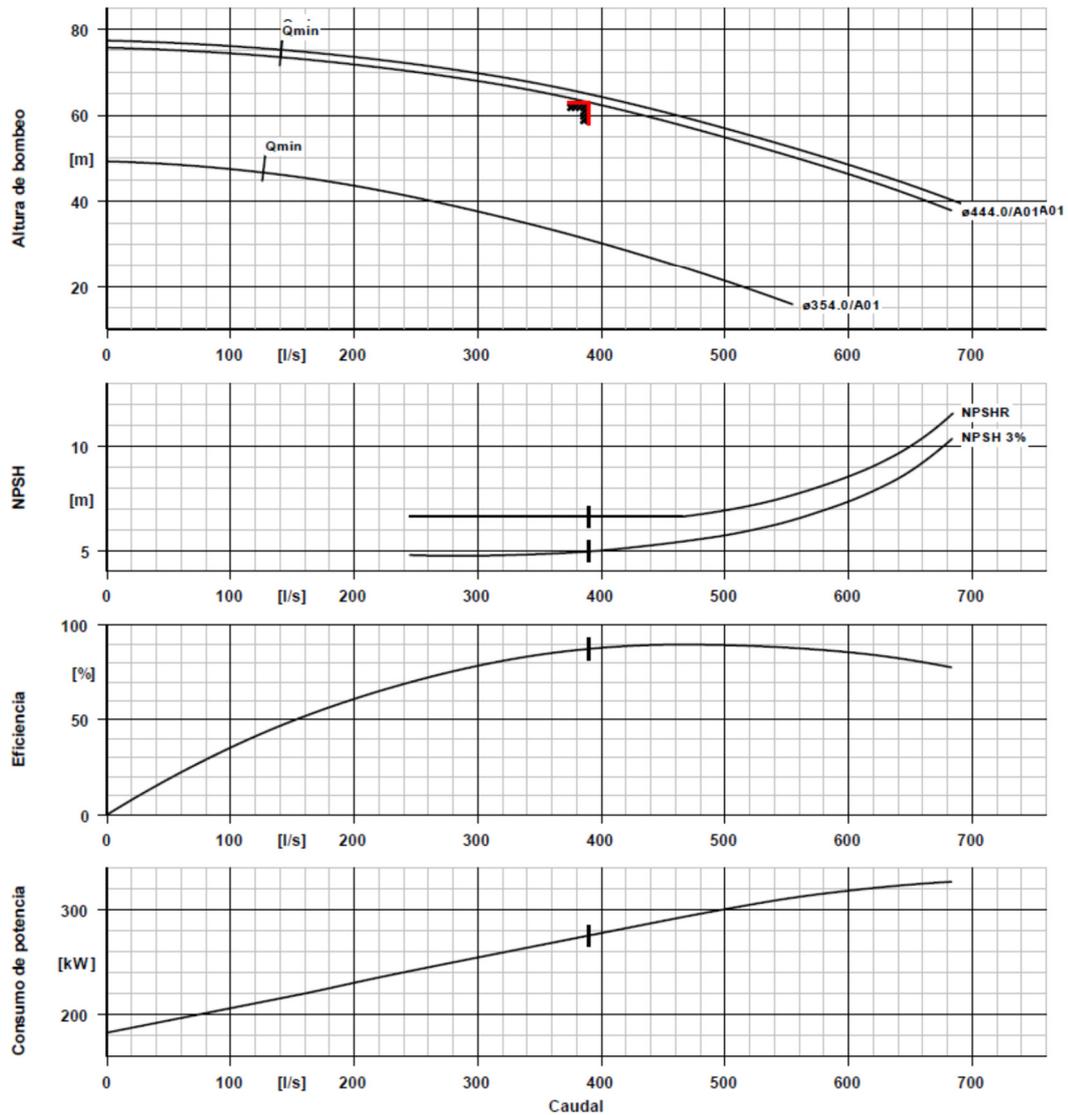
Se diseñará un sistema de bombeo de forma que las bombas más grandes proporcionen entre el 25-30% del caudal total y las más pequeñas sean capaces de suministrar menos del 5% de dicho caudal total.

#### **8.13.1 Sistema de bombeo del Sector A**

Con base en lo indicado, se diseña un sistema de bombeo con una presión de funcionamiento de 63 mca, con una curva altura-caudal que permita que pueda operar a algo menos de altura de bombeo (por si fuera posible bajar la presión de consigna de funcionamiento, una vez que se vaya desarrollando el patrón de riego de los regantes) y que con la regulación de variadores de velocidad se obtenga un rango de caudales importante. Se decide diseñar con 6 bombas (5 funcionando y una de reserva). Para cubrir todo el posible rango de caudales se instalarán bombas de 390 l/s (4 bombas, siendo una la de reserva) y otras de 135 l/s (2 bombas). Por tanto, en máxima demanda funcionarían 3 bombas de 390 l/s y 2 de 135 l/s, lo que haría un total de 1.440 l/s. Este caudal total es ligeramente superior al de diseño de la red de riego con lo que se garantiza cubrir la demanda (1.440 l/s frente a 1.420 l/s).

A continuación, para cada tipo de bombas 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.

➤ **BOMBAS DE 390 l/s**



**Datos de curvas**

Velocidad de giro	1492 rpm	Eficiencia	87,4 %
Densidad del fluido	998 kg/m <sup>3</sup>	Absorción de potencia	275,35 kW
Viscosidad	1,00 mm <sup>2</sup> /s	NPSHR	6,64 m
Corriente volumétrica	390,000 l/s	NPSH 3%	4,98 m
Caudal bombeado	390,000 l/s		
requerido		Diámetro efectivo del rodete	444,0 mm
Altura de bombeo	63,00 m	Estándar de aceptación	ISO 9906 2B
Altura de bombeo requerida	63,00 m		

**Figura 30.** Curvas características de bomba de 390 l/s a 63 mca

La bomba elegida para elevar presentará un rendimiento hidráulico  $\eta_1=87,4 \%$ , por lo que la potencia absorbida en ese punto de funcionamiento será:

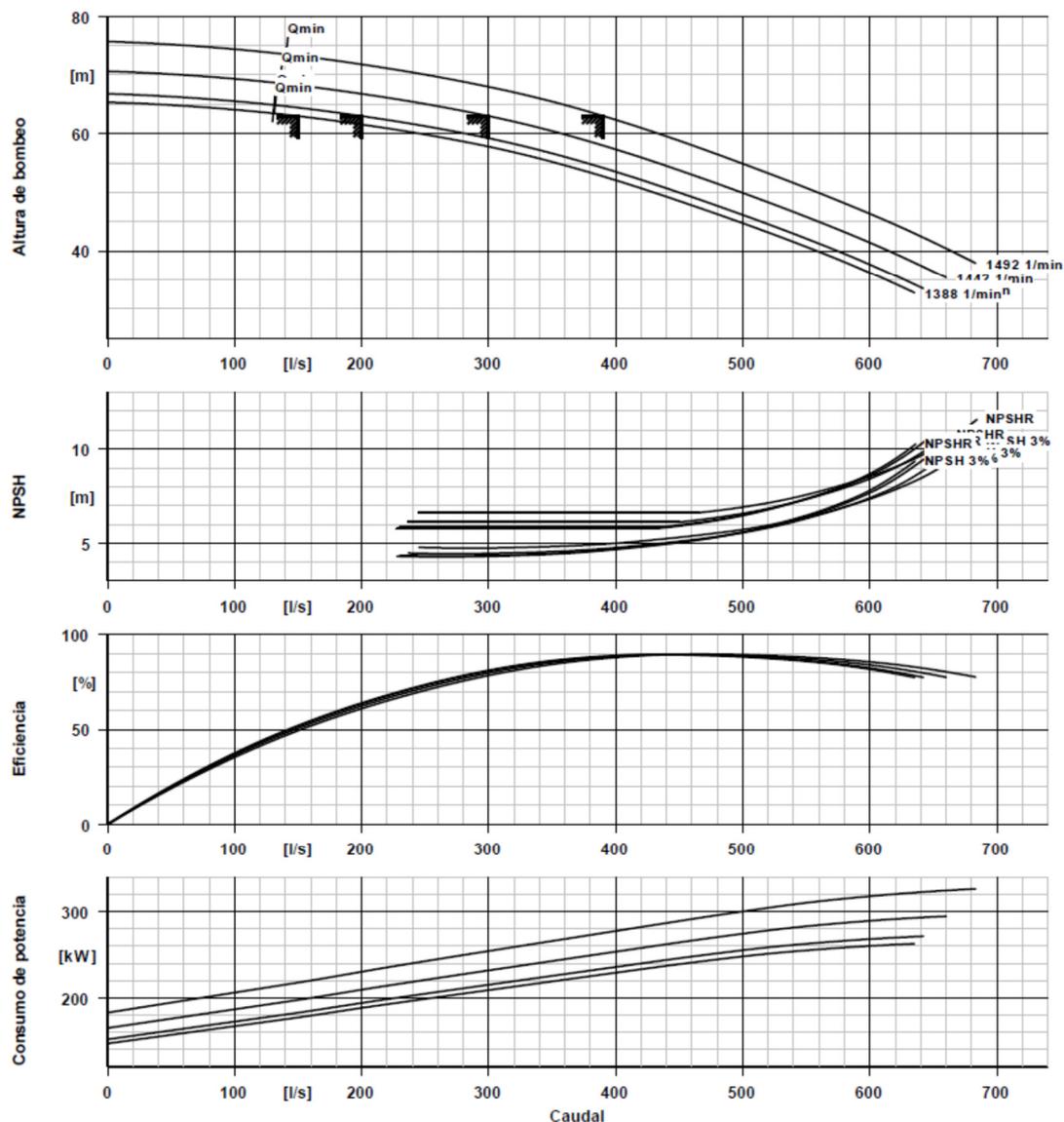
$$P_{\text{absorbida}} = \frac{Q \times H}{75 \times \eta_1} = \frac{390 \times 63}{75 \times 0,874} = 374,8 \text{ CV} = 275,8 \text{ kW}$$

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

$$P_T = \frac{PP_{\text{absorbida}}}{\eta_2} = \frac{275,8}{0,95} = 290,3 \text{ kW}$$

De la curva de funcionamiento de la bomba se deduce que el motor que se deberá instalar será de 315 kW.

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:

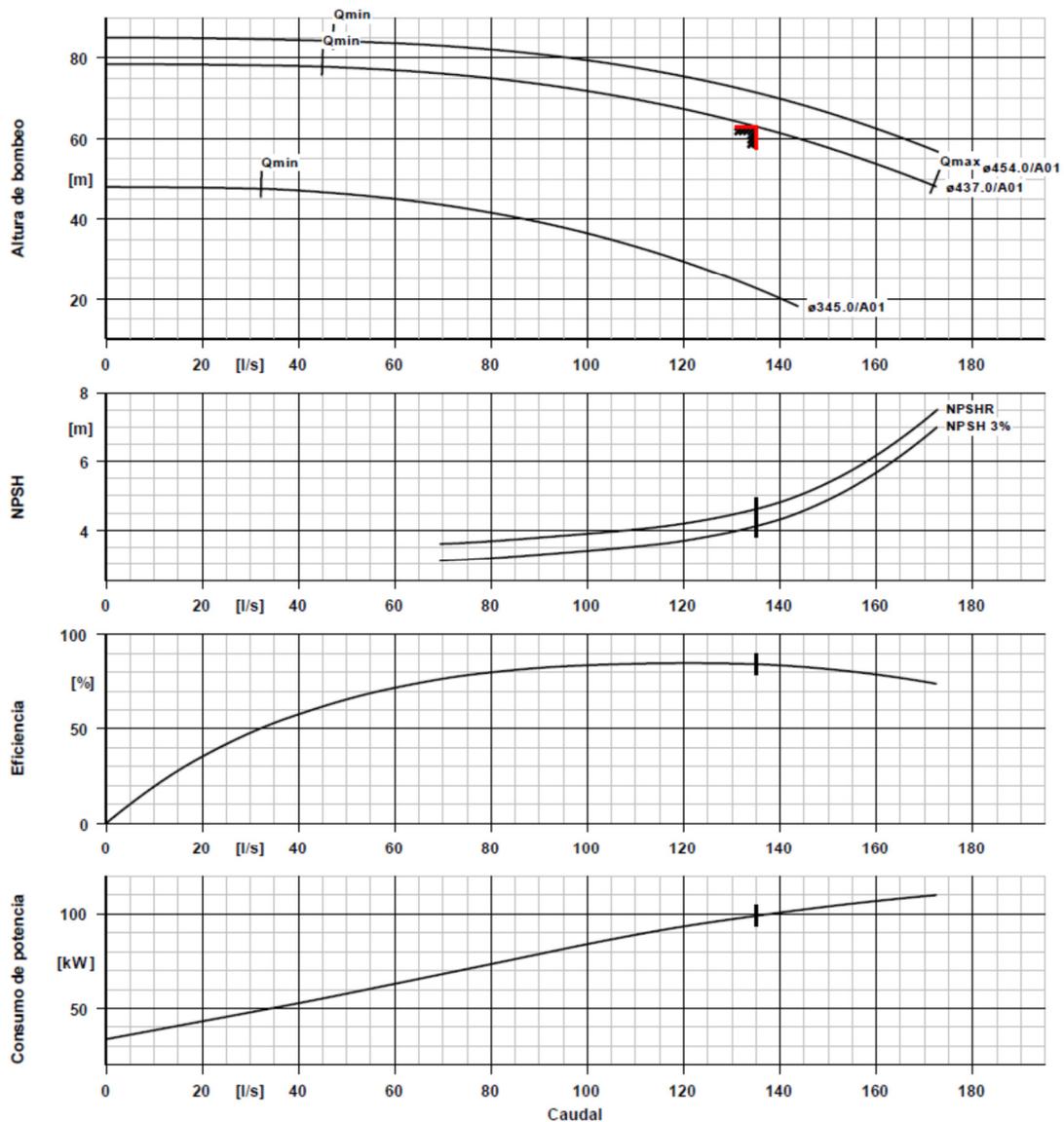


**Figura 31.** Curvas características de bomba de 390 l/s a 63 mca a distintas revoluciones

En la siguiente tabla, obtenidos de las anteriores curvas, se muestran para una altura de bombeo fija (63 mca), distintos valores de caudal obtenidos para distintas revoluciones, la potencia hidráulica consumida, su rendimiento y el valor de NPSH:

**Tabla 24.** Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 390 l/s a 63 mca

Hz/rpm	Q (l/s)	P Hidráulica (kW)	Rend hidr (%)	NPSHr (mca)
50,0/1492	390	275,8	87,4	6,6
48,32/1442	300	236,8	78,9	6,1
47,02/1403	200	198,3	60,7	6,1
46,5/1388	150	181,8	55,8	3,0

**➤ BOMBAS DE 135 l/s**

**Datos de curvas**

Velocidad de giro	1489 rpm	Eficiencia	84,2 %
Densidad del fluido	998 kg/m <sup>3</sup>	Absorción de potencia	98,96 kW
Viscosidad	1,00 mm <sup>2</sup> /s	NPSHR	4,61 m
Corriente volumétrica	135,000 l/s	NPSH 3%	4,12 m
Caudal bombeado	135,000 l/s		
requerido		Diámetro efectivo del rodete	437,0 mm
Altura de bombeo	63,00 m	Estándar de aceptación	ISO 9906 2B
Altura de bombeo requerida	63,00 m		

**Figura 32.** Curvas características de bomba de 135 l/s a 63 mca

La bomba elegida para elevar presentará un rendimiento hidráulico  $\eta_1=84,2 \%$ , por lo que la potencia absorbida en ese punto de funcionamiento será:

$$P_{\text{absorbida}} = \frac{Q \times H}{75 \times \eta_1} = \frac{135 \times 63}{75 \times 0,842} = 134,7 \text{ CV} = 99,1 \text{ kW}$$

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

$$P_T = \frac{P_{\text{absorbida}}}{\eta_2} = \frac{99,1}{0,95} = 104,3 \text{ kW}$$

De la curva de funcionamiento de la bomba se deduce que el motor que se deberá instalar será de 110 kW.

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:

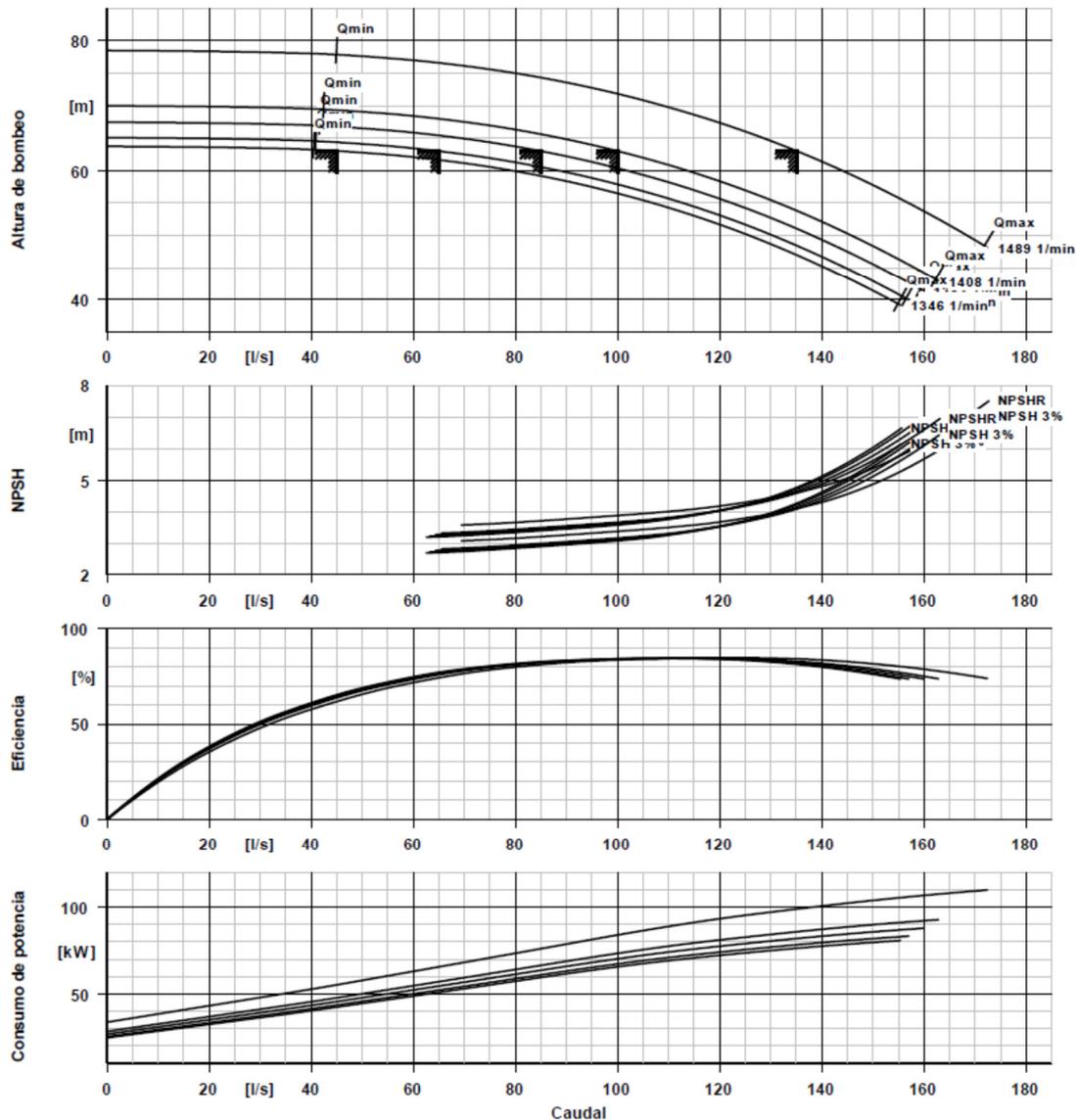


Figura 33. Curvas características de bomba de 135 l/s a 63 mca a distintas revoluciones

En la siguiente tabla, obtenidos de las anteriores curvas, se muestran para una altura de bombeo fija (63 mca), distintos valores de caudal obtenidos para distintas revoluciones, la potencia hidráulica consumida, su rendimiento y el valor de NPSH:

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

Hz/rpm	Q (l/s)	P Hidráulica (kW)	Rend hidr (%)	NPSHr (mca)
50/ 1489	135	99,1	84,2	4,6
47,3/1408	100	76,4	82,6	3,7
46,4/1383	85	63,2	80,7	3,2
45,65/1359	65	55,9	77,4	3,0
45,2/1346	45	41,8	60,8	3,0

El caudal mínimo proporcionado (45 l/s) se considera suficiente tanto para el llenado y cebado

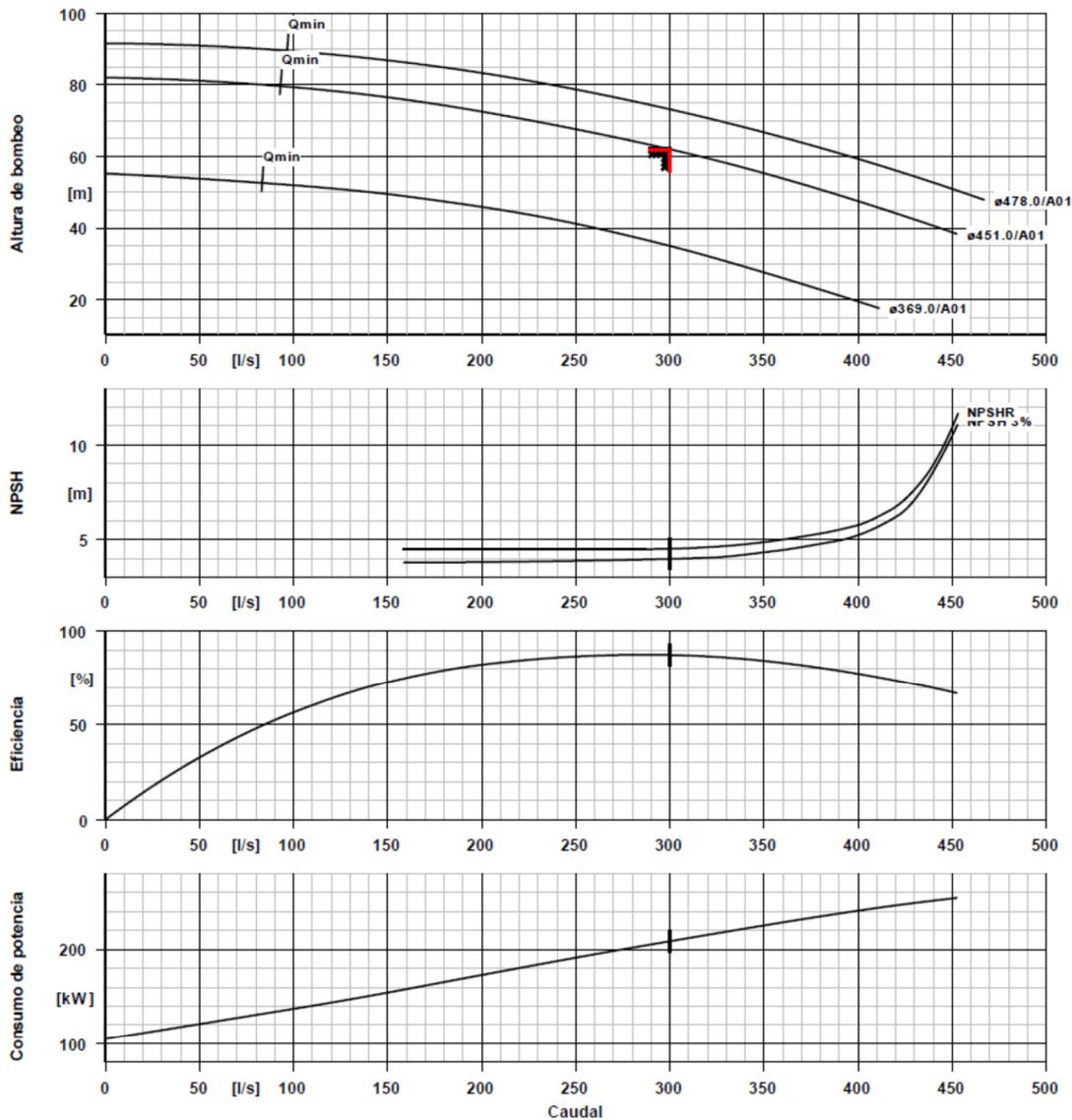
de la red como para mantener el riego si solo una pequeña parte de la superficie se estuviera regando. Este caudal de 45 l/s equivale aproximadamente a que solo regara el 3,2 % de todo el subsector, siendo muy improbable que riegue menos de un 5-10 %. Con los puntos de funcionamiento mostrados a las distintas revoluciones que proporcionan los variadores de frecuencia, se comprueba que se podrán cubrir todos los posibles caudales demandados por la red de riego.

### **8.13.2 Sistema de bombeo del Sector B**

Con base en lo indicado, se diseña un sistema de bombeo con una presión de funcionamiento de 62 mca, con una curva altura-caudal que permita que pueda operar a algo menos de altura de bombeo (por si fuera posible bajar la presión de consigna de funcionamiento, una vez que se vaya desarrollando el patrón de riego de los regantes) y que con la regulación de variadores de velocidad se obtenga un rango de caudales importante. Se decide diseñar con 6 bombas (5 funcionando y una de reserva). Para cubrir todo el posible rango de caudales se instalarán bombas de 300 l/s (4 bombas, siendo una la de reserva) y otras de 90 l/s (2 bombas). Por tanto, en máxima demanda funcionarían 3 bombas de 300 l/s y 2 de 90 l/s, lo que haría un total de 1.080 l/s. Este caudal total es ligeramente superior al de diseño de la red de riego con lo que se garantiza cubrir la demanda (1.080 l/s frente a 1.071 l/s).

A continuación, para cada tipo de bombas 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.

➤ **BOMBAS DE 300 l/s**



**Datos de curvas**

Velocidad de giro	1492 rpm	Eficiencia	87,3 %
Densidad del fluido	998 kg/m <sup>3</sup>	Absorción de potencia	208,54 kW
Viscosidad	1,00 mm <sup>2</sup> /s	NPSHR	4,52 m
Corriente volumétrica	300,000 l/s	NPSH 3%	3,98 m
Caudal bombeado	300,000 l/s	Diámetro efectivo del rodete	451,0 mm
requerido		Estándar de aceptación	ISO 9906 2B
Altura de bombeo	62,00 m		
Altura de bombeo requerida	62,00 m		

**Figura 34.** Curvas características de bomba de 300 l/s a 62 mca

La bomba elegida para elevar presentará un rendimiento hidráulico  $\eta_1=87,3 \%$ , por lo que la potencia absorbida en ese punto de funcionamiento será:

$$P_{\text{absorbida}} = \frac{Q \times H}{75 \times \eta_1} = \frac{300 \times 62}{75 \times 0,873} = 284,1 \text{ CV} = 209,1 \text{ kW}$$

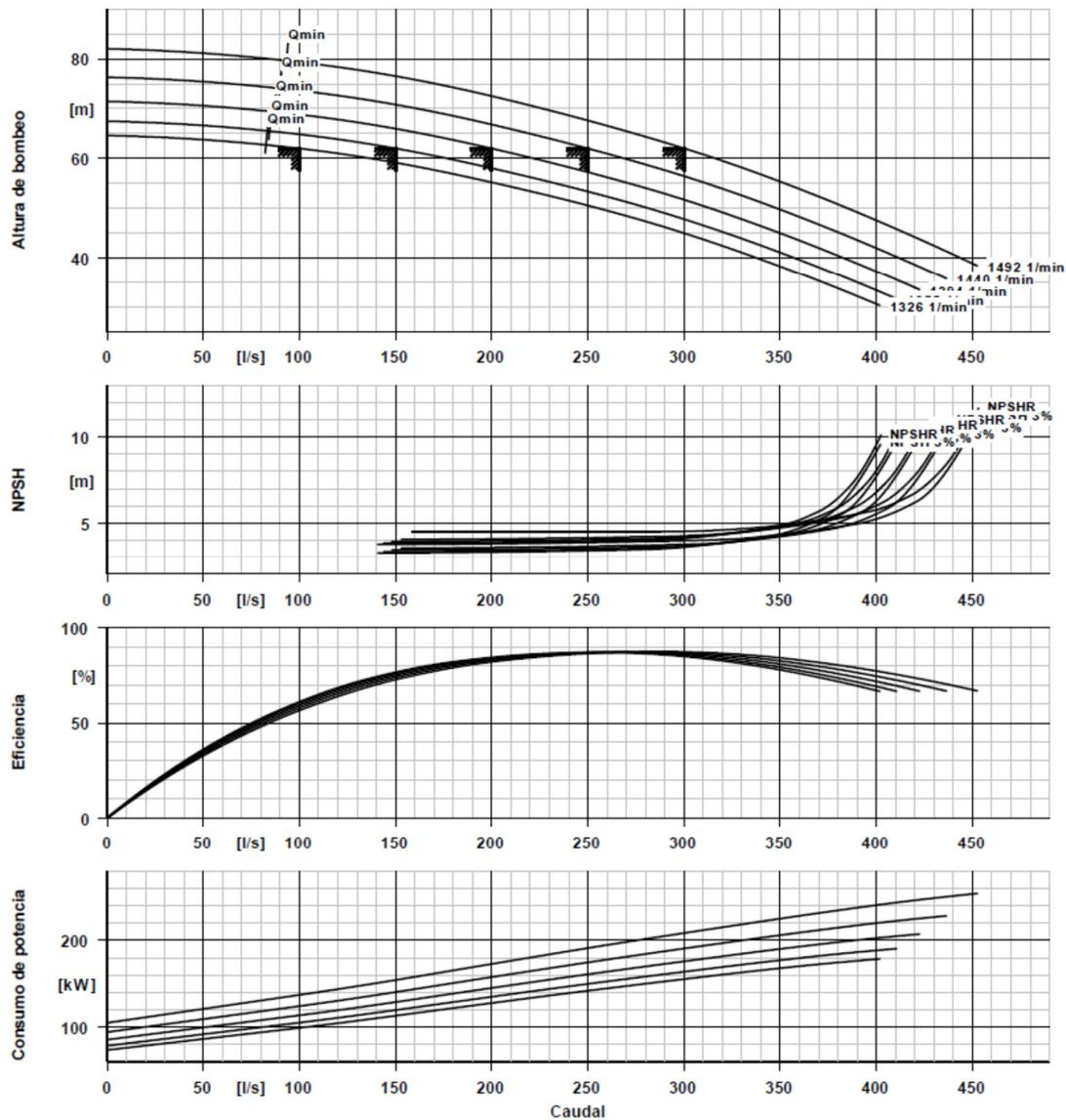
Siendo  $\eta_2$  el rendimiento mecánico del motor (95 % rendimiento indicado por fabricante), en el

punto de funcionamiento, la potencia total será:

$$P_T = \frac{PP_{\text{absorbida}}}{\eta_2} = \frac{209,1}{0,95} = 220,1 \text{ kW}$$

De la curva de funcionamiento de la bomba se deduce que el motor que se deberá instalar será de 250 kW.

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:



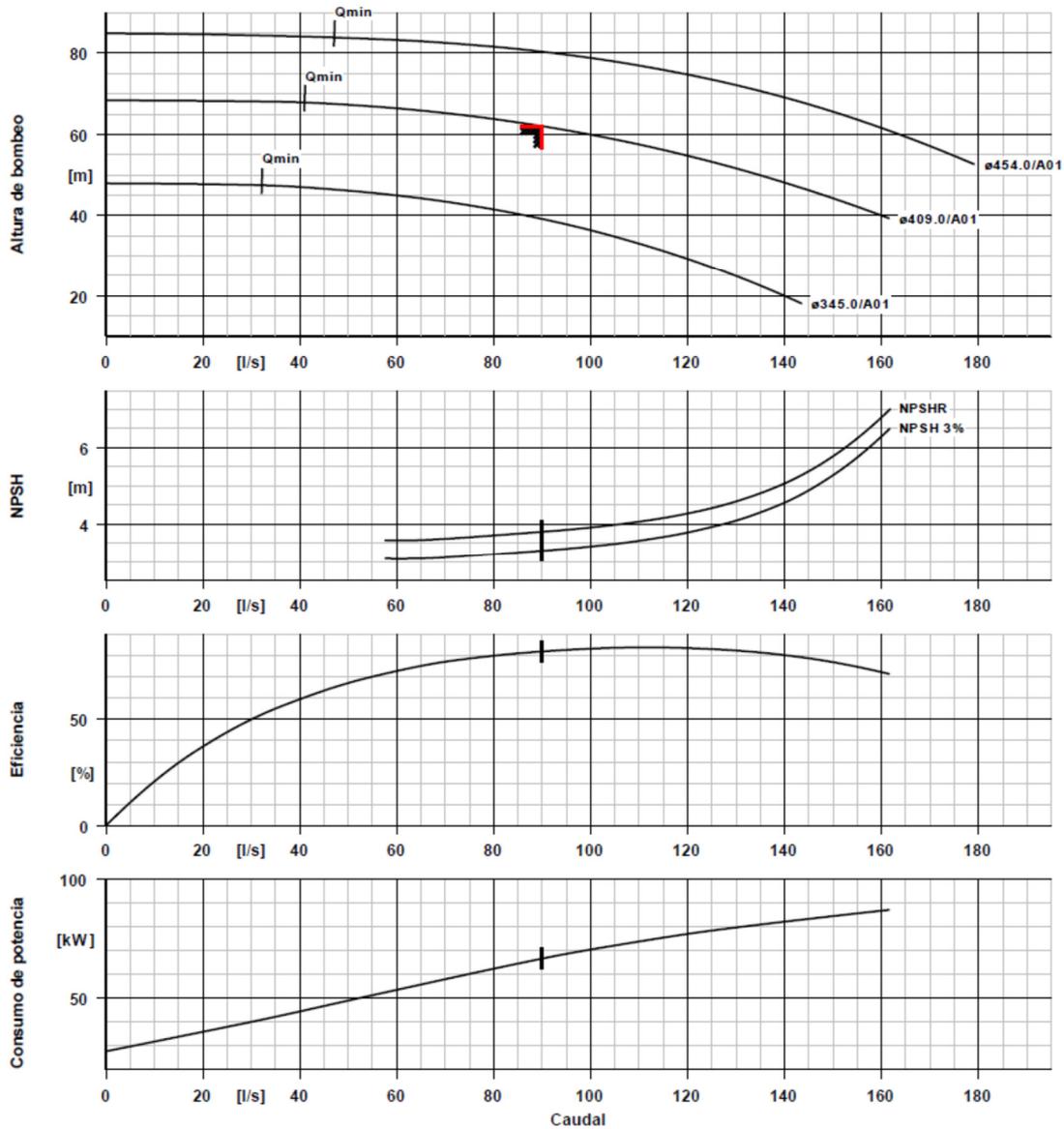
**Figura 35.** Curvas características de bomba de 300 l/s a 62 mca a distintas revoluciones

En la siguiente tabla, obtenidos de las anteriores curvas, se muestran para una altura de bombeo

fija (62 mca), distintos valores de caudal obtenidos para distintas revoluciones, la potencia hidráulica consumida, su rendimiento y el valor de NPSH:

**Tabla 26.** Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 300 l/s a 62 mca

<b>Hz/rpm</b>	<b>Q (l/s)</b>	<b>P Hidráulica (kW)</b>	<b>Rend hidr (%)</b>	<b>NPSHr (mca)</b>
50/1492	300	209,1	87,3	4,5
48,25/1440	250	177,5	86,6	2,9
46,7/1394	200	147,9	81,8	2,9
45,4/1355	150	120,5	78,1	2,9
44,43/1326	100	99,6	61,2	2,9

**➤ BOMBAS DE 90 l/s**

**Datos de curvas**

Velocidad de giro	1489 rpm	Eficiencia	82,1 %
Densidad del fluido	998 kg/m <sup>3</sup>	Absorción de potencia	66,60 kW
Viscosidad	1,00 mm <sup>2</sup> /s	NPSHR	3,80 m
Corriente volumétrica	90,000 l/s	NPSH 3%	3,30 m
Caudal bombeado	90,000 l/s		
requerido		Diámetro efectivo del rodete	409,0 mm
Altura de bombeo	62,00 m	Estándar de aceptación	ISO 9906 2B
Altura de bombeo requerida	62,00 m		

**Figura 36.** Curvas características de bomba de 90 l/s a 62 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:

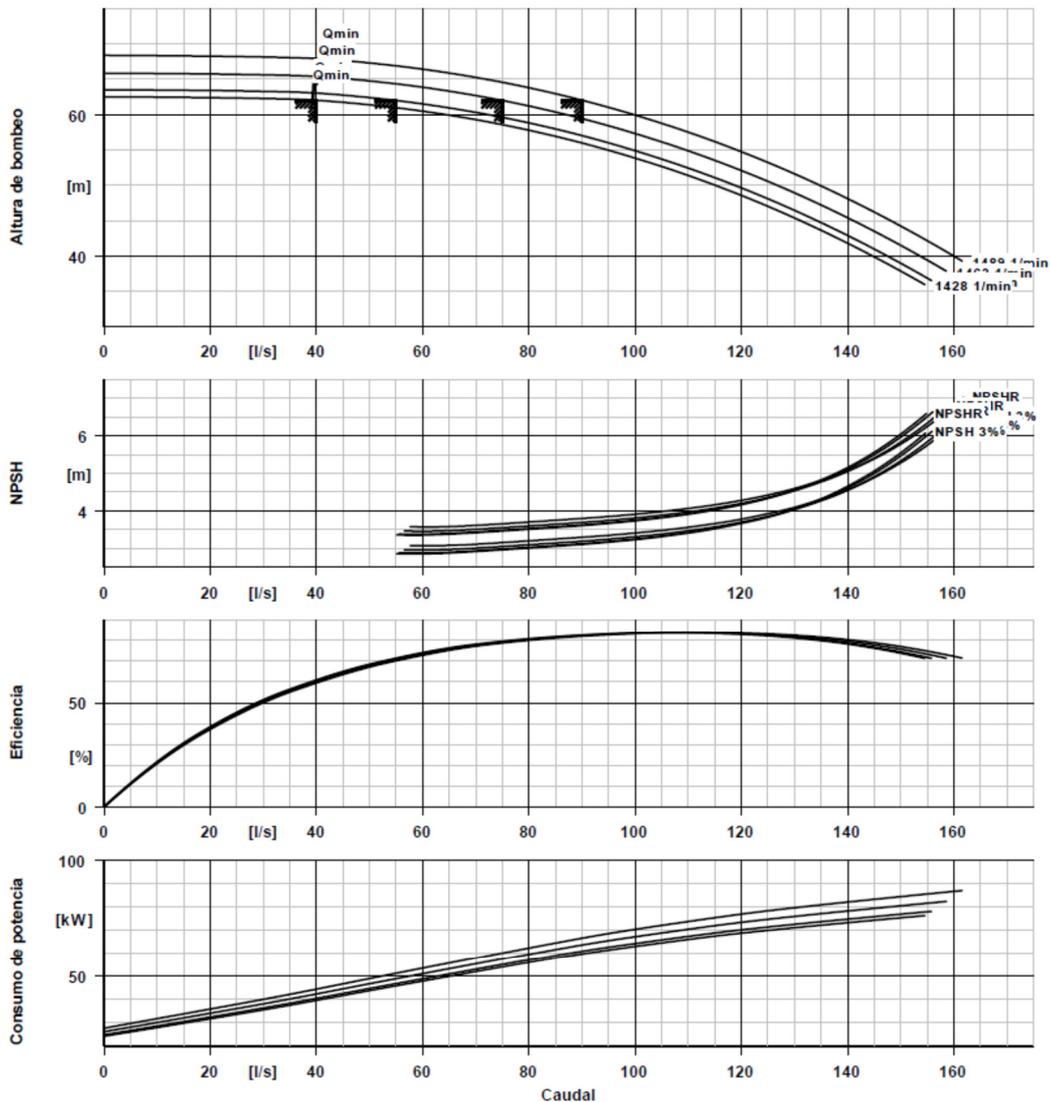
$$P_{\text{absorbida}} = \frac{Q \times H}{75 \times \eta_1} = \frac{90 \times 62}{75 \times 0,821} = 90,6 \text{ CV} = 66,7 \text{ kW}$$

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

$$P_T = \frac{PP_{\text{absorbida}}}{\eta_2} = \frac{66,7}{0,95} = 70,2 \text{ kW}$$

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

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:


**Datos de curvas**

Densidad del fluido	998 kg/m <sup>3</sup>	Altura de bombeo	62,00 m
Viscosidad	1,00 mm <sup>2</sup> /s	Altura de bombeo requerida	62,00 m
Corriente volumétrica	90,000 l/s	Diámetro efectivo del rodete	409,0 mm
Caudal bombeado requerido	90,000 l/s		

**Figura 37.** Curvas características de bomba de 90 l/s a 62 mca a distintas revoluciones

En la siguiente tabla, obtenidos de las anteriores curvas, se muestran para una altura de bombeo fija (62 mca), distintos valores de caudal obtenidos para distintas revoluciones, la potencia hidráulica consumida, su rendimiento y el valor de NPSH:

**Tabla 27.** Rendimientos y valores de NPSH de la bomba de 90 l/s a 62 mca

Hz/rpm	Q (l/s)	P Hidráulica (kW)	Rend hidr (%)	NPSHr (mca)
50 / 1489	90	66,7	82,1	3,8
49,12 / 1463	75	57,5	79,3	3,1
48,28 / 1438	55	47,8	71,3	3,0
47,95 / 1428	40	34,8	60,4	3,0

El caudal mínimo proporcionado (40 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 40 l/s equivale aproximadamente a que solo regara el 3,7 % de todo el subsector, siendo muy improbable que riegue menos de un 5-10 %. Con los puntos de funcionamiento mostrados a las distintas revoluciones que proporcionan los variadores de frecuencia, se comprueba que se podrán cubrir todos los posibles caudales demandados por la red de riego.

### 8.13.3 Potencia instalada y potencia consumida

Con base en 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).

#### 8.13.3.1 Estación de bombeo del Sector A

**Tabla 28.** Potencias de los grupos de bombeo Sector A

Q (l/s)	H (mca)	Potencia hidráulica (kW)	Potencia eléctrica (kW)	Potencia eléctrica mayorada (kW) (*)	Potencia motor (kW)
390	63	275,8	290,3	305	315,00
135	63	99,1	104,3	110	110,00

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

La potencia máxima instalada será:

$$\text{Potencia máxima (motor)} = 315 \text{ kW} \times 3 \text{ bombas} + 110 \text{ kW} \times 2 \text{ bombas} = \mathbf{1.165 \text{ kW}}$$

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

$$\text{Potencia máxima demandada} = 305 \text{ kW} \times 3 \text{ bombas} + 110 \text{ kW} \times 2 \text{ bombas} = \mathbf{1.135 \text{ kW}}$$

Como potencia máxima demandada (absorbida realmente por la bomba) se tomará 1.140 kW para compensar las pérdidas en cableados interiores de la estación de bombeo hasta los variadores de frecuencia.

#### 8.13.3.2 Estación de bombeo del Sector B

**Tabla 29.** Potencias de los grupos de bombeo Sector B

Q (l/s)	H (mca)	Potencia hidráulica (kW)	Potencia eléctrica (kW)	Potencia eléctrica mayorada (kW) (*)	Potencia motor (kW)
300	62	209,1	220,1	231	250,00
90	62	66,7	70,2	74	90,00

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

La potencia máxima instalada será:

$$\text{Potencia máxima (motor)} = 250 \text{ kW} \times 3 \text{ bombas} + 90 \text{ kW} \times 2 \text{ bombas} = \mathbf{930 \text{ kW}}$$

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

$$\text{Potencia máxima demandada} = 231 \text{ kW} \times 3 \text{ bombas} + 74 \text{ kW} \times 2 \text{ bombas} = \mathbf{841 \text{ kW}}$$

Como potencia máxima demandada (absorbida realmente por la bomba) se tomará 850 kW para compensar las pérdidas en cableados interiores de la estación de bombeo hasta los variadores de frecuencia.

#### 8.13.4 Determinación de altura-presión de los bombeos

Una vez calculadas las pérdidas de carga que se producen en las nuevas estaciones de bombeo, y considerando las cotas geométricas de los distintos elementos, se podrán obtener las presiones disponibles al comienzo de la red de riego (a la salida de las estaciones de bombeo).

##### 8.13.4.1 Estación de bombeo del Sector A

Las bombas se instalarán en un foso de manera que estén en carga desde el Canal de Lobón, luego la cota del bombeo a usar en los cálculos hidráulicos vendrá dada por la altura de la lámina de agua en el canal. En base a los cálculos realizados de pérdidas de carga en el bombeo y las cotas obtenidas con los trabajos topográficos, se dispone de los siguientes datos de partida:

- Pérdidas de carga aspiración = 0,057 mca

- Perdidas de carga impulsión = 0,274 mca
- Cota solera canal = 198,5 m.s.n.m.
- Lámina de agua en canal = 2 m

Con estos datos se podrá calcular la presión disponible al comienzo de la red de riego para el caudal más desfavorable del nuevo bombeo, así como la cota topográfica e hidráulica. Para las presiones de las nuevas bombas funcionando a 63 mca se consigue la siguiente presión en cabecera:

$$\text{Presión disponible a salida de bombas a 63 mca} = 63 - 0,057 - 0,274 = \mathbf{62,67 \text{ mca}}$$

$$\text{Cota hidráulica} = 198,5 + 2 = \mathbf{200,5 \text{ mca}}$$

#### 8.13.4.2 Estación de bombeo del Sector B

Las bombas se instalarán en un foso de manera que estén en carga desde el Canal de Lobón, luego la cota del bombeo a usar en los cálculos hidráulicos vendrá dada por la altura de la lámina de agua en el canal. En base a los cálculos realizados de pérdidas de carga en el bombeo y las cotas obtenidas con los trabajos topográficos, se dispone de los siguientes datos de partida:

- Perdidas de carga aspiración = 0,031 mca
- Perdidas de carga impulsión = 0,207 mca
- Cota solera canal = 196,8 m.s.n.m.
- Lámina de agua en canal = 2 m

Con estos datos se podrá calcular la presión disponible al comienzo de la red de riego para el caudal más desfavorable del nuevo bombeo, así como la cota topográfica e hidráulica. Para las presiones de las nuevas bombas funcionando a 62 mca se consigue la siguiente presión en cabecera:

$$\text{Presión disponible a salida de bombas a 62 mca} = 62 - 0,031 - 0,207 = \mathbf{61,76 \text{ mca}}$$

$$\text{Cota hidráulica} = 196,8 + 2 = \mathbf{198,8 \text{ mca}}$$

## 8.14 RED DE RIEGO

En el Anejo Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se realiza el dimensionamiento de las nuevas redes de riego de la Comunidad de Regantes de Mérida, por lo que se fijarán los criterios de diseño a emplear para cada uno de los elementos que la componen.

En el proyecto de modernización se distinguen distintos niveles en la red de riego que partiendo desde el Canal de Lobón 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 niveles en los que se divide el proyecto son los siguientes:

4. Red primaria. Es la que parte de la estación de bombeo de cada Sector y llega hasta los hidrantes individuales o hidrantes colectivos de los sectores. Los hidrantes colectivos son los armarios donde se encuentran concentrados los contadores de varias parcelas que riegan desde dicho hidrante colectivo. Dada la escasa diferencia de cota dentro de la zona regable, estas redes son presurizadas mediante bombeos, dividiéndose en dos sectores denominados Sector A y Sector B. Estos sectores vienen dados por la distribución de las parcelas de riego respecto al Canal de Lobón y al río Guadiana. La zona regable tiene una forma alargada con 4 tomas a lo largo del Canal de Lobón (Toma a, Toma A, Toma B y Toma C) y el río Guadiana describe en su recorrido una serie de meandros estando uno de ellos casi lindando con el Canal de Lobón, por lo que la zona regable queda dividida naturalmente en dos subzonas: una la que se ha denominado Sector A (que incluye la superficie dominada por las Tomas a y A) y otra el denominado Sector B (que incluye la superficie dominada por las Tomas B y C).
5. Red secundaria. Es la que parte de cada uno de los contadores de cada hidrante colectivo y llega a cada parcela (donde se instalará una toma de parcela).
6. 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 y deberá ser acometida por los regantes, de forma adecuada al caudal y presión proporcionados. A cada parcela, en función de su superficie, se asignará su caudal correspondiente.

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

##### **8.14.1.1 Caudales de parcela y de los hidrantes**

En el Anejo 3 «Estudio agronómico» se ha determinado un caudal ficticio continuo de 0,742 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 a los hidrantes individuales y 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, por la distribución de la propiedad existente en la zona regable, donde las parcelas en algunas zonas pueden ser 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 cultivo representativo en la zona regable 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 ésta 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 también se tiene por qué considerar lo que se denomina jornada efectiva de riego (JER), por ser un sistema de riego que funciona con bombeo desde cabecera.

En el caso de la zona regable, es el tomate el cultivo de mayor consumo en el mes de julio (la alfalfa es algo mayor, pero hay muy poca superficie dedicada a ella), que se estima que es de 268,62 mm/mes netos. Al aplicar la eficiencia en parcela del 95% (ver Anejo nº 3) a las necesidades netas se obtendrán unas necesidades brutas de riego de 282,76 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 y en este epígrafe se está a nivel aguas abajo de hidrante).

$$N_r \text{ maíz (mm/mes)} = N_n \text{ maíz (mm/mes)} / E_a \text{ maíz (\%)} = 268,62 / 0,95 = 282,76 \text{ mm/mes}$$

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

$$q = N_r \cdot \frac{10000}{(24 \cdot 3600 \cdot 31)} = 1,056 \frac{l}{s \cdot ha}$$

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

Para el diseño de las instalaciones se ha supuesto que la jornada efectiva de riego (JER) será de 18 h, por lo que el rendimiento de la red será:

$$r = \frac{JER}{24} = \frac{18}{24} = 0,75$$

El caudal que consideraremos a nivel de parcela sería:

$$q_r = \frac{q}{r} = \frac{1,056}{0,75} = 1,408 \frac{l}{s \cdot ha}$$

En la zona regable existe un 36,18% de superficie dedicada a almendro, frutales, olivar y viña, por lo que se debe proporcionar un caudal para el diseño de los hidrantes individuales e hidrantes colectivos (contadores, tomas de parcela y red secundaria) que permita hacer el menor número de sectores de riego en parcela.

Para este tipo de cultivos, una disposición del sistema de riego muy frecuente es utilizar líneas de goteo integrado con 1 gotero autocompensante cada metro de 2 l/h y disponiendo dos líneas por cada fila de cultivo (intensivo con calles cada 6 m, luego se necesitan 2 x 1.667 m de tubería portagoteros). Si, además, se considera una variación del caudal del gotero del 5 %, el caudal necesario para riego de olivar sería de 1,95 l/s ha.

$$q = (2 \times 3.334) / (3600 \times 0,95) = 1,95 \text{ l/s ha}$$

**Por tanto, con un caudal de 2 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 diseñen los hidrantes individuales y los hidrantes colectivos (acometidas a dichos hidrantes colectivos, los contadores que abastecen cada parcela, la red secundaria que va desde los armarios de los hidrantes colectivos hasta las parcelas de riego y las tomas que se instalen en cada parcela). Los sistemas de riego por aspersión se tendrán que adecuar a estas condiciones de caudal y diseñar la sectorización necesaria en parcela.**

#### 8.14.1.2 Caudales de la red de distribución primaria

Es la red de tuberías que parte de cada estación de bombeo y llega hasta los hidrantes individuales o colectivos de los distintos sectores.

En el Anejo 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 0,742 l/s·ha.

Para el diseño de las instalaciones se ha supuesto que la jornada efectiva de riego (JER) será de 18 h, por lo que el rendimiento de la red será:

$$r = \frac{JER}{24} = \frac{18}{24} = 0,75$$

El caudal que consideraremos a nivel de parcela sería:

$$q_r = \frac{q}{r} = \frac{0,742}{0,75} = 0,989 \frac{l}{s \cdot ha}$$

**Por tanto, para las redes de distribución primaria se tomará un caudal continuo de 0,742 l/s·ha para 24 h y de 0,989 l/s·ha para la jornada de 18 horas establecida.**

#### **8.14.2 Diseño de hidrantes individuales y colectivos.**

Son aquellos que derivan de las tuberías principales y suministran agua a las parcelas de mayor tamaño en el caso de los hidrantes individuales, o a varias parcelas en el caso de los hidrantes colectivos. Disponen para cada parcela de válvula de corte de compuerta, filtro cazapiedras, válvula hidráulica con limitador de caudal con contador integrado (con solenoide y emisor de pulsos), ventosa y la calderería en chapa galvanizada necesaria para su conexión con la red de distribución.

En función del número de propietarios a los que abastecen, se distinguen dos tipos de hidrantes: individuales o colectivos. El criterio aproximado seguido para establecer los hidrantes colectivos de riego es que las parcelas mayores tengan un hidrante individual y las más pequeñas se agregan en un hidrante colectivo (de hasta un máximo de 7 salidas), hasta formar hidrantes colectivos de superficie variable en función del número y tamaño de las parcelas que las componen.

El dimensionamiento de todos ellos se ha realizado de forma que proporcionen el caudal necesario fijado de 2 l/s·ha y una presión de salida en torno a 4 kg/cm<sup>2</sup>.

En los apéndices de este anejo 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 individual o colectivo 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.

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.

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). En el caso de las tomas de parcela, la calderería será galvanizada con un mínimo de 80 micras (de alta duración, regulado por la norma UNE EN ISO 1461).

#### 8.14.2.1 *Hidrantes individuales*

Son los que abastecen la parcela (o grupo de parcelas contiguas) de un solo propietario que tengan una superficie mayor o igual a 5 ha.

Se instalará una válvula hidráulica contador integrada y con piloto limitador de caudal solenoide y emisor de pulsos, así como válvula de corte anterior de compuerta y ventosa, además de un filtro cazapiedras. Entre la válvula de compuerta y el filtro, se colocará un carrete de desmontaje. Tras la válvula hidráulica, se instalará otra válvula de compuerta que quedará fuera de la arqueta de protección, a fin de que la pueda manipular el propietario de la parcela. La arqueta será prefabricada de hormigón de distintas dimensiones en función del tamaño del hidrante, colocados sobre lecho de grava y losa de hormigón HA-25 de 20 cm de espesor con doble mallazo de 6 mm cada 15 cm y cerrada con tapa de chapa galvanizada de 3 mm de espesor. La conexión a la red de riego se realiza mediante calderería de chapa de acero. Dichas válvulas serán de 50, 80, 100 y 150 mm y se han dimensionado atendiendo a los siguientes rangos de caudales:

**Tabla 30.** Resumen del caudal de cada tipo de válvula hidráulica contador

<b>Válvula hidráulica (mm)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
50	≤ 6
80	≤ 14
100	≤ 22
150	≤ 55

En el caso de las parcelas que necesiten hidrantes que superen los 55 l/s se instalarán 2 hidrantes de 150 mm en paralelo.

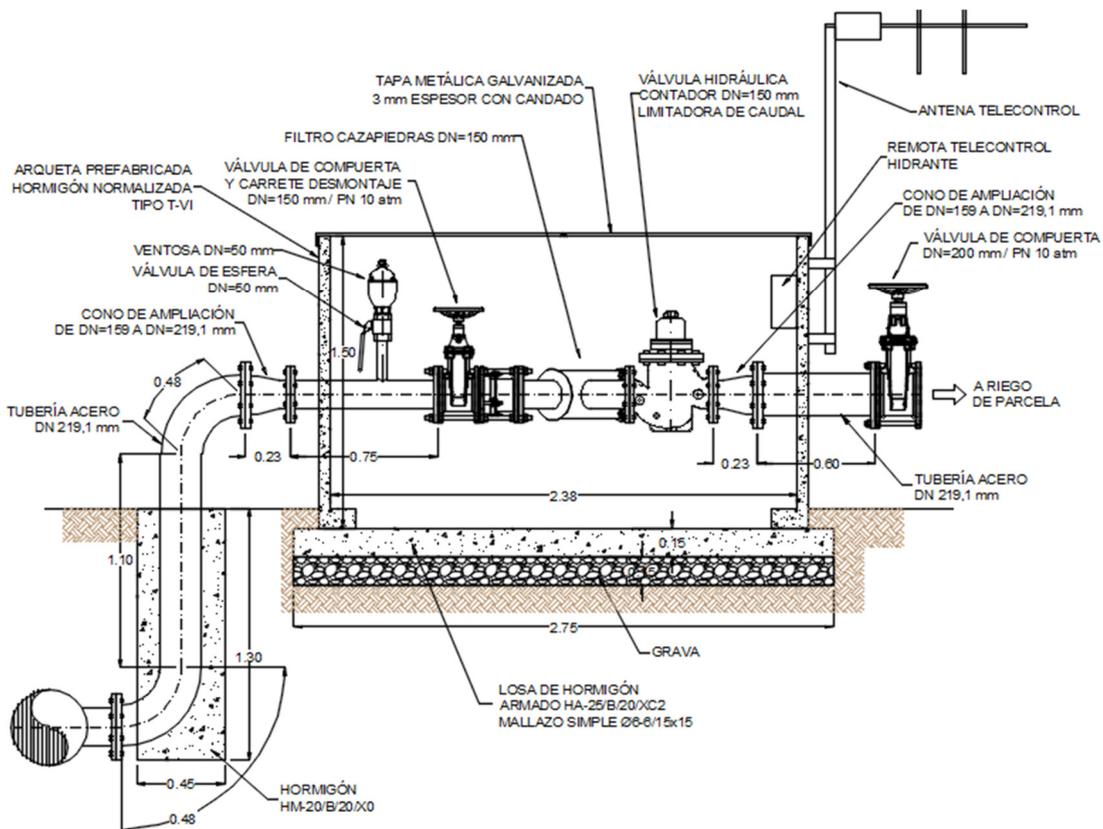
Para su dimensionamiento, además del caudal, se ha tenido en cuenta la presión que llega a la entrada y su ubicación dentro de la parcela. El conjunto del circuito de control de los pilotos (será de tres vías), junto con el piloto limitador de caudal, tendrá un diseño que disminuya al máximo las pérdidas de carga. La pérdida de carga será de 2-3 mca para el caudal máximo de diseño.

En el Apéndice 1 «Hidrantes individuales, Hidrantes Colectivos y Tomas de parcela» del Anejo nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se recogen los hidrantes individuales, la superficie que riegan, el caudal y sus dimensiones. En dicho apéndice se indican también qué parcelas catastrales componen cada hidrante. Son un total de 117 hidrantes individuales.

**Tabla 31.** Resumen diámetro de válvulas hidráulicas-contador en hidrantes individuales

Válvula hidráulica (mm)	Sector A	Sector B	Total
50	4	2	6
80	23	10	33
100	17	6	23
150	29	16	45
2 x 150 (*)	5	5	10
<b>TOTAL</b>	<b>78</b>	<b>39</b>	<b>117</b>

(\*) Hidrantes en paralelo para más de 55 l/s



**Figura 38.** Hidrante individual DN=150 mm

#### 8.14.2.2 Hidrantes colectivos

Cuando las parcelas son menores de 5 ha, se han agrupado en los denominados hidrantes colectivos, de forma que de abastezcan desde una única derivación de la red de tuberías primarias y queden ubicados dentro de un único armario (con una única remota de telecontrol).

Los hidrantes colectivos contendrán un máximo de 7 contadores, la superficie total a regar por cada hidrante será como mucho de 15 ha y serán de diámetro nominal 100 mm y 150 mm.

A la entrada del hidrante colectivo se dispone una acometida de DN 100 o 150 mm con una válvula de corte de compuerta, filtro cazapiedras y ventosa de 50 mm. La conexión con la red de riego se realizará mediante calderería de acero de DN 100 o 150 mm de diámetro y 4 mm de espesor. Todos estos elementos se alojarán en un armario prefabricado de hormigón armado. Serán de dos tipos en función del número de válvulas-contador que alojen:

**Tabla 32.** Tipo de armario para hidrante colectivo

Nº contadores	Tipo armario	Dimensiones interiores (m)
> 4	Tipo I	2,5 x 1,0 x 1,95
≤ 4	Tipo II	2,0 x 1,0 x 1,95

Estos armarios irán colocados sobre base de grava y sobre losa de hormigón HA-25 de 20 cm de espesor, con doble mallazo de 6 mm cada 15 cm, en superficie ejecutada in situ, cerrada con puerta metálica que ocupe todo el frontal del armario para facilitar el acceso (ver Plano 14.7 «Detalles redes de riego. Hidrantes colectivos»). Del colector común del hidrante colectivo se alimentarán las derivaciones de parcela que estarán dotadas cada una de ellas de una válvula de corte y una válvula hidráulica contador integrada, con piloto limitador de caudal, solenoide y emisor de pulsos. Aguas abajo de la válvula hidráulica-contador saldrá la red secundaria que llegará a cada una de las parcelas de riego.

La dimensión de la acometida a cada hidrante colectivo desde la red primaria depende del caudal total asignado al mismo, que corresponde a 2 l/s y ha. Los caudales considerados para cada diámetro han sido seleccionados para producir una baja pérdida de carga, de alrededor de 1,5 mca en la acometida más alejada. La relación caudal-diámetro es la siguiente:

**Tabla 33.** Caudal para acometida de hidrante colectivo

DN acometida (mm)	Caudal (l/s)
100	≤ 15
150	≤ 31

Del mismo modo que en los hidrantes individuales, en las válvulas hidráulicas-contador, 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. Éstas serán de 2-3 mca para el caudal máximo de diseño.

La válvula de corte, filtro cazapiedras y la calderería serán del mismo diámetro que la acometida. Todos los elementos de los hidrantes colectivos serán PN 10 atm.

Su diseño se recoge en el Plano 14.7 «Detalles redes de riego. Hidrantes colectivos» y su localización en el Plano nº 10 «Redes Primarias Sector A», Plano nº 11 «Redes Primarias Sector B», Plano nº 12 «Redes Secundarias Sector A» y Plano nº 13 «Redes Secundarias Sector B».

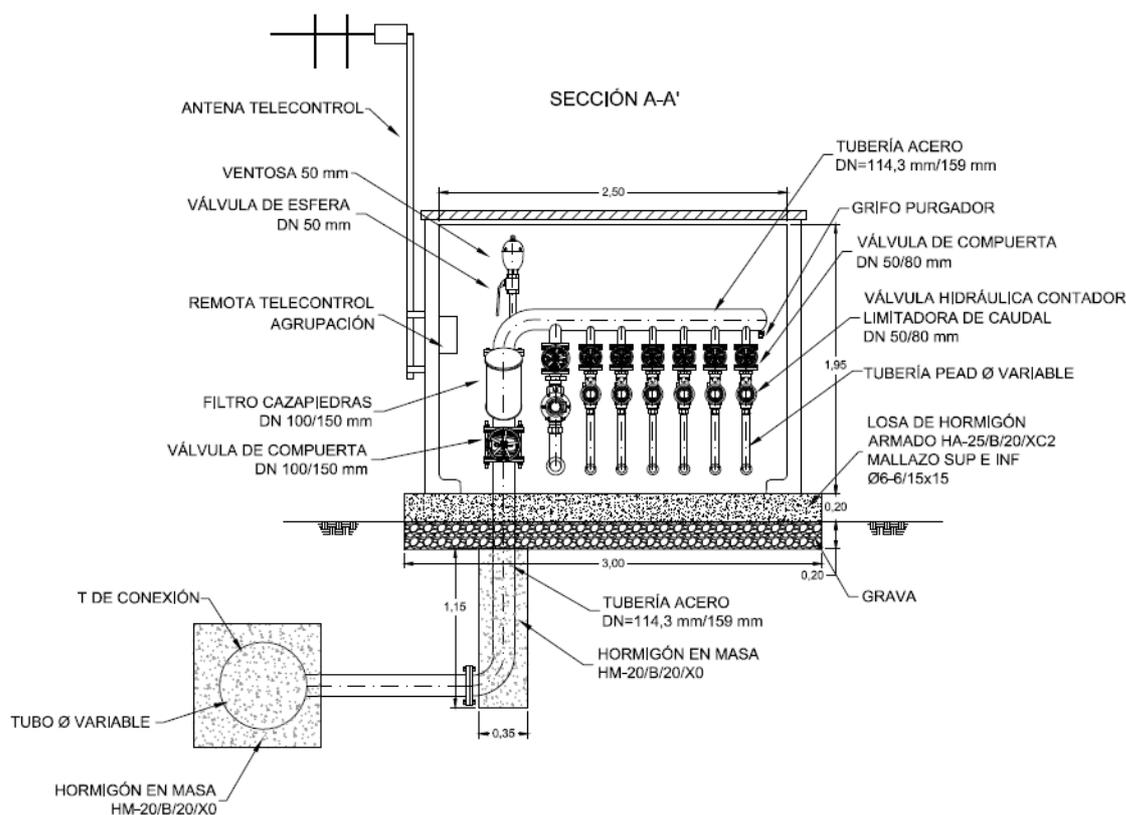


Figura 39. Ejemplo hidrante colectivo (Armario Tipo I)

En el Apéndice 1 «Hidrantes individuales, Hidrantes colectivos y Tomas de parcela» del Anejo nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos» se recogen los hidrantes colectivos, la superficie que riegan, el caudal y sus dimensiones. En dicho apéndice se indican también el hidrante individual o colectivo asignado a cada parcela catastral. Son un total de 50 hidrantes colectivos y 210 válvulas hidrantes-contador, con la distribución de diámetros que se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 34. Resumen diámetro hidrantes colectivos

Acometida (mm)	Sector A	Sector B	Total
100	25	2	27
150	14	9	23
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>11</b>	<b>50</b>

**Tabla 35.** Resumen diámetro de válvulas hidráulicas-contador en hidrantes colectivos

Válvula hidráulica (mm)	Sector A	Sector B	Total
50	159	10	169
80	19	22	41
<b>TOTAL</b>	<b>178</b>	<b>32</b>	<b>210</b>

Se diseñan también los conjuntos de salida del armario de hidrante colectivo de riego, para las distintas válvulas hidráulicas-contador, 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 1 «Hidrantes individuales, Hidrantes colectivos y Tomas de parcela» del Anejo nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos».

#### 8.14.2.3 Tomas de parcela

Desde los hidrantes colectivos se derivarán una red de tuberías secundarias, hasta cada una de las parcelas o grupos de parcelas colindantes, de los distintos propietarios. En cada una de estas parcelas o grupos de parcelas, se instalará una toma compuesta por carrete de acero galvanizado tipo cuello de cisne, ventosa de DN 25 mm y una válvula de corte de compuerta. La pieza de acero irá hormigonada con un dado de hormigón HM-20. En el Plano nº 14.9 «Detalles redes de riego. Tomas de parcela» se detalla la composición de estas tomas de parcela.

El diámetro de cada toma se ha definido en función de la tubería secundaria de PEAD que acomete a cada parcela. En la siguiente tabla se recogen los diferentes tamaños de las tomas de parcela:

**Tabla 36.** Tamaño de las tomas de parcela

Tub. PEAD (mm)	DN toma (mm)
50	50
63	65
75	80
90	80
110	100
125	100

El número de tomas a instalar y su diámetro se recoge en la siguiente tabla:

**Tabla 37.** Resumen de número de tomas de parcela

<b>Válvula compuerta (mm)</b>	<b>Sector A</b>	<b>Sector B</b>	<b>TOTAL</b>
50	68		68
65	44		44
80	52	26	78
100	14	6	20
<b>TOTAL</b>	<b>178</b>	<b>32</b>	<b>210</b>

#### 8.14.3 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, dado que los cultivos que se dan en la zona regable lo permiten y es el riego ya empleado en muchas parcelas. El riego por aspersión también será posible con la presión proporcionada, si bien, en las parcelas más grandes, tendrían que realizar un diseño específico de su red interior de parcela e instalar aspersores adecuados.

Para determinar la presión en los hidrantes y las tomas de parcela se deberá tener en cuenta:

- Cota de agua en cabecera. - Se tomará como cota de agua en el Canal de Lobón que es de donde se abastecerán las estaciones de bombeo, cuyas bombas estarán en carga desde dicho canal. Son las siguientes:
  - Sector A
    - Cota solera canal = 198,5 m.s.n.m.
    - Lámina de agua en canal = 2 m
    - Cota hidráulica =  $198,5 + 2 = 200,5$  mca
  - Sector B
    - Cota solera canal = 196,8 m.s.n.m.
    - Lámina de agua en canal = 2 m
    - Cota hidráulica =  $196,8 + 2 = 198,8$  mca

- Presión proporcionada por la estación de bombeo. - Al no haber apenas diferencias de cotas en la zona regable por ser completamente llana, la presión debe ser suministrada por estaciones de bombeo. Tendrán las siguientes presiones:
  - Sector A
    - Presión de las bombas: 63 mca
    - Perdidas de carga aspiración = 0,057 mca
    - Perdidas de carga impulsión = 0,274 mca
    - Presión disponible a salida con bombas a 63 mca =  $63 - 0,057 - 0,274 = 62,67$  mca
  - Sector B
    - Presión de las bombas: 62 mca
    - Perdidas de carga aspiración = 0,031 mca
    - Perdidas de carga impulsión = 0,207 mca
    - Presión disponible a salida con bombas a 62 mca =  $62 - 0,031 - 0,207 = 61,76$  mca
- Pérdidas de carga en las tuberías de distribución primaria. - Se determinan en el presente anejo y se estima la presión que llegará a la entrada de cada hidrante.
- Pérdidas de carga en los cabezales de filtrado generales distribuidos por los ramales principales. - No se han recogido en este proyecto pero se instalarán en fases posteriores de modernización y se han tomado unas pérdidas de carga de 1 mca.
- Pérdidas de carga en hidrantes individuales e hidrantes colectivos: piezas especiales, filtro cazapiedras y válvulas hidráulicas-contadores. Se han estimado en 4 mca de forma general en cada hidrante, estando este valor del lado de la seguridad, pues se han tomado caudales bajos de diseño en toda la valvulería y elementos de hidrantes para disminuir al máximo las posibles pérdidas (2,5 mca de pérdidas en la válvula hidráulica con circuitos de tres vías –media de los 2 ó 3 m que pierden en cada caso- y 1,5 mca en el filtro cazapiedras y el resto elementos).
- Pérdidas de carga en las tuberías secundarias desde la salida de los hidrantes colectivos hasta las tomas de parcela. - Se determinan en el presente anejo y se estima la presión que llegará al punto más alto de cada parcela que es donde se situará la toma de parcela de los hidrantes colectivos.
- Presión mínima en parcela. - Se requiere una presión mínima de 15 mca para el correcto funcionamiento del emisor. Considerando 10 mca en las redes primarias-secundarias de parcela, 10 mca de pérdidas en terciarias y ramales portagoteros y otros 5 mca en el cabezal de riego de las parcelas, se necesitarán 40 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 los hidrantes colectivos de riego y filtrados (4 mca en hidrante y 1 mca en filtrado), se tendrá que suministrar un mínimo de 45 mca de presión en la red primaria aguas arriba de cada hidrante individual y colectivo, a los efectos de fijar las presiones mínimas requeridas en el cálculo de las redes primarias. En el Apéndice 2 «Tuberías primarias» del Anejo nº 7, se calcula la presión que llegará aguas arriba de cada hidrante individual e hidrante colectivo, con el dimensionamiento de la red de riego primaria. A algunos hidrantes individuales se llega con una presión algo menor (nunca menos de 42 mca), para no condicionar el diseño de todo el sistema (estos hidrantes son los que se encuentran en los finales de ramales y además suelen regar superficies pequeñas-medianas por lo que no tendrán ningún problema para regar por goteo, ya que las pérdidas de carga que se producen en su instalación interior será menor que la estimada en los cálculos de partida que se han supuesto anteriormente). En el Apéndice 2 «Tuberías primarias» y Apéndice 3 «Tuberías secundarias» del Anejo nº 7 se calcula la presión que llegará a cada parcela con el dimensionamiento de la red de riego primaria (los hidrantes individuales se alimentan directamente de ella) y secundaria (las que llega a las tomas de parcela de los hidrantes colectivos)

#### **8.14.4 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 de cada sector.
- 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 los hidrantes individuales y los hidrantes colectivos de riego.
- Hidrante individual: puntos de consumo que sirven a parcelas mayores 5 ha. Coinciden con los nudos de consumo de la red de riego primaria.
- Hidrante colectivo: puntos de consumo formado por un conjunto de parcelas dentro de la Comunidad. 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 el hidrante colectivo de riego hasta cabeza de cada parcela. Estas tuberías serán de polietileno de alta densidad PN-10 atm.

##### **8.14.4.1 Criterios de trazado**

Los criterios fundamentales que se han seguido han sido definidos junto con la Comunidad de Regantes de Mérida, pues junto a ellos se han recorrido los posibles trazados. Son los siguientes:

- Definir el trazado principalmente paralelo a acequias y 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 algunos casos no ha sido posible, dado el grado de parcelación y la inexistencia de caminos en algunas zonas, por lo que se ha intentado adaptar los trazados a las lindes de parcelas.
- Ubicación de los hidrantes individuales en los puntos de las parcelas donde ya hay servicio de agua.
- Ubicación de los hidrantes colectivos de riego en los puntos donde se pueda 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).

#### 8.14.4.2 Diseño de la red de riego primaria

Es la que parte de la estación de bombeo de cada sector y llega hasta los hidrantes individuales o colectivos de los distintos sectores.

Conforme se detalla en los siguientes epígrafes, los caudales se obtienen por el método de Clément, aplicado a cada uno de los sectores.

En el Sector A regarán 1.207 ha con 117 hidrantes individuales y colectivos, y resulta un caudal en cabecera de 1.419,72 l/s.

El Sector B abarcará 816 ha con 50 hidrantes individuales y colectivos, y un caudal en cabecera de 1.070,53 l/s.

Los resultados de los cálculos de los caudales de Clément se recogen en el «Apéndice 2 Tuberías primarias».

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 nº 10 «Redes Primarias Sector A» y Plano nº 11 «Redes Primarias Sector B» se recogen todos los detalles de diseño de cada ramal.

#### 8.14.4.2.1 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 5 % para simular las pérdidas de carga en singularidades en la red de riego. Se identifican estas longitudes como L y Lmod en las tablas de cálculo.
  - 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 cada sector.
- 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.

$$J(m/m)=10,62 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87}(m) \cdot Q^{1.85}(m^3/s)$$

donde C depende del material de la conducción y del diámetro de la misma. Para PVC Orientado y Polietileno se adopta un valor de  $C = 150$ . Las pérdidas de carga se han incrementado mayorando un 5 % la longitud de cada tramo de tubería, para tener en cuenta las pérdidas en singularidades de la red.

#### 8.14.4.2.2 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 2 «Cálculo tuberías primarias» del Anejo n° 7, partiendo de los siguientes datos:

##### ▪ Cota de cabecera y presión disponible en cabecera (mca)

La cota de cabecera (nudo 0) en el Sector A es 198,5 msnm (cota solera del canal) a la que se añade la altura de agua en el canal principal (regulado con compuertas motorizadas en aliviaderos de pico de pato). Se han estimado las pérdidas de carga en el sistema de bombas en 0,33 mca (ver Anejo n° 9 “Dimensionamiento del bombeo”) que se detraerán de los 63 mca de presión proporcionada por las bombas, por lo que se tendrá una presión a salida de bombas de 62,67 mca.

La cota de cabecera (nudo 0) en el Sector A es 196,8 msnm (cota solera del canal) a la que se añade la altura de agua en el canal principal (regulado con compuertas motorizadas en aliviaderos de pico de pato). Se han estimado las pérdidas de carga en el sistema de bombas en 0,24 mca (ver Anejo n° 9 “Dimensionamiento del bombeo”) que se detraerán de los 62 mca de presión proporcionada por las bombas, por lo que se tendrá una presión a salida de bombas de 61,76 mca.

##### ▪ Datos para método de Clément

Este método aplica un modelo probabilístico en el que se ha considerado un caudal ficticio continuo de 0,742 l/s ha y una jornada de riego diaria de 18 horas (conforme se ha justificado en Epígrafe 2.2) con una garantía de suministro o calidad de servicio del 95% (se considera suficiente ya que el número de tomas de parcela a abastecer es de 330 puntos de suministro a parcela –hidrantes individuales y tomas de parcela de los hidrantes colectivos-, con lo que baja mucho la posibilidad de aperturas simultáneas). El caudal asignado en los nudos de consumo de cada hidrante individual y colectivo será proporcional a la superficie regada a razón de 2 l/s.ha.

##### • Presión mínima exigible

Será de 45 mca de presión en la red primaria aguas arriba de cada hidrante colectivo, considerando la cota más alta que riega dentro de dicho hidrante colectivo.

- **Velocidad máxima-mínima en las tuberías**

La velocidad 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 de 0,4 m/s como velocidad mínima (en tramos donde haya que reducir al máximo las pérdidas de carga).

- **Materiales de las tuberías**

Serán de PVC Orientado de 12,5 atm principalmente y algún tramo muy concreto de PEAD de 10 atm.

#### 8.14.4.2.3 Resultados

Se adjuntan en el Apéndice 3 «Cálculo tuberías primarias» del Anejo Nº 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, a modo resumen, se muestran las mediciones por diámetro para cada sector.

**Tabla 38.** Resumen tuberías de PVC Orientado

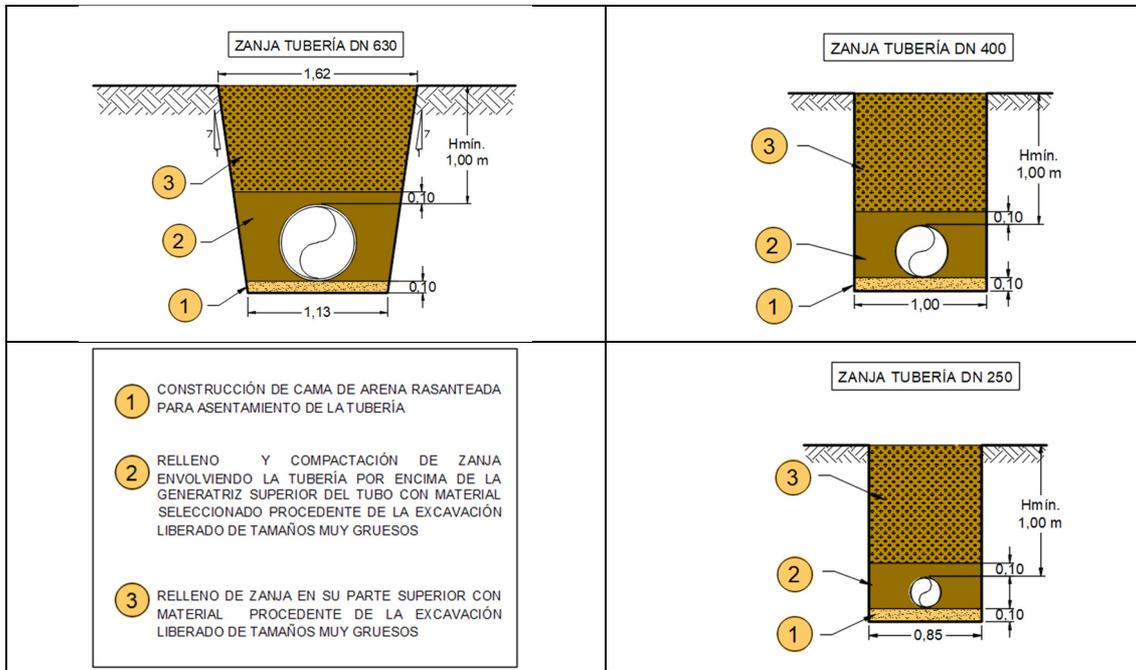
<b>TUBERÍA PVC 12,5 atm (m)</b>			
<b>Diámetro tubería (mm)</b>	<b>SECTOR</b>		<b>TOTAL</b>
	<b>Sector A</b>	<b>Sector B</b>	
<b>110</b>	1.054,59	348,98	1.403,57
<b>125</b>	750,39	434,72	1.185,11
<b>140</b>	1.718,77	16,99	1.735,76
<b>160</b>	1.693,61	1.897,62	3.591,23
<b>200</b>	6.038,02	2.382,71	8.420,73
<b>250</b>	3.779,25	2.965,17	6.744,42
<b>315</b>	4.563,73	1.959,16	6.522,89
<b>400</b>	3.412,27	3.090,05	6.502,32
<b>500</b>	2.782,51	3.932,21	6.714,72
<b>630</b>	2.772,31	2.598,49	5.370,80
<b>710</b>	0,00	188,00	188,00
<b>800</b>	1.464,88	788,34	2.253,22
<b>900</b>	1.875,36	557,17	2.432,53
<b>1000</b>	293,00	0,00	293,00
<b>TOTAL</b>	<b>32.198,69</b>	<b>21.159,61</b>	<b>53.358,30</b>

**Tabla 39.** Resumen tuberías de PEAD

<b>TUBERÍA PEAD 10 atm (m)</b>			
<b>Diámetro tubería (mm)</b>	<b>SECTOR</b>		<b>TOTAL</b>
	<b>Sector A</b>	<b>Sector B</b>	
<b>110</b>	20,43	7,63	28,06
<b>125</b>	17,49	0,00	17,49
<b>140</b>	189,97	0,00	189,97
<b>160</b>	45,88	66,93	112,81
<b>200</b>	57,86	586,01	643,87
<b>250</b>	36,72	53,29	90,01
<b>315</b>	78,52	19,00	97,52
<b>400</b>	23,00	0,00	23,00
<b>500</b>	139,00	397,18	536,18
<b>630</b>	45,50	0,00	45,50
<b>710</b>	0,00	110,96	110,96
<b>800</b>	39,65	0,00	39,65
<b>900</b>	88,78	74,67	163,45
<b>1000</b>	10,71		10,71
<b>TOTAL</b>	<b>793,51</b>	<b>1.315,67</b>	<b>2.109,18</b>

#### 8.14.4.2.4 Zanjas tipo para las tuberías de la red primaria

En el plano «14.1 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 40.** Ejemplos de secciones de zanjas tipo de la red primaria

En el Apéndice 2 «Cálculo tuberías primarias» del Anejo nº 7 se recogen los cálculos del movimiento de tierras para cada ramal y las piezas especiales de calderería.

#### 8.14.4.3 Diseño de la red secundaria

La red de tuberías secundarias es aquella que lleva el agua desde cada hidrante colectivo hasta cada una de las parcelas que forman parte del mismo. Esta red está formada por tuberías de PEAD.

En Plano nº 12 «Redes Secundarias Sector A» y Plano nº 13 «Redes Secundarias Sector B» se recogen todos los detalles de cada hidrante colectivo y aparecen estas tuberías.

La tubería secundaria se instalará hasta dentro de la parcela de cada agricultor (o parcelas, ya que, si éste tiene varias parcelas colindantes, se consideran como si fueran una sola a efectos hidráulicos) terminando en una toma de parcela. Para los cálculos hidráulicos se considerará la cota del punto más alto de cada parcela.

#### *8.14.4.3.1 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.

#### *8.14.4.3.2 Datos de partida*

Siguiendo la metodología anteriormente descrita se obtendrán los resultados recogidos en el Apéndice 3 «Tuberías secundarias» del Anejo nº 7, partiendo de los siguientes datos:

- **Cota de cabecera y presión disponible en cabecera (mca)**

La cota de cabecera es la cota de cada hidrante colectivo y se considera que en este punto se dispondrá de una presión mínima garantizada que será la presión dinámica en cada hidrante colectivo resultante de los cálculos hidráulicos de la red primaria.

- **Caudal de diseño**

El caudal asignado será proporcional a la superficie regada a razón de 2 l/s-ha.

- **Presión mínima exigible**

El diseño se realizará para proporcionar un mínimo de 40 mca en el punto más elevado de la parcela, salvo en algunos puntos muy concretos y localizados más desfavorables muy alejados, con cotas más elevadas y que sirven a parcelas pequeñas, donde se llegará con algo menos de presión. Las parcelas que recibirán más baja presión se han identificado en el Anejo nº 7.

- **Velocidad máxima-mínima en las tuberías**

Será de 2,2 m/s como velocidad máxima. La velocidad mínima vendrá dada por ramales muy concretos donde haya que reducir al máximo las pérdidas de carga para llegar con la presión de diseño o condicionada por ser el menor diámetro de tubería a instalar de 50 mm.

- **Materiales de las tuberías.**

Serán de PEAD de diámetro variable (50, 63, 75, 90, 110 y 125 mm) y presión nominal de 10 atm.

#### 8.14.4.3.3 Resultados

En el Apéndice 3 «Tuberías secundarias» del Anejo nº 7 se recogen los cálculos de la red secundaria en cada una de los hidrantes colectivos, 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 ( $h_f$ ), la velocidad del agua y la altura manométrica en el nudo final de la tubería. La presión considerada al comienzo de cada hidrante colectivo es la calculada en la red primaria, a la que se restará 5 mca como pérdidas de carga en los hidrantes colectivos (piezas especiales, filtro cazapiedras, válvulas hidráulicas-contadores, filtrado general en redes primarias). En la columna “Ni” se recoge nudo inicial que corresponde con el nudo de consumo (hidrante colectivo) usado en las tablas de cálculo de la red. La cota final corresponde a la ubicación del punto más alto de la parcela.

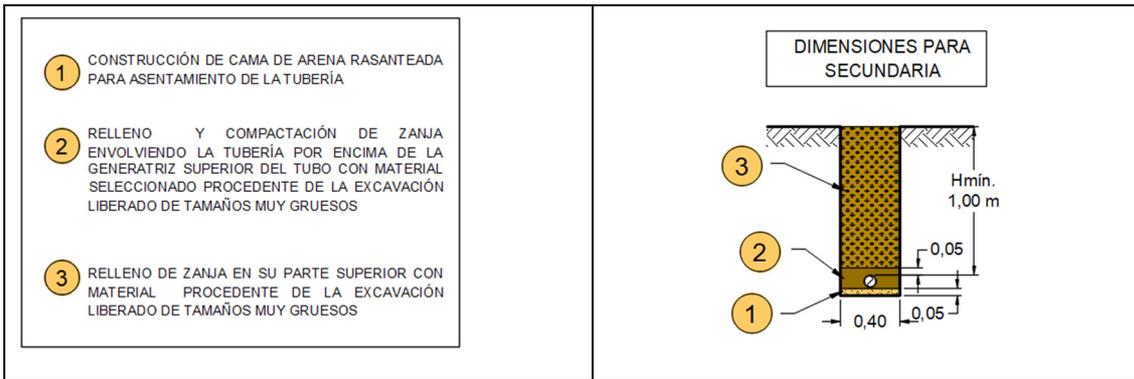
En la siguiente tabla se recoge un resumen por sector de la longitud de los distintos diámetros de tuberías de PEAD de 10 atm diseñados, así como sus longitudes totales.

**Tabla 40.** Longitud de tubería secundaria por sector y por diámetro. Tabla Resumen

SECTOR	TUBERÍA PEAD 10 atm (m)						TOTAL
	50	63	75	90	110	125	
<b>Sector A</b>	4.423,69	1.353,95	2.609,81	1.638,74	1.760,57	418,61	<b>12.205,37</b>
<b>Sector B</b>		13,82	420,53	1.109,70	148,76	607,20	<b>2.300,01</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4.423,69</b>	<b>1.367,77</b>	<b>3.030,34</b>	<b>2.748,44</b>	<b>1.909,33</b>	<b>1.025,81</b>	<b>14.505,38</b>

#### 8.14.4.3.4 Zanjas tipo para las tuberías de la red secundarias

En el plano nº 14.1 «Detalles redes de riego. Secciones zanjas tuberías» se muestra en detalle la sección tipo para las tuberías secundarias. A continuación, se muestra la figura donde se puede apreciar como es la zanja tipo:



**Figura 41.** Sección de zanja tipo de la red secundaria

#### 8.14.5 Piezas especiales de calderería

La calderería será conforme a lo recogido en el epígrafe 3.3.48 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 o S 235 JR; Bridas normalizadas de acero al carbono S 235 JR; Tornillería calidad 8.8 cincada 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).

**Tabla 41.** Espesores mínimos

$\varnothing \leq 250$ mm	e = 4 mm
300-400 mm	e = 5 mm
500-600 mm	e = 6,3 mm
700-800 mm	e = 7,1 mm
900-1000 mm	e = 8 mm
1100-1200 mm	e = 8,8 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.

En el caso de los hidrantes individuales, colectivos y tomas de parcela, la calderería será galvanizada con un mínimo de 80 micras (de alta duración, regulado por la norma UNE EN ISO 1461).

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 diseñan en el Anejo 8 «Cálculo mecánico de tuberías», pero sus mediciones se proporcionan junto a cada pieza especial. En el Plano nº 10 «Redes Primarias Sector A» y Plano nº 11 «Redes Primarias Sector B» 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.

#### **8.14.6 Movimiento de tierras: zanjas para tuberías**

El movimiento de tierras para zanjas de las tuberías contempladas en el Proyecto incluye las siguientes:

- Red de riego primaria
- Red de riego secundaria

Para la red primaria se han tomado los listados de movimiento de tierras calculados con el programa Autocad Civil de los perfiles transversales del Plano nº 10 «Redes Primarias Sector A» y Plano nº 11 «Redes Primarias Sector B». Se han aplicado las secciones tipo recogidas en el Plano nº 14.1 «Detalles redes de riego. Secciones zanjas tuberías» en el que 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 la sección tipo de zanja conforme al Plano nº 14.1 «Detalles redes de riego. Secciones zanjas tuberías» y a los Plano nº 12 «Redes Secundarias Sector A», y Plano nº 13 «Redes Secundarias Sector B».

El cálculo de los movimientos de tierras se recoge en cada uno de los apéndices de cada tipo de tuberías: primarias y secundarias.

En el Anejo nº 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 con un nivel de excavabilidad bueno, terreno franco (la zona regable está íntegramente en zona de vegas del río Guadiana), a excepción de tramos concretos identificados como excavación en terreno compacto (cruces de caminos o similar).

El total de las excavaciones de las tuberías primarias se recoge en la siguiente tabla.

**Tabla 42.** Movimiento de tierras tuberías primarias y secundarias

<b>Movimiento de tierras tuberías primarias</b>	<b>Sector A</b>	<b>Sector B</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Volumen excavación (m³)</b>	58262,76	41199,89	<b>99462,65</b>
<b>Volumen cama arena (m³)</b>	2923,11	2062,96	<b>4986,07</b>
<b>Vol. relleno excavación compactado (m³)</b>	11996,97	8802,77	<b>20799,73</b>
<b>Volumen relleno normal (m³)</b>	38766,21	26981,39	<b>65747,60</b>
<b>Volumen tubería (m³)</b>	4576,48	3352,76	<b>7929,24</b>
<b>Volumen extendido (m³)</b>	7499,58	5415,73	<b>12915,31</b>

#### **8.14.7 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 Nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos», con los siguientes resultados en función del diámetro de la tubería sobre la que se instalan:

**Tabla 43.** Dimensionamiento ventosas

D (mm)	Material	Ventosa (mm)
1.000	PVC-O	2 x 150
900	PVC-O	2 x 100
800	PVC-O	2 x 100
710	PVC-O	100
630	PVC-O	100
500	PVC-O	100
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

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 nº 14.5 «Detalles de riego. Ventosas» se definen las ventosas, y en los Planos nº 10 «Redes Primarias Sector A» y Plano nº 11 «Redes Primarias Sector B», se recoge su ubicación sobre las tuberías. En las tuberías secundarias no ha sido necesario colocar ninguna ventosa. En el Apéndice 2 «Tuberías primarias» del Anejo Nº 7 se recoge expresamente su ubicación y dimensiones.

En la siguiente tabla se muestran todas las ventosas diseñadas por sector para la red primaria (161 unidades).

**Tabla 44.** Resumen ventosas instaladas

VENTOSA	TUBERÍA	SECTOR A	SECTOR B	TOTAL	
Ø50 mm	Ø110	3	3	6	74
	Ø125	2	2	4	
	Ø140	6		6	
	Ø160	4	4	8	
	Ø200	21	9	30	
	Ø250	12	8	20	
Ø80 mm	Ø315	12	6	18	38
	Ø400	10	10	20	
Ø100 mm	Ø500	8	11	19	34
	Ø630	7	8	15	
2xØ100 mm	Ø710		1	1	15
	Ø800	4	3	7	
	Ø900	5	2	7	
<b>Total general</b>		<b>94</b>	<b>67</b>	<b>161</b>	<b>161</b>

#### 8.14.8 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, que 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 125 mm de diámetro y se conducirá el agua al arroyo más cercano con tubería de PEAD de 125 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 150 mm diámetro y se conducirá el agua al arroyo más cercano con tubería de PEAD de 150 mm de diámetro y PN 10 atm. Para las tuberías de 710, 800, 900 y 1000 mm los desagües serán de 200 mm de diámetro y se conducirá el agua al arroyo más cercano con tubería de PEAD de 200 mm de diámetro y PN 10 atm. Todos los desagües serán 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 nº 14.6 «Detalles de riego. Desagües» se definen y en el Plano nº 10 «Redes Primarias Sector A» y Plano nº 11 «Redes Primarias Sector B» se recoge su ubicación sobre las tuberías. En el Apéndice 2 «Tuberías primarias» del Anejo Nº 7 se recoge expresamente su ubicación y dimensiones.

En la siguiente tabla se muestra un resumen por sector de los desagües sobre los diámetros de tuberías que se instalan:

**Tabla 45.** Resumen de desagües en tuberías primarias

DESAGÜE	TUBERÍA	SECTOR A	SECTOR B	TOTAL	
Ø125 mm	Ø110	3	2	5	18
	Ø125	1		1	
	Ø140	2		2	
	Ø160	3		3	
	Ø200	3	4	7	
Ø150 mm	Ø250	1	2	3	18
	Ø315	3	3	6	
	Ø400		1	1	
	Ø500	2	2	4	
	Ø630	1	3	4	
Ø200 mm	Ø710		1	1	6
	Ø800	1	2	3	
	Ø900	1	1	2	
<b>Total general</b>		<b>21</b>	<b>21</b>	<b>42</b>	<b>42</b>

#### 8.14.9 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 el armario de cada hidrante colectivo para cada acometida.

En el Plano nº 14.4.1 «Detalles de riego. Válvulas de corte. Planta y secciones» se definen, y en el Plano nº 10 «Redes Primarias Sector A» y Plano nº 11 «Redes Primarias Sector B» se recoge su ubicación sobre las tuberías. En el Apéndice 2 «Tuberías primarias» del Anejo Nº 7 se recoge expresamente su ubicación y dimensiones.

En la siguiente tabla se muestra por sector un resumen de las válvulas de corte proyectadas.

**Tabla 46.** Resumen válvulas de corte.

VÁLV. CORTE		SECTOR A	SECTOR B	TOTAL
VÁLVULA COMPUERTA	150 mm	1		1
	200 mm	2	2	4
	250 mm	7	4	11
	300 mm	1	1	2
VÁLVULA MARIPOSA	400 mm	1	1	2
	500 mm	3	3	6
	600 mm	2	1	3
	800 mm	1		1
	900 mm	1		1
<b>Total general</b>		<b>19</b>	<b>12</b>	<b>31</b>

## **8.15 TELECONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.**

Las nuevas instalaciones de riego estarán dotadas 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 Arroyo de San Serván.
2. ESTACIONES DE BOMBEO: Estaciones remotas de control con autómatas ubicadas en las estaciones de bombeo de cabecera de cada sector
3. CONCENTRADORAS Y REMOTAS EN HIDRANTES: En cada hidrante individual o colectivo se instalará una remota y dada la distancia a salvar y/o el gran número de remotas existentes se dispondrán estaciones concentradoras.

**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».**

Dadas las características de la red hidráulica, número de puntos a controlar, tipo de control requerido, enclavamientos críticos, condiciones de suministro energético, la arquitectura del telecontrol está formada por varios subconjuntos que formarán una red de alta y una red de baja.

### **8.15.1 Red de alta**

La RED DE ALTA estará formada por las dos estaciones de bombeo: E.B. Sector A y E.B. Sector B.

Los puntos de control de RED DE ALTA contarán con autómatas con altas prestaciones de procesamiento de señal. En las estaciones de bombeo hay suministro eléctrico 230/400V.

A través del Canal de Lobón, llegará el agua hasta las estaciones de bombeo y desde ellas se distribuye el agua hacia el Sector A y el B. Los puntos de control en cada estación de bombeo son los siguientes:

**Tabla 47.** Características puntos de control (Red alta)

<b>PUNTOS DE CONTROL EN RED DE ALTA</b>		
<b>ID</b>	<b>INSTALACIÓN</b>	<b>CONTROL PRINCIPAL</b>
<b>E.B. SECTOR A</b>	<b>Estación de bombeo Sector A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuación Válvulas de Corte Motorizadas a la salida de gravedad (7): Apertura/Cierre</li> <li>- Actuación sobre batería de filtros (posible actuación futura).</li> <li>- Lectura presión aguas arriba y aguas abajo (4).</li> <li>- Lectura detectora de flujo (6)</li> <li>- Lectura Caudalímetro (1).</li> <li>- Monitorización de sistema fotovoltaico de abastecimiento de energía para estación de bombeo</li> <li>- Actuación y control de Bombas (6 variadores de velocidad)</li> <li>- Actuación y control de campo fotovoltaico para bombeo con monitorización de todos los inversores (hasta 18 inversores)</li> <li>- Sistema de videovigilancia</li> <li>- Lectura Nivel cantara de aspiración</li> <li>- Boyas máximo-mínimo</li> <li>- Sondas PT-100</li> <li>- Resistencias de caldeo</li> </ul>
<b>E.B. SECTOR B</b>	<b>Estación de bombeo Sector B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuación Válvulas de Corte Motorizadas a la salida de gravedad (7): Apertura/Cierre</li> <li>- Actuación sobre batería de filtros (posible actuación futura).</li> <li>- Lectura presión aguas arriba y aguas abajo (4).</li> <li>- Lectura detectora de flujo (6)</li> <li>- Lectura Caudalímetro (1).</li> <li>- Monitorización de sistema fotovoltaico de abastecimiento de energía para estación de bombeo</li> <li>- Actuación y control de Bombas (6 variadores de velocidad)</li> <li>- Actuación y control de campo fotovoltaico para bombeo con monitorización de todos los inversores (hasta 18 inversores)</li> <li>- Sistema de videovigilancia</li> <li>- Lectura Nivel cantara de aspiración</li> <li>- Boyas máximo-mínimo</li> <li>- Sondas PT-100</li> <li>- Resistencias de caldeo</li> </ul>

### 8.15.2 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 remotas requieren una alimentación mínima al estar optimizado su diseño en ese sentido, realizada con pilas convencionales. Las concentradoras necesitarán alimentación solar. Esto permite un sondeo frecuente de las remotas.

En cada sector se diseña una unidad concentradora con alimentación solar y que controlará todas las unidades remotas de su sector.

**Tabla 48.** Características puntos de control (Red baja)

PUNTOS DE CONTROL EN RED DE BAJA		
ID	INSTALACIÓN	CONTROL PRINCIPAL
CON01	Concentradora nº 1 en Sector A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentran la comunicación de varias remotas y comunican con el Centro de Control</li> <li>- Ubicación: centrada en Sector A</li> </ul>
CON02	Concentradora nº 2 en Sector B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentran la comunicación de varias remotas y comunican con el Centro de Control</li> <li>- Ubicación: centrada en Sector B</li> </ul>
REM01 a REM119	Remota nº 1 a nº 119 en Sector A	N salidas individuales futuras (hasta un máximo de 8) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuación Válvulas Hidráulicas (1): Apertura/Cierre.</li> <li>- Lectura contador (N).</li> <li>- Lectura de presión (N en puntos seleccionados)</li> <li>- Intrusismo</li> </ul>
REM120 a REM169	Remota nº 120 a nº 169 en Sector B	N salidas individuales futuras (hasta un máximo de 8) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuación Válvulas Hidráulicas (1): Apertura/Cierre.</li> <li>- Lectura contador (N).</li> <li>- Lectura de presión (N en puntos seleccionados)</li> <li>- Intrusismo</li> </ul>

### 8.15.3 Sistema de comunicaciones

El sistema de comunicaciones está estructurado en dos niveles:

- COMUNICACIÓN CECO (Centro de Control, en adelante CECO) – RED DE ALTA.
  - RED DE ALTA:
    - Estación de bombeo Sector A
    - Estación de bombeo Sector B

El CECO se encuentra ubicado en las oficinas de la Comunidad de Regantes. 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 Router VPN.

Los autómatas de control de la Red de Alta se comunican vía 4G con el CECO mediante la VPN Establecida.

- COMUNICACIONES CONCENTRADORAS - CECO:

Las concentradoras 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 868 MHz a 500 mW de potencia de transmisión con las Estaciones Concentradoras (ECC) de cada sector, que realizan la función de enrutar las comunicaciones recibidas desde el SCADA del CECO a la remota de campo correspondiente y viceversa.

El sistema permitirá un tiempo de *polling* de máximo 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 dispondrá 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 podrá ser 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 optimizará 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 ROUTER 4G, desde cada uno de los 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 autómata 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 y nube.

El servidor está dotado de dos monitores de 24" 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 radiomodem GSM, también en el Centro de Control, permite la salida de mensajes de alarma del sistema a los técnicos de la Comunidad.

#### **8.15.4 Centro de control**

El Centro de Control está ubicado en la sede de la Comunidad de Regantes y es el centro de información y último elemento de comunicación del sistema (se envía y recibe toda la información de la instalación), si bien la información también se almacenará en la nube.

- 1 PC de altas prestaciones como Servidor Principal Red de Alta y Baja con dos monitores de 24". 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 3000VA/2400W 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 55".
- 1 Radiomodem GSM para emisión de alarmas e interfaz con telefonía móvil regantes.
- 1 Servidor NAS para almacenamiento en red.
- 1 Router Dual Gigabit WAN VPN.
- 1 Switch industrial para la interconexión de todos los elementos del Centro de Control.

##### **8.15.4.1 Equipo Servidor**

Se instalará como PC servidor un equipo de muy altas prestaciones. Sus especificaciones técnicas son:

- **Procesador**

- Fabricante de procesador: Intel
- Modelo del procesador: 4214R
- Frecuencia del procesador: 2,4 GHz
- Frecuencia del procesador turbo: 3,5 GHz
- Familia de procesador: Intel® Xeon® Silver
- Número de núcleos de procesador: 12
- Caché del procesador: 16,5 MB
- Número de procesadores instalados: 1
- Potencia de diseño térmico (TDP): 100 W
- Socket de procesador: LGA 3647 (Socket P)
- Litografía del procesador: 14 nm
- Número de filamentos de procesador: 24
- Modo de procesador operativo: 64 bits
- Procesador nombre en clave: Cascade Lake
- Tcase: 79 °C
- Memoria interna máxima que admite el procesador: 1024 GB
- Tipos de memoria que admite el procesador: DDR4-SDRAM
- Velocidad de reloj de memoria que admite el procesador: 2400 MHz
- Execute Disable Bit: Si
- Número máximo de buses PCI Express: 48
- Tamaño del CPU: 76.0 x 56.5 mm
- Set de instrucciones soportadas: SSE4.2,AVX,AVX 2.0,AVX-512
- Escalabilidad: 2S
- Opciones integradas disponibles: Si

- **Memoria**

- Memoria interna: 32 GB
- Tipo de memoria con búfer: Registered (buffered)
- Clasificación de memoria: 2
- Tipo de memoria interna: DDR4-SDRAM
- Ranuras de memoria: 24 x DIMM
- Disposición de la memoria: 1 x 32 GB
- Rango de memoria de transferencia de datos: 3200 MT/s
- Memoria interna máxima: 384 GB

- **Medios de almacenaje**

- Capacidad total de almacenaje: 480 GB
- Número de HDDs soportados: 8
- Tamaños de disco duro soportados: 2.5"
- Número de unidades SSD instalados: 2

- SDD, capacidad: 480 GB
- Interfaces del SDD: Serial ATA III
- Controladores RAID compatibles: PERC H730P 2GB
- Compatibilidad con Hot-Plug: Si
- Tipo de unidad óptica: No
- Terabytes escritos (TBW, Terabytes written): 876
- Escrituras en el disco por día (DWPD, Drive writes per day): 1
  
- **Conexión**
  - Controlador LAN: Broadcom 5720, Broadcom 57412
  - Ethernet: Si
  - Tecnología de cableado: 10/100/1000Base-T(X)
  - Tipo de interfaz ethernet: 10 Gigabit Ethernet, Gigabit Ethernet
  
- **Puertos e Interfaces**
  - Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos: 4
  - Cantidad de puertos USB 2.0: 1
  - Cantidad de puertos tipo A USB 3.2 Gen 1 (3.1 Gen 1): 2
  - Cantidad de puertos VGA (D-Sub): 1
  - Puerto serial: 1
  
- **Ranuras de expansión**
  - Versión de entradas de PCI Express: 3.0
  
- **Diseño**
  - Tipo de chasis: Bastidor (1U)
  - Color del producto: Negro
  - Montaje en rack: Si
  - Rieles de rack: Si
  - Bisel: Si
  
- **Desempeño**
  - Administración remota: iDRAC9 Enterprise
  
- **Software**
  - Sistema operativo instalado: Si
  - Sistemas operativos Microsoft Windows Server with Hyper-V
  
- **Características especiales del procesador**
  - Tecnología SpeedStep mejorada de Intel: Si
  - Tecnología de virtualización de Intel® para E / S dirigida (VT-d): Si
  - Intel Hyper-Threading: Si
  - Tecnología Intel® Turbo Boost: 2.0
  - Intel® AES Nuevas instrucciones (Intel® AES-NI): Si
  - Tecnología Trusted Execution de Intel®: Si

- VT-x de Intel® con Extended Page Tables (EPT): Si
- Intel® 64: Si
- Tecnología de virtualización Intel® (VT-x): Si
- Procesador ARK ID: 197100

Este servidor está conectado de la siguiente manera:

- Alimentación a través de sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).
- Comunicación con red local Ethernet.
- Comunicación con Router Dual Gigabit WAN VPN del Centro de Control.

En cuanto a la configuración del servidor se ha de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Configuración de red local. Debe tener una dirección IP fija.
- Configuración de seguridades DCOM para un correcto funcionamiento del Servidor OPC.
- El sistema de base de datos debe tener habilitado el acceso a través de conexiones TCP/IP.
- El firewall del sistema debe habilitar las comunicaciones para los puertos dedicados al servidor WEB y de base de datos.

El cometido de este equipo es el de actuar como servidor de base de datos para toda la red de telecontrol de la obra y como servidor Web y SMS para el acceso remoto a las aplicaciones de control.

El PC Servidor, configurado en una de sus funciones como Servidor VPN a través de la aplicación Open VPN, crea el túnel virtual, con el modem 3G/4G VPN de la Balsa, el cual es cliente de VPN.

#### 8.15.4.2 Sistema de Alimentación Ininterrumpida

Al servidor del Centro de Control se instalará un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) de 3000Va/2400W, con las siguientes especificaciones:

- Tecnología On-line doble conversión
- Formato Torre
- Entrada
  - Tensión nominal 220/230/240V
  - Margen de tensión 100% de carga 176-300V
  - Margen de tensión 40% de carga 100-300V
  - Factor de potencia >0.99
  - Frecuencia 50/60Hz
  - Margen de frecuencia 10%
  - Protección de entrada Térmico rearmable

- Salida
  - Factor de potencia 0.9
  - Forma de onda Senoidal pura
  - Tensión nominal 220/230/240V
  - Precisión tensión 1%
  - Distorsión armónica total (THDv) <2%
  - Margen de sincronismo 10%
  - Precisión frecuencia modo batería 0.05Hz
  - Velocidad de sincronismo 1Hz/s
  - Rendimiento
  - On line >89% - 92%
  - Eco-mode >98%
  - Sobrecargas admisibles
  - Modo Online 105% constante/130% durante 60s/ 150% durante 10s
  - Modo Batería 105% constante/130% durante 10s / 150% durante 1s
  - Modo Bypass 130% constante / 180% durante 60s
  - Formatos de toma Schuko
- Batería
  - Tipo de batería Pb-Ca selladas, AGM, sin mantenimiento
  - Protección Contra tensiones, subtensiones y componentes de corriente alterna
  - Test de batería Manual y/o automático programable
- Cargador
  - Tipo de carga I/U (Corriente constante / Tensión constante)
  - Tiempo de recarga 4 horas al 90%
- Comunicación
  - Interface USB HID
  - Slot para SNMP/relés Sí
  - Software de monitorización descargable Para familia Windows, Unix, Linux y Mac
- Modos funcionamiento
  - On-line doble conversión Sí
  - Eco-mode Sí
  - Convertidor de frecuencia (CVCG) Sí
- Generales
  - Temperatura de trabajo 0-40º
  - Humedad relativa Hast 95%, sin condensar
  - Altitud de trabajo 2400 m.s.n.m
  - Nivel de ruido a 1m <49dB (100% carga) / <41dB (60% de carga)
- Normativa
  - Seguridad EN 62040-1:2008+A1:2013
  - Compatibilidad electromagnética EN 62040-2
  - Funcionamiento VFI según EN62040-3

- Gestión de calidad y ambiental ISO-9001 e ISO-14001
- Potencia 3000

Proporcionará una protección de alto nivel al entorno informático del Centro de Control. Protege los equipos electrónicos más sensibles contra problemas del suministro eléctrico, incluyendo sobretensiones y subtensiones, picos, caídas de tensión prolongadas, y fallos de suministro eléctrico.

#### 8.15.4.3 Router Dual Gigabit VPN / Router industrial 3G/4G VPN

Para la transmisión de información desde el Centro de Control hasta la Balsa se establecerá una red privada virtual (VPN), mediante un Router Dual Gigabit VPN. Deberá ofrecer un acceso altamente seguro, ya que presenta plataforma VPN con SSL y VPN de punto a punto.

En la Balsa, y para establecer el túnel VPN de comunicaciones se ha diseñado un Router industrial 3G/4G VPN.

En la sede de la Colectividad ya disponen de conexión a internet con router que será utilizado para estas funciones.

#### 8.15.4.4 Radiomodem GSM

Se instalará un sistema para envío de alarmas a móviles mediante mensajes cortos SMS. Para ello se utiliza un modem GSM con antena y software configurado a tal efecto. Este modem GSM está conectado al SCADA del Centro de Control, y mediante la configuración por software previa, enviará las alarmas estimadas mediante SMS, a los números de teléfono indicados.

En la sede de la Colectividad ya disponen de un radiomodem que se podrá usar, siendo necesario actualizar el software.

#### 8.15.4.5 Impresora

Se instalará una impresora en el Centro de Control para poder imprimir cualquier tipo de informe que se requiera para el mantenimiento y control del sistema.

La impresora instalada será una Láser (color) tamaño A3.

### **8.15.5 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 dispone, 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 300).
- Control de comunicaciones y alimentaciones de los sistemas instalados.
- Control de obras de toma en canal.
- Control de caudales en bombeos
- Control de cabezal de filtrado.
- Representación de curvas de tendencia.
- Regulación de la estación de bombeo, con arranque y parada y cambio de consignas de los variadores desde el Centro de control
- Maniobra directa e inmediata (apertura y cierre) sobre las válvulas motorizadas
- Visualización de los valores de los sensores de presión, nivel, etc.
- Visualización y reconocimiento de alarmas de estado.
- Licencia de desarrollo para poder ampliar el número de elementos en función de las necesidades de la CRR.
- 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 entra fechas...

- 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.
- Monitorización de la instalación fotovoltaica tanto de la prevista en la Fase I para abastecer de energía a la nave y sus servicios auxiliares como la que se instalará en un futuro para abastecer a las bombas. Se recogerán datos de:
  - La intensidad y tensión actual.
  - La intensidad, la tensión y la potencia máximas registradas en el día en curso.
  - La energía generada durante el día en curso y durante la campaña de riego en curso.
  - Posibles incidencias (alarmas y eventos).

Bajo el entorno del SCADA están disponibles las siguientes aplicaciones:

- **Aplicación de Gestión.** - Es una aplicación para gestionar y controlar los datos de la Comunidad de Regantes y facturar consumos leídos por el sistema de telecontrol. Dispone 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.
  
- **Aplicación Sistema WEB de Control.** - Es 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 dispone 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 lo referente a las **estaciones de bombeo** se tendrán que acometer las siguientes tareas:

- Programación del PLC toda la monitorización del funcionamiento de las bombas y del campo fotovoltaico.
- Programación del HMI: posibles ampliaciones de filtros, pantallas de control de bombas y pantallas de control del campo solar fotovoltaico.

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 inversor.
- Voltaje entre fases en la red, potencia total de salida del variador.

- Potencia de salida del inversor.
- 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:

5. Cada inversor recibe la información procedente de cada uno de los *string* que tienen conectados aguas abajo.
6. Mediante cable de comunicaciones RS485 se llega hasta el *datalogger* ubicado en la estación de bombeo. El *datalogger* también recibe la información de las ondas de radiación y temperatura.
7. El *datalogger* se conectará con cable Ethernet a un router 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 router también se conectará el sistema de videovigilancia.

En cuanto a la regulación de las estaciones de bombeo 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 60 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.

Se incluye un sistema de videovigilancia de las naves de bombeo y de los campos fotovoltaicos.

### **8.15.6 Unidades remotas en terminales de riego**

En el presente proyecto, se contemplan dos redes de baja. La primera de ellas se dominará desde una estación de bombeo Sector A y la otra zona desde la otra estación de bombeo Sector B.

Para cada hidrante de la red, será necesario gestionar el control de las tomas de cada parcela, con sus contadores asociados. Por tanto, será necesario equipos con más de una salida de electroválvula, con sus correspondientes entradas de contador. Además, los equipos deberán permitir la instalación si fuera necesario de sensores de detección de intrusión, y sensores de presión.

La red de baja constará de un total de 169 hidrantes, Se contempla una gran diversidad en cuanto a número de tomas que deben gestionar los equipos terminales de hidrantes. En algunos hidrantes distribuidos por la red de baja, se instalarán sensores de presión, que los terminales de control de hidrante deberán gobernar. La comunicación entre los terminales de hidrante y los equipos concentradores deberá ser vía radio con frecuencia en banda libre 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). Los equipos serán alimentados por baterías e instalados con mástil de 3 metros.

Para cubrir el amplio abanico de tomas requeridas, agruparemos los terminales de control de hidrante en los siguientes grupos:

- Equipos que den soporte a 2 tomas
- Equipos que den soporte a 4 tomas
- Equipos que den soporte a 8 tomas

En todos los equipos para su dimensionamiento se dejará una entrada libre para posibles ampliaciones futuras.

El sistema de telecontrol podrá estar compuesto en un futuro por unas 169 remotas inteligentes de Radiofrecuencia (RF). 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.

Las remotas estarán diseñadas para conseguir un consumo eléctrico mínimo. La remota tendrá capacidad para actuar con completa autonomía, independientemente de 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 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 32 s. 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 máxima de cuenta de pulsos con filtrado de rebotes de señal: 2,5 Hz.
- Acumulador de hasta 4.294.967.295 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 automático programado.
- 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, 4-20 mA ó 0-3 V.
- Alimentación para sensores generada internamente en la propia remota, conmutable y programable desde 9 hasta 24V.
- Cada vez que la unidad 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 ó detector de intrusismo).
- Módulo radio-módem 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 Pilas alcalinas tipo D (3x1.5V) 40 Ah. Duración con una actividad normal de 4-5 años. Esta opción es la proyectada.
  - ✓ 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 °C / +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
- Estanqueidad de la envolvente IP67
- Marcado CE y certificado de compatibilidad electromagnética.
- Interfaz NFC para uso a modo de consola local a través de una App corriendo en un teléfono inteligente. Eso elimina la necesidad de contar con un puerto físico accesible externamente, lo que da robustez a la solución.

Los elementos incorporados a la remota encargados de realizar el enlace de comunicación vía radio son los siguientes:

- Radio-modem 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 las concentradoras. Es una antena de radiofrecuencia directiva diseñada para la banda de 700-960 MHz.

Todas las tomas comunican con una concentradora. Esta concentradora se enlaza con el rúter

3G-4G VPN y envía/recibe los datos del SCADA del Centro de Control a través del túnel VPN.

A continuación, resumiremos la funcionalidad que deberá ofrecer el equipo:

- Turnos de EVs. Permite programar hasta 8 turnos por electroválvula (EV) y día de la semana, es decir un total de 56 turnos por EV a la semana. La programación de turnos admite la posibilidad de indicar turnos periódicos o turnos de ejecución única (los turnos de ejecución única se borran automáticamente de la memoria no volátil de remota, una vez se ejecuten). Será posible configurar turnos cuyo día inicial y final sean diferentes.
- Reintento de apertura y cierre de EVs: Permite indicar el número de reintentos de apertura y cierre de EVs. Para la ejecución de estos reintentos, es posible especificar unos tiempos de verificación de apertura y cierre, previos a los correspondientes reintentos.
- Turnos de relés. Permite programar hasta 10 turnos por cada uno de los dos relés y día de la semana, es decir un total de 70 turnos por relé a la semana. La programación de turnos será exactamente igual a la programación de turnos de EV, pero con la salvedad de que para los relés no será posible indicar un volumen en el turno.
- Cancelación de turnos. Una vez programados los turnos, será posible indicar a la remota que cancele uno o varios turnos, independientemente de si éstos se encuentran en ejecución.
- Inhibición de Turnos. Posibilidad de inhibir los turnos de forma indefinida o en un rango de fechas. Posibilidad de indicar una máscara en la inhibición de turnos, de manera que permita una inhibición por EVs y Relés.
- Caracterización del pulso de contador. Posibilidad de indicar los tiempos del pulso de contador, para así poder filtrar espurios, que no afecten a la cuenta de litros de la remota.
- Caracterización de contadores y registro de litros. Posibilidad de caracterizar el tipo de contador, es decir la equivalencia litro – pulso.
- Registro de litros. Permite sincronizar, contar y acumular el número de litros proporcionados por cada contador asociado.
- Tiempo de vida. Posibilidad de configurar un tiempo máximo sin recibir información de la concentradora de comunicaciones, de manera que, superado dicho tiempo, la remota pueda ejecutar un protocolo de actuación, como por ejemplo cerrar todas las EVs y relés abiertos e inhibir todos sus turnos programados.
- Apertura y cierre manual de EV/EVs. Independientemente de los turnos de riego, será posible indicar una apertura manual de una o varias EVs un tiempo máximo de minutos; también será posible indicar un cierre inmediato. El disparo será independiente del estado de la EV en la remota.
- Asociación Electroválvulas-Contadores. Múltiples configuraciones de EV-CNT permitidas, con su correspondiente gestión de pulsos de contador

- EV Maestra. Posibilidad de indicar que una EV actúe como maestra y de configurar qué EVs actúan como aguas abajo de la maestra. Reparto de pulsos acorde a la configuración de maestra programada: se acumulará en el contador general de la maestra, y en el contador “virtual” de la EV aguas abajo abierta en cada caso.
- Monitorización de sensores analógicos. Posibilidad de indicar un tiempo de medición periódica de entradas analógicas y con un tiempo de estabilidad configurable. La configuración es independiente para cada una de las dos entradas analógicas. Para cada entrada analógica será posible indicar una pendiente y un offset, para escalar la medida de la corriente a la magnitud requerida. Posibilidad de especificar umbrales de alarma con porcentaje de histéresis, para evitar las activaciones y reposiciones de alarmas cuando la medición oscile entre unos valores próximos a los umbrales.
- Monitorización del caudal instantáneo. Posibilidad de activar el mecanismo de cálculo del caudal instantáneo de los contadores. Se implementa un algoritmo de ventana deslizante completamente configurable, que permite el cálculo de caudales instantáneos o caudales medios.
- Alarmas de riego. Posibilidad de indicar a la remota que reporte alarmas de “Cerrado con caudal” y “Abierto sin caudal”.
- Alarmas de propósito general. Utilizando las entradas digitales y analógicas de propósito general, será posible indicar que la remota reporte alarmas en base a estados digitales y valores analógicos (con umbrales debidamente configurados).
- Informes de riego. Siempre asociado a los turnos de riego, la remota almacenará una lista con el informe de riego del turno (fecha-hora de comienzo, duración, contador inicial y contador final).
- Modo instalación. Posibilidad de activar un modo instalación, de manera que la remota asista al instalador, indicando mediante una secuencia acústica, si está conectado o no a una concentradora, y con qué nivel de señal.
- Ahorro energético: Implementa un algoritmo de funcionamiento, basado en el ahorro de energía (entra en modo de bajo consumo siempre que puede), lo cual permite que las baterías alcancen largos periodos de vida.
- Monitorización de su propio consumo energético. Monitoriza su propia fuente de alimentación, reportando su estado al Centro de Control, lo que permite actuar a tiempo en casos de exceso de consumo, evitando así el agotamiento inesperado de la batería.
- Equipo completamente autónomo. Es completamente autónomo, y una vez programados sus turnos y reglas, no requiere de ningún agente externo para su correcto funcionamiento. Funcionar de forma independiente en caso de que haya algún problema con las comunicaciones, y además almacenará todos los datos de contadores, turnos de riego, informes de riego, etc, en una memoria no borrrable, de modo que cualquier problema con la alimentación del equipo no ocasiona la pérdida de datos del equipo.

- Resiliencia de comunicaciones: Implementa algoritmos configurables que permiten al equipo de manera autónoma realizar resets calientes y fríos del módem incorporado, lo que le permite recuperarse ante situaciones de “cuelgue” de módem.
- Comunicaciones Radio en tiempo real: El tiempo promedio de respuesta a un mensaje enviado desde el centro de control es de entre 3 y 12 segundos por salto, gracias a un algoritmo de priorización de los equipos en modo monitorización. Las comunicaciones se realizan en la banda 868MHz, y es posible configurar la potencia de transmisión del módem, para conseguir ahorros de batería importantes en equipos próximos a la concentradora.
- Telecarga: Posibilidad de realizar una telecarga remota del programa funcional de la remota.

### **8.15.7 Concentradoras**

Las concentradoras se instalarán centradas en cada uno de los sectores. Dispondrá de radio con CPU y módem 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, y puerto Ethernet RJ45.
- Comunicación vía radio UHF con nodos de riego mediante radio módem 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:** Radomo: Fibra de vidrio con base aluminio // Soporte y tornillos: acero inoxidable

El sistema de alimentación correspondiente a la concentradora será mediante una instalación solar (instalación eléctrica fotovoltaica para una potencia total 150Wp formado por batería gel estacionaria 12v y 164 Ah, módulo fotovoltaico 150Wp, intensidad Ip: 4,85 Amp, soporte para módulo, regulador de carga v2 de 12/24v-15).

El concentrador radio facilitará la comunicación con las remotas ubicados en su radio de acción. Cada concentrador radio debe ser capaz de dar servicio a un mínimo de 150 remotas.

Con la potencia ajustada al máximo (14dBm), y con visibilidad directa, la distancia entre las remotas y el concentrador debe alcanzar los 3Km.

Si no hay visibilidad directa entre el concentrador y las remotas, será factible llegar a comunicar con el equipo, mediante un protocolo que permita un máximo de 3 saltos desde el concentrador. Debe ser posible, por tanto, definir una ruta para llegar desde un concentrador a un equipo remoto. Un requisito muy importante del funcionamiento del protocolo radio, y que le dote de gran flexibilidad es que las rutas deben poder ser dinámicas, y por tanto debe ser posible reconfigurar las rutas hasta las remotas establecidas en el concentrador, en cualquier momento.

El enrutado dinámico se establecerá en el concentrador, y no requerirá reconfiguración de ningún equipo intermedio, simplificando así, la configuración en la instalación de la red de remotas.

La concentradora (UCC) permitirá gestionar de forma remota los mapas de equipos remotos instalados, y las rutas de acceso a los mismos, permitiendo dar de alta nuevos equipos, darlos de baja o editar sus direcciones MAC. Esta reconfiguración deberá poder realizarse sin necesidad de reiniciar el equipo, es más, deberá ser posible hacerlo sin tener que detener el sondeo periódico.

Es imprescindible poder conocer el RSSI (nivel de señal) entre el concentrador y un TCH, o incluso entre las remotas a lo largo de una ruta, y todo ello desde el concentrador. Además, el concentrador deberá almacenar el último RSSI obtenido de cada equipo remoto, de manera que sea posible extraer un informe de estado de salud de los niveles de señal de toda la red radio.

La concentradora será la encargada de realizar un sondeo periódico de todas las remotas instaladas. El sondeo consistirá en preguntar un comando de estado, y almacenarlo en RAM, para que el centro de control pueda conocer de manera inmediata el estado de cada remota (con una incertidumbre temporal igual al periodo de sondeo, parámetro configurable). Cada 'x' (también configurable) sondeos además del estado de un TCH, se consultará el RSSI remoto

(entre TCH y UCC si éste tiene como padre la UCC, y entre TCH y su TCH repetidor padre, en caso de que pase por repetidor). Además de ese sondeo autónomo, la UCC siempre deberá estar a la espera de recibir comandos del centro de control.

Para evitar que el centro de control esté esperando durante mucho tiempo la respuesta a sus comandos dirigidos a las remotas, la UCC manejará prioridades en la cola de transacciones radio, de manera que los comandos dirigidos a las remotas, que no sean del sondeo periódico de la UCC, tendrán mayor prioridad. Los comandos de supervisión directa también tendrán máxima prioridad, lo que permitirá una supervisión en tiempo real del equipo con tiempos entre actualizaciones muy reducidos.

La UCC implementará mecanismos de control ante las peticiones dirigidas a TCHs que tengan problemas de comunicación, para regular de la mejor forma, y optimizar el acceso al canal radio; por ejemplo, si un equipo remoto, lleva 3 sondeos sin comunicar, rechazará los comandos dirigidos a dicho equipo, hasta que este vuelva a responder al sondeo.

La UCC será la encargada de programar la fecha y hora de las unidades remotas, aprovechando el sondeo periódico, para detectar y corregir posibles desviaciones de los relojes de los equipos.

La UCC permitirá diagnosticar el estado de las comunicaciones de toda la red de equipos radio. Con las estadísticas de sondeo, será posible configurar en la UCC, algoritmos de autocontrol de comunicaciones, para detectar posibles “cuelgues” de módem radio, con las consecuentes actuaciones autónomas, por ejemplo, reset caliente o frío del módem.

La UCC también mantendrá estadísticas internas de saturación de colas, para saber el estado de la cola de transacciones radio, de la cola de supervisiones directas, y de la cola de peticiones de comandos a equipos remotos (que no sean supervisiones directas).

#### **8.15.8 Autómatas para el control de la red de alta**

Para el control de la Red de Alta se utilizarán autómatas programables industriales, dando a estos puntos la robustez, capacidad de procesamiento y configuración modular necesarias. El consumo de este tipo de autómatas es más elevado que las remotas de control de la Red de Baja (Tomas), por lo que necesitan alimentación eléctrica. A continuación, se describen las principales características de estos autómatas:

- PLC estándar de mercado, con carácter modular para permitir posibles ampliaciones futuras.
- Máximo 1024 E/S discretas+256 Analógicas

- Tarjeta SD de Almacenamiento
- Comunicaciones
  - Puerto Ethernet (Modbus TCP), Puerto Modbus (485/422) Enlace serie sin aislar RJ45 modo de caracteres, modo transmisión: asíncrono en banda base, RS232C, modo transmisión: 2 pares trenzados blind. en 0,3...19,2 kbit/s duplex total
  - Enlace serie sin aislar RJ45, maestro/esclavo Modbus, RTU/ASCII, modo transmisión: asíncrono en banda base, RS232C, modo transmisión: 1 par trenzado blindad en 0,3...19,2 kbit/s dúplex med.
  - Porta USB en 12 Mbit/s
  - Ethernet TCP/IP RJ45, modo transmisión: 1 par trenzad en 10/100 Mbit/s
- Programación según estándar internacional IEC 1131-3.
- Reloj de tiempo real.
- Modo de comunicación pooling y gestión interna de alarmas.
- Puerto auxiliar para conexión directa desde PC.
- Monitorización en tiempo real de entradas/salidas desde PC.
- Tensión de alimentación 24 VDC.
- Sincronización de los relojes internas de los autómatas con la hora del Puesto Central (Servidor).

#### **8.15.9 Pantalla táctil en la red de alta**

Con el objeto de operar en las estaciones de bombeo, a cada autómata programable se le dotará de una pantalla Táctil HMI de 12" para el control local sin necesidad de acceder al SCADA. La pantalla táctil será del tipo:

- TERMINAL 12.1" COLOR SVGA ETHERNET.
- Tamaño de pantalla 12.1 Pulgada
- LCD TFT a color retroiluminada
- 800x600 pixels SVGA
- Tensión de alimentación 24 VDC

#### **8.15.10 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.

#### 8.15.10.1 Estaciones de bombeo

A través del Canal de Lobón llegará el agua hasta las estaciones de bombeo y desde ella se distribuye el agua hacia el cada sector. Se controlarán los siguientes elementos:

- Lectura de caudalímetros.
- Lectura de presión.
- Actuación de Apertura/Cierre sobre válvulas de corte motorizadas.
- Actuación sobre batería de filtros (actuación futura).
- Lectura detector de flujo tras cada bomba (6).
- Incorporación de control de bombas (6 variadores de velocidad)
- Monitorización del control de campo fotovoltaico,
- Sistema de videovigilancia interior y exterior.

#### 8.15.10.2 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 hidrante:

- Válvula hidráulica contador limitadora de caudal con solenoide sobre la que se actuará para abrir o cerrar.
- Contador individual con emisor de pulsos de los que se tomarán 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 hidrantes concretos, aguas arriba de la válvula hidráulica y la lectura será tomada por la remota.
- Sensor de intrusismo en las arquetas.
- 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 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 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/o sobre las válvulas hidráulicas de los hidrantes.

#### **8.15.11 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 Comunidad de Regantes.

En el centro de control se instalará el software y hardware para la gestión integral del telecontrol, además de los elementos necesarios para las comunicaciones. Las unidades contempladas son:

**Tabla 49.** Tabla de unidades de obra (I)

<b>Unidad de Obra</b>	<b>Unidades</b>
Licencia SCADA	1
Software scada de control	1
Software de gestión telecontrol hidrantes	1
Bastidor CPU	1
Switch	1
Sistema de alimentación ininterrumpida	1
PC Servidor para telecontrol y automatización	1
Servidor NAS	1
Sistema WEB de control	1
Sistema de gestión de avisos SMS	1
Impresora láser A3 para informes	1
Pantalla 55" Full HD	1

2. Elementos para automatización de la estación de bombeo Sector A.

En la estación de bombeo del Sector A existirán una serie de elementos que hay que automatizar y telecontrolar. El principal elemento es el armario que alojará el PLC y el panel táctil de control. Este PLC contendrá el software de control del bombeo y del campo solar. Se incluyen también transductores de presión y el sistema de videovigilancia.

**Tabla 50.** Tabla de unidades de obra (II)

<b>Unidad de Obra</b>	<b>Unidades</b>
Armario para autómatas de control de la estación bombeo	1
Software de control filtrado (en el futuro ampliado para bombeo+ campo FV)	1
Panel operador pantalla táctil	1
Transmisor de presión	1
Sonda nivel foso aspiración	1
Boya de mínimos	2
Flujostatos	6
Presostatos	2
Sistema de videovigilancia	1

### 3. Elementos para automatización de la estación de bombeo Sector B.

En la estación de bombeo del Sector B existirán una serie de elementos que hay que automatizar y telecontrolar. El principal elemento es el armario que alojará el PLC y el panel táctil de control. Este PLC contendrá el software de control del bombeo y del campo solar. Se incluyen también transductores de presión y el sistema de videovigilancia.

**Tabla 51.** Tabla de unidades de obra (II)

<b>Unidad de Obra</b>	<b>Unidades</b>
Armario para autómatas de control de la estación bombeo	1
Software de control filtrado (en el futuro ampliado para bombeo+ campo FV)	1
Panel operador pantalla táctil	1
Transmisor de presión	1
Sonda nivel foso aspiración	1
Boya de mínimos	2
Flujostatos	6
Presostatos	2
Sistema de videovigilancia	1

### 4. Elementos de campo para el telecontrol de los hidrantes de la red de riego Sector A

Para el control de los hidrantes de la red de riego del Sector A se proyectan unidades remotas para cada hidrante con sus antenas y detector de intrusismo y una concentradora.

**Tabla 52.** Tabla de unidades de obra (II)

<b>Unidad de Obra</b>	<b>Unidades</b>
Terminal remota vía radio capacidad hasta 2 tomas	78
Terminal remota vía radio capacidad hasta 4 tomas	12
Terminal remota vía radio capacidad hasta 8 tomas	27
Detector de intrusismo	117
Transmisor de presión	5
Concentradora	1

5. Elementos de campo para el telecontrol de los hidrantes de la red de riego Sector B

Para el control de los hidrantes de la red de riego del Sector B se proyectan unidades remotas para cada hidrante con sus antenas y detector de intrusismo y una concentradora.

**Tabla 53.** Tabla de unidades de obra (II)

<b>Unidad de Obra</b>	<b>Unidades</b>
Terminal remota vía radio capacidad hasta 2 tomas	39
Terminal remota vía radio capacidad hasta 4 tomas	8
Terminal remota vía radio capacidad hasta 8 tomas	3
Detector de intrusismo	50
Transmisor de presión	5
Concentradora	1

## 8.16 GESTION TIERRAS DE LAS EXCAVACIONES.

Tal como se recoge en los estudios de terrenos realizado en base a múltiples calicatas y al tipo de suelo que se da en la zona regable por estar situado en la vega del río Guadiana, se trata de tierras de un altísimo valor agronómico. Al mismo tiempo se comprueba que las tierras tienen un alto contenido en áridos, de ahí la existencia de canteras en las zonas más próximas al río.

Ante esta situación se plantea la siguiente gestión de las tierras procedentes de la excavación.

1. Aprovechar los sobrantes de las excavaciones para la obtención de áridos que se emplearán posteriormente para la construcción de la cama de apoyo de las tuberías.
2. Las tierras sobrantes en las zanjas se transportarán a las canteras existentes para el cribado de las mismas y posterior reutilización.
3. Las tierras sobrantes de las zanjas se podrán extender por las mismas parcelas agrícolas, pues son tierras de alto valor agronómico. En cualquier caso, se ha valorado

en el presupuesto el poder transportar el sobrante de excavación a otras ubicaciones por si no se pudieran extender en el mismo sitio de la excavación, como pueden ser las zonas próximas a caminos (en estos casos puede ser hasta dentro de la misma finca).

### **8.17 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 Nº 15 «Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias».

### **8.18 ESTUDIO ESPECÍFICO DE ACCIONES SÍSMICAS**

Las acciones sísmicas no tienen afección a ninguna de las actuaciones proyectadas.

## **9 AHORRO POTENCIAL DE AGUA**

Conforme figura en la Concesión de Aguas a la comunidad de regantes riega 5.426 ha y le corresponde al año un volumen de 40.695.000 m<sup>3</sup>, con una dotación de 7.500 m<sup>3</sup>/ha. Para las 2.023 ha afectadas por la modernización, el volumen máximo anual será de 15.172.500 m<sup>3</sup>.

En el Anejo nº 3 “Estudio agronómico” se determina que en la actualidad se puede estimar en función de los cultivos existentes, que la superficie regada por cada sistema de riego será de 985 ha (48,69 %) de riego por superficie y 1.038 ha (51,31%) de localizado.

Con base en numerosa bibliografía, se determinan de forma genérica los valores a emplear para estimar las eficiencias a nivel de zonas regables, se puede considerar un 80 % de eficiencia en una red de distribución de acequias en mal estado, un 95 % en la red de distribución de tuberías en buen estado, un 95 % para riego goteo, un 83% para riego aspersión y un 75% para riego por superficie. Con esto valores, se obtendrá una eficiencia global del 86 % para el riego localizado por goteo y de 75 % para riego por aspersión.

La red de riego existente son acequias en mal estado por lo que la eficiencia actual de la zona regable sería:

**Tabla 54.** Eficiencia actual de la zona de actuación

EFICIENCIA DISTRIBUCIÓN	Acequias hormigón	0,8
EFICIENCIA RIEGO (*)	Gravedad + goteo	0,8526
<b>EFICIENCIA GLOBAL ACTUAL (**)</b>		<b>0,682</b>

(\*) Para el cálculo se toma un 48,69 % de gravedad y otro 51,31 % localizado en mal estado

$$ET = 0,469 \times 0,75 + 0,5131 \times 0,95 = 0,8526$$

(\*\*) Eficiencia global actual = ET x ED = 0,8526 x 0,8 = 0,682

Como las necesidades netas de riego son 5.085 m<sup>3</sup>/ha, resultarán unas necesidades de riego brutas anuales en la actualidad de 7.455 m<sup>3</sup>/ha. Esto daría un consumo total de 15.081.465 m<sup>3</sup> (muy cercano a la máxima concesión de aguas) y que hace que en años con rotaciones de cultivos más exigentes en agua o con restricciones en el suministro (cada vez más frecuentes) no se puedan satisfacer plenamente las necesidades hídricas de los cultivos.

Tal como se determina en el Anejo nº 3 “Estudio agronómico”, con la modernización y la mejora de las eficiencias de riego (1.371 ha de riego por goteo -67,77 %- y 652 ha de riego por aspersión -32,23 %) y de distribución (95 %), los consumos anuales pasaran a ser de 6.239 m<sup>3</sup>/ha y un total de 12.622.238 m<sup>3</sup>.

**Por tanto, la modernización supondrá un ahorro potencial de agua de 2.459.227 m<sup>3</sup>/año.**

## **10 DISMINUCIÓN DE LA DEPENDENCIA ENERGIA DE ENERGIAS CONVENCIONALES Y DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**

En el anejo nº 10 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. Cuando éstas estén en funcionamiento si el campo fotovoltaico no cubre la demanda existente, la energía necesaria que falte se tomará de la red eléctrica convencional.

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

Además, hay que considerar que puede haber momentos donde la producción del campo fotovoltaico es mayor que el consumo de la estación de bombeo. Luego tampoco se aprovechará toda la energía producida.

Por último, aunque la energía producida mensualmente sea diferente 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. En cualquier caso, tienden a compensarse y existirán horas centrales del día de exceso de producción fotovoltaica (frente a demanda conforme se vayan ampliando los campos fotovoltaicos) para absorber mayores demandas o campañas más largas (marzo, abril, octubre que casi no se ha contemplado).

Como se justificó en el Anejo nº 7 «Criterios de diseño y cálculos hidráulicos», se ha supuesto que la jornada efectiva de riego (JER) será de 18 h (máximo periodo de tiempo para servir toda la demanda de agua en el mes más desfavorable que es julio). En el Anejo 3 «Estudio agronómico» se ha determinado las necesidades hídricas mensuales.

Para aprovechar al máximo la energía autoproducida en las estaciones de bombeo se deberá centrar el periodo de riego en las horas diurnas, por lo que se proponen unos periodos de riego para cada mes de forma que se puedan suministrar de forma holgada las necesidades hídricas. En función de las necesidades mensuales se obtendrán los caudales ficticios continuos para cada mes ( $q$ ), los caudales necesarios medios para suministrar las necesidades hídricas en cada mes en la jornada prevista ( $Q_{med}$ ), el volumen diario por hora a suministrar para cubrir la demanda conforme a las necesidades hídricas en cada mes ( $V_{hora}$ ), la potencia necesaria (consumo kWh) para proporcionar el anterior volumen y la potencia mayorada necesaria (incrementada un 5% para las pérdidas que se producen en las instalaciones de baja tensión y variadores de frecuencia de la estación de bombeo). En las siguientes tablas se muestran todos esos datos.

**Tabla 55.** Energía necesaria para suministro de necesidades hídricas en jornada establecida de riego Sector A

Mes	Jornada de riego (h)	Consumo mes (m <sup>3</sup> )	q (l/s.ha)	Qmed (l/s)	Vhora (m <sup>3</sup> /h)	Potencia (kWh)	Potencia mayorada (kWh)
Enero	0	0	0,000	0	0	0	0
Febrero	0	0	0,000	0	0	0	0
Marzo	0	0	0,000	0	0	0	0
Abril	8	56.255	0,010	37,59	280	60	63
Mayo	12	1.534.816	0,283	683,79	2.462	528	555
Junio	17	3.510.398	0,648	1.103,96	4.107	882	926
Julio	18	4.019.594	0,742	1.193,87	4.298	923	969
Agosto	15	2.859.253	0,528	1.019,08	3.669	788	827
Septiembre	12	583.258	0,108	259,85	967	208	218
Octubre	8	58.664	0,011	39,20	292	63	66
Noviembre	0	0	0,000	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0,000	0	0	0	0

**Tabla 56.** Energía necesaria para suministro de necesidades hídricas en jornada establecida de riego Sector B

Mes	Jornada de riego (h)	Consumo mes (m <sup>3</sup> )	q (l/s.ha)	Qmed (l/s)	Vhora (m <sup>3</sup> /h)	Potencia (kWh)	Potencia mayorada (kWh)
Enero	0	0	0,000	0	0	0	0
Febrero	0	0	0,000	0	0	0	0
Marzo	0	0	0,000	0	0	0	0
Abril	8	56.255	0,010	25,42	189	41	43
Mayo	12	1.534.816	0,283	462,28	1.664	357	375
Junio	17	3.510.398	0,648	746,34	2.776	596	626
Julio	18	4.019.594	0,742	807,12	2.906	624	655
Agosto	15	2.859.253	0,528	688,96	2.480	532	559
Septiembre	12	583.258	0,108	175,67	654	140	147
Octubre	8	58.664	0,011	26,50	197	42	44
Noviembre	0	0	0,000	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0,000	0	0	0	0

Se puede comprobar que se puede suministrar sobradamente las necesidades de riego con las jornadas previstas y con los caudales de diseño empleados y las bombas proyectadas.

En los Apéndices 2 «Cálculos justificativos de potencia bruta, potencia neta, autoconsumo y energía procedente de la red Sector A» y 3 «Cálculos justificativos de potencia bruta, potencia neta, autoconsumo y energía procedente de la red Sector B» del Anejo nº 10, se calcula la energía-potencia producida por periodos cuartohorarios, 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 y cuál sería la energía procedente de la red eléctrica convencional necesaria para cubrir la demanda completa junto con la energía autoproducida. En las siguientes tablas se muestran por meses para cada sector los resultados de la producción neta de los campos fotovoltaicos, la energía autoconsumida y la energía tomada de la red eléctrica convencional estimados mensualmente.

**Tabla 57.** Datos de autoconsumo y energía consumida de red Sector A

Mes	Energía producida neta (kWh)	Energía Autoconsumo kWh	Energía consumida red kWh
Enero	60.913	0	0
Febrero	75.018	0	0
Marzo	101.532	0	0
Abril	117.058	7.560	0
Mayo	130.470	128.620	77.840
Junio	137.705	137.705	334.555
Julio	150.464	150.464	390.238
Agosto	139.535	139.535	245.020
Septiembre	111.489	69.653	11.224
Octubre	94.991	7.920	0
Noviembre	65.897	0	
Diciembre	59.013	0	
<b>Totales</b>	<b>1.244.084</b>	<b>641.456</b>	<b>1.058.878</b>

**Tabla 58.** Datos de autoconsumo y energía consumida de red Sector B

Mes	Energía producida neta (kWh)	Energía Autoconsumo kWh	Energía consumida red kWh
Enero	49.838	0	0
Febrero	61.378	0	0
Marzo	83.072	0	0
Abril	95.774	5.160	0
Mayo	106.748	105.234	38.470
Junio	112.668	112.668	206.592
Julio	123.107	123.107	242.383
Agosto	114.165	114.165	145.770
Septiembre	91.218	46.452	6.131
Octubre	77.720	5.280	0
Noviembre	53.916	0	0
Diciembre	48.283	0	0
<b>Totales</b>	<b>1.017.887</b>	<b>512.065</b>	<b>639.347</b>

Como ya se ha descrito anteriormente en el presente proyecto, ya existen en la zona regable parcelas que se riega con sistemas localizados, donde la energía necesaria para los bombeos individuales se la proporcionan los propios regantes mediante conexiones a la red eléctrica en las parcelas más grandes y con grupos electrógenos en las más pequeñas, siendo por lo general instalaciones con muy baja eficiencia energética (lo cual lleva consigo unos importantes costes energéticos a las explotaciones).

Para realizar una estimación del consumo actual de energía en la zona regable se partirá de un rendimiento medio del 65 % en los grupos motobomba de gasoil y de los bombeos electrificados (rendimiento que es muy conservador, ya que realmente puede ser más bajo, por la antigüedad y estado de conservación). Con una presión necesaria a proporcionar de unos 40 mca, se obtiene que se necesitan 0,31 kWh por metro cúbico bombeado. Suponiendo una dotación media en parcela de 6.000 m<sup>3</sup>/ha.año, el consumo de energía por hectárea se puede estimar en 1.860 kWh/ha.año. Por tanto, el consumo total de energía en la actualidad para las 1.038 ha con riego localizado (ver Anejo nº 3 "Estudio agronómico") será de 1.930.680 kWh/año (1.930,68 MWh/año). Estas instalaciones dejarán de usarse con la entrada en funcionamiento de las actuaciones proyectadas, pues la presión necesaria será proporcionada por las estaciones de bombeo colectivas.

Además, como se ha descrito en este proyecto, en la actualidad en la Toma a existe un pequeño bombeo que eleva el agua desde el Canal hasta la acequia. Este bombeo también quedará en desuso con la entrada en funcionamiento de las nuevas instalaciones proyectadas, lo que supondrá que no se consumirán los 163.574 kW/año (consumo medio).

Con la modernización que se plantea los consumos de energía para la totalidad de la zona regable (2.023 ha) serán los siguientes:

**Tabla 59.** Resumen de energía autoproducida y procedente de red convencional

	<b>Energía autoproducida (kWh)</b>	<b>Energía red convencional (kWh)</b>
<b>SECTOR A</b>	641.456	1.058.878
<b>SECTOR B</b>	512.065	639.347
<b>TOTAL ENERGIA POR PROCEDENCIA (kWh)</b>	<b>1.153.521</b>	<b>1.698.225</b>
<b>TOTAL ENERGIA (kWh)</b>	<b>2.851.746</b>	

**Se puede comprobar que, con las actuaciones proyectada, la energía procedente de la red convencional para regar las 2.023 ha que incluye el proyecto es menor que la que se puede estar consumiendo en la actualidad para regar 1.038 ha. Es decir, con la implantación de los bombeos colectivos de alta eficiencia energética con instalaciones fotovoltaicas**

asociadas frente a los bombeos individuales existentes (que dejarán de usarse) y la eliminación del bombeo actual de la Toma a se pasará de un consumo de 2.094.254 kWh/año (1.930.680 kWh/año de bombeos privados más 163.574 kWh/año del bombeo de la Toma a) a 2.851.746 kWh/año totales, de los cuales 1.153.521 kWh/año serán autoproducidos con las instalaciones fotovoltaicas y 1.689.225 kWh/año, procederán de la red eléctrica convencional. Esto representará un ahorro de energía de la red convencional de 405.029 kWh/año y una reducción de las emisiones de 104.497,5 kg CO<sub>2</sub>e/año, con lo que se está contribuyendo positivamente a la lucha contra el cambio climático y sus consecuencias.

**Tabla 60.** Estimación de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente frente a situación actual

COMPañÍA	AHORRO ENERGÍA RED CONVENCIONAL (kWh/año)	FACTOR MIX (kgCO <sub>2</sub> e/kWh/año)	AHORRO EMISIONES (kgCO <sub>2</sub> e/año)
ENDESA	405.029	0,258	104.497,5

El principal objetivo del proyecto con la modernización integral de las instalaciones de riego es el ahorro de agua, si bien con el diseño realizado se ha buscado la máxima eficiencia energética y se han proyectado instalaciones solares fotovoltaica que, además de los ahorros económicos que conlleva la instalación de un generador fotovoltaico, 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. 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.

De los 2.851.746 kWh/año que consumirá la nueva instalación de riego 1.153.521 kWh/año son autoproducidos con los campos fotovoltaicos proyectados y el resto, 1.698.225 kWh/año procederán de la red eléctrica convencional.

**Tabla 61.** Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente futuras

	Energía (kWh/año)	EMISIONES (kgCO <sub>2</sub> e/año)
ENERGÍA AUTOPRODUCIDA	1.153.521	297.608 (reducción)
ENERGÍA DE RED CONVENCIONAL	1.698.225	435.820 (incremento) (*)

Estas emisiones de 435.820 kgCO<sub>2</sub>e/año de los bombeos colectivos son menores que los 540.317,5 kgCO<sub>2</sub>e/año que se producen en la actualidad por los consumos energéticos de los regantes particulares y en el bombeo de la Toma a, por lo que realmente no habrá

**incremento de emisiones de CO<sub>2</sub>.**

El consumo de agua medio conforme al Anejo 3 «Estudio agronómico» es de 12.622.237 m<sup>3</sup>/año. Partiendo del consumo de energía anteriormente indicado 2.851.746 kWh/año, se obtiene que para bombear un metro cúbico de agua son necesarios 0,2259 kWh/m<sup>3</sup> (0,1345 kWh/m<sup>3</sup> procedentes de la red eléctrica convencional y 0,0914 kWh/m<sup>3</sup> procedentes de la energía fotovoltaica autoproducida).

El coste de la red eléctrica convencional implicará un aumento de los costes de la Comunidad de Regantes y una disminución de los costes energéticos de los regantes a nivel particular.

La Comunidad de Regantes tendrá un consumo discriminado en seis periodos tarifarios y al ser un riego a la demanda, el consumo se distribuye más o menos uniformemente a lo largo de dichos periodos. Los precios medios de actuales de la energía pagados son muy variables, pues la comunidad tendrá un contrato indexado por lo que el precio del kWh cambia todos los días y en la factura aparecen precios medios mensuales. Para estimar los futuros costes energéticos se puede tomar un precio de 0,1 €/kWh más IVA (0,121 €/kWh). Con el consumo de 1.698.225 kWh/año de la red eléctrica, el coste de energía ascenderá a un total de 205.485 €/año.

**10.1 ACCESOS A LAS OBRAS, DESVIOS DE TRÁFICO Y ZONA DE ACOPIOS.**

Antes de iniciar la obra se preverán los accesos, así como los itinerarios y recorridos preestablecidos para los diferentes usuarios de los mismos. Se marcará en planos y croquis suficientemente claros y comprensibles que serán distribuidos por lugares estratégicos de la obra.

No se producirá ningún corte en los accesos existentes como consecuencia del normal funcionamiento de la obra. Tampoco será necesario realizar ninguna ampliación del ancho de los mismos para el tránsito de maquinaria, ni ninguna señalización para segregar el paso de vehículos y el paso de peatones.

Al tratarse de una obra con una gran extensión, según la zona de trabajo se accederá a la misma a través de la red de carreteras existente, así como de los caminos de servicio de la C:R Canal de Lobón.

En lo que respecta a las zonas de acopios se dispondrán las siguientes:

- Para el Sector A.- En la misma parcela donde se ejecuta la planta fotovoltaica existe espacio sobrante donde poder hacer los acopios.
- Para el Sector B.- Justo en el exterior del futuro cerramiento de la estación de bombeo

existe una zona donde se realizará el acopio de materiales, ya que dispone de un amplio espacio libre.

A continuación, se describen los accesos. En los planos 17.1 «Acceso a obra y zona de acopio. Sector A» y 17.2 «Acceso a obra y zona de acopio. Sector B» se recogen los accesos y las zonas de acopio.

### **10.1.1 Accesos obras Sector A**

Se accederá a la parcela donde se implantará el campo fotovoltaico y a la estación de bombeo del sector A a través de camino de servicio de la C.R. Canal de Lobón.

La parcela donde se implantará el campo fotovoltaico se encuentra en la actualidad sin vallar, mientras que el acceso a la estación de bombeo se realiza a través de una cancela metálica, en cerramiento realizado con muro de bloques de hormigón con posterior enfoscado y pintado en su parte inferior y valla metálica hasta 2 metros de altura.



**Fotografía 1.** Camino de servicio acceso campo fotovoltaico-estación de bombeo sector A



**Fotografía 2.** Acceso a estación de bombeo sector A

### **10.1.2 Accesos obras Sector B**

Se accederá a la zona donde se implantará tanto la estación de bombeo como el campo fotovoltaico del Sector B a través del camino de servicio de la C.R. Canal de Lobón, que a su vez está conectada con la autovía del Suroeste (A5). Ambas parcelas se encuentran en la actualidad sin vallar.



**Fotografía 3.** Camino de servicio acceso campo fotovoltaico-estación de bombeo sector B

## 10.2 MEDIDAS AMBIENTALES DE INTEGRACIÓN EN EL PRTR

Las medidas ambientales que se han implementado en el proyecto para conseguir su integración y sostenibilidad ambiental, se recogen en el *Anejo 23 Documentación ambiental*. De esas medidas, se describen a continuación las que se corresponden con la aplicación de las directrices elaboradas por el CSIC en el ámbito del PRTR.

### 10.2.1 Divulgación y formación en Buenas Prácticas Agrícolas

Como medida transversal a todas las demás que se diseñan en este documento ambiental, se desarrolla una medida de divulgación y formación en el Código de Buenas Prácticas Agrarias (CBPA), con el objetivo de transmitir una conciencia ecológica a los agricultores a través de la formación y la exposición de acciones demostrativas eficaces, para ayudar a alcanzar la sostenibilidad e integración ambiental de los regadíos.

En este sentido, se incorporan acciones concretas de divulgación y formación en buenas prácticas agrarias, dirigidas a los miembros de la Comunidad de usuarios del agua beneficiaria de la obra, que se desarrollarán antes de hacerse entrega de la misma. Se trata de una medida preventiva en la FASE DE CONSTRUCCIÓN del proyecto. Esta medida se ha desarrollado de acuerdo con lo establecido en las directrices elaboradas por el CEBAS-CSIC en el ámbito del

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

En el programa de divulgación y formación en buenas prácticas agrarias (BPA) se han incluido dos cursos que son los siguientes:

➤ **Curso general: *Optimización de la eficiencia del regadío y su gestión ambiental en el marco del CBPA***

Los objetivos generales son introducir el contexto administrativo y de políticas que han dado lugar al Plan y los principios que soportan la orientación de las directrices.

Este curso presenta unos contenidos comunes que se consideran esenciales para aplicar BPA en zonas agrícolas de regadío y para conseguir los objetivos globales marcados por las directrices.

Se expondrá una introducción sobre el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) y la aplicación del principio *Do Not Significant Harm* o DNSH por sus siglas en inglés, en el marco de dicho Plan y así como una visión general de las directrices 1, 2, 3 y 4 desarrolladas por el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CEBAS-CSIC) en el ámbito del PRTR citado, en las que se abordan los cursos específicos para cada directriz, extrayendo de ellos los aspectos más relevantes y equilibrando los diferentes aspectos a tratar.

Serán impartidos aspectos formativos que son básicos, necesarios y relevantes a la hora de aplicar el CBPA en zonas agrícolas de regadío:

- i)* Conservación y calidad de los suelos en zonas agrícolas de regadío.
- ii)* Balance de agua en los suelos.
- iii)* Agricultura de precisión y uso sostenible de plaguicidas.
- iv)* Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados.
- v)* Eficiencia del uso de la energía en redes de riego presurizadas.
- vi)* Principios básicos sobre el funcionamiento de los agroecosistemas.

➤ **Curso específico**

Se impartirá además un curso de formación específico en relación con las directrices 3 y 4 elaboradas por el CSIC titulado “**Implementación de medidas y buenas prácticas para la sostenibilidad ambiental de los paisajes agrarios de regadíos**” en el que se aplican los conocimientos adquiridos en el curso de contenidos comunes también desarrollado a través de las directrices del CSIC en el ámbito del PRTR, en el que se

tratará los principios básicos sobre el funcionamiento de los agroecosistemas y las estructuras vegetales de conservación y mejora de la habitabilidad para la fauna acompañante al paisaje agrario. Contenidos:

- i) Introducción: Recapitulación del módulo 7 del curso general de contenidos comunes, metodología y técnicas para la diversificación del paisaje rural.
- ii) Normativa vigente.
- iii) Infraestructura verde. Soluciones basadas en la naturaleza. Renaturalización.
- iv) Implementación de barreras vegetales: localización, diseño, ejecución y mantenimiento.
- v) Implementación de acciones para la conservación de fauna en los paisajes de regadío.
- vi) Casos prácticos a realizar

#### 10.2.2 **Estructuras vegetales en alineación**

Con la intención de naturalizar las zonas de actuación e integrar ecológicamente las instalaciones fotovoltaicas en su entorno, se pretende implantar una estructura vegetal lineal en los perímetros vallados, buscando también mejorar el control de la escorrentía y la conectividad hidrológica, a la vez que se aumenta la biodiversidad con especies que atraigan polinizadores y enemigos naturales. Habrá dos zonas de actuación:

- Plantas fotovoltaica Sector A
- Planta fotovoltaica Sector B

Las dos plantas fotovoltaicas estarán valladas. Paralelo a este vallado se plantará una pantalla vegetal de naturalización.

En ninguno de los dos casos, se crean taludes por movimiento de tierras.

Las estructuras vegetales en alineación serán las siguientes:

- Arbustos perennes en alineación (con 1 o varias líneas de plantación): Consistirá en la creación de una o varias líneas de plantación establecidas mediante la implementación de alineaciones de arbustos sin herbáceas anuales, de tal forma que su presencia futura de estas estructuras de vegetación no dificulte la gestión de la actividad agrícola. Las especies a implantar serán:

- Arbustos:

*Adelfa (Nerium oleander)*

Brezo (*Erica multiflora*)

- Matas:

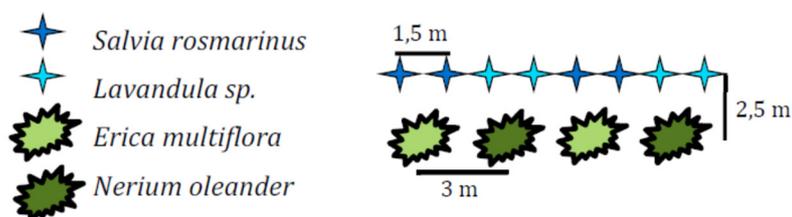
Romero (*Salvia rosmarinus*)

Lavanda (*Lavandula dentata*)

### Plantación

Los arbustos se dispondrán en línea con una distancia de 3 m entre plantas, mientras que las matas se dispondrán en línea paralela con una distancia de 1,5 m.

La actuación incluirá la apertura de hoyos de 30 x 30 x 30 cm, replanteo, distribución de la planta, abonado, tapado, aporcado, formación de alcorque y primer riego (30 l), según el siguiente esquema:



La franja a plantar tendrá una longitud total de 1165 metros en los emplazamientos antes descritos, por lo que el número de plantas necesarias para su formación son las siguientes:

**Tabla 62.** Número de plantas necesarias en alineación

Ubicación	Especie	Longitud	Densidad	Nº de plantas
Sector A	Adelfa	573	6 m/planta	96
	Brezo	573	6 m/planta	96
	Romero	573	3 m/planta	191
	Lavanda	573	3 m/planta	191
Sector B	Adelfa	592	6 m/planta	99
	Brezo	592	6 m/planta	99
	Romero	592	3 m/planta	198
	Lavanda	592	3 m/planta	198
<b>Suma número de plantas por especie</b>	<b>Adelfa</b>	-	-	<b>195</b>
	<b>Brezo</b>	-	-	<b>195</b>
	<b>Romero</b>	-	-	<b>389</b>
	<b>Lavanda</b>	-	-	<b>389</b>

Además, se asegurará el mantenimiento con riego y la reposición de marras durante los 3 primeros años tras la ejecución de las obras, tal y como se describe en el Plan de Vigilancia Ambiental.

Se tendrá que realizar el seguimiento de las estructuras vegetales a implementar en el proyecto, durante los 5 primeros años tras la entrega de las obras. Por lo tanto, el proyecto recoge el mantenimiento de todas las estructuras vegetales que se proponen en el mismo con una valoración de hasta 20 % de marras y riego hasta 2 savias.

### **10.2.3 Incremento de disponibilidad de espacios para nidificación de aves**

Se pretende instalar cajas nido para aves y refugios para murciélagos en las edificaciones existentes y proyectadas, en las dos estaciones de bombeo. Con esta actuación se quiere incrementar las poblaciones de animales beneficiosos, fundamentalmente por su labor de control de plagas de insectos. Este servicio ecosistémico contribuye a aumentar las producciones y su calidad, reduciendo la necesidad de pesticidas.

Los nidos se instalarán en las paredes de los edificios existentes para las instalaciones de riego, siendo específicos para las siguientes especies de la zona:

- Vencejo común (*Apus apus*)
- Golondrina común (*Hirundo rustica*)
- Avión Común (*Delinchon urbicum*)
- Murciélago (varias especies)



**Imagen 1. Caja nido para vencejos**



**Imagen 2. Caja nido para murciélagos**

Caja nido tipo vencejo. Características y colocación

Se instalarán 4 unidades en la estación de bombeo del sector A, construidas con madera sostenible. Tiene frontal abatible para su inspección y limpieza. Las maderas se unen con tirafondos para que tengan mayor consistencia y durabilidad. Están dispuestas de colgadores de acero inoxidable para su colocación en la pared.

Se colocarán en el edificio eléctrico existente a una altura superior a los 10 m, siempre en orientación Norte, huyendo de la radiación solar directa. Si es posible, las cajas deben instalarse preferiblemente bajo vigas, cornisas o tejados, de modo que no se mojen si llueve, lo que alargará mucho su vida útil. Es preferible instalarlas en pequeños grupos antes que solitarias debido a las costumbres coloniales de los vencejos.

Caja nido tipo murciélago. Características y colocación

Se instalarán 4 unidades (2 ud. en la estación de bombeo del sector A y 2 ud. en la estación de bombeo del sector B), construidas con madera sostenible. Tiene frontal abatible para su inspección y limpieza. Las maderas se unen con tirafondos para que tengan mayor consistencia y durabilidad. Están dispuestas de colgadores de acero inoxidable para su colocación en la pared.

Se recomienda colocar en la pared de las edificaciones de las estaciones de bombeo. Colocar de 3 a 5 m de altura, orientada hacia el norte, evitando que durante el día les dé el sol.

Con el fin de analizar los mejores emplazamientos para la ubicación de las cajas nido, se realizará un estudio previo en la zona (se describe en el Plan de Vigilancia Ambiental).

#### **10.2.4 Charca para anfibios**

Se crearán dos charcas -bebedero para fauna silvestre en las parcelas donde se ubican los campos fotovoltaicos, quedando emplazada en el espacio que queda disponible.

A través de la creación de este cuerpo de agua se busca incrementar la biodiversidad del paisaje agrario, poniendo a disposición de la fauna un lugar integrado dentro del entorno del proyecto. Al mismo tiempo, la ubicación elegida permitirá establecer una conexión ecológica con las plantaciones proyectadas a través de otras medidas contempladas en el apartado de medidas para mejora de la flora y vegetación.

La charca-bebedero tendrá las siguientes características:

- El diseño será de planta circular o lo más parecido, adaptándose lo máximo al terreno disponible, de diámetro aproximado de 6 a 8 m, y con una superficie aproximada de 20-30 m<sup>2</sup>.
- El vaso de será de hormigón naturalizado en fresco con piedras del lugar (caso de que existan).
- Para prevenir accidentes por ahogamientos, se debe limitar la profundidad de las mismas a no más de 20 cm.
- El llenado se realizará mediante agua de lluvia, escorrentía natural, y en caso necesario mediante aportación con cuba desde el hidrante que dispone la parcela, propiedad de la comunidad de regantes de Mérida.
- Se tomarán medidas para su naturalización e integración ambiental.

La ejecución se llevará a cabo de la siguiente manera:

1. Replanteo y localización de la charca.
2. Adecuación del terreno. En función de la topografía incluirá: excavación del vaso y de la zanja perimetral para anclar las láminas impermeabilizantes.
3. Retirada de la parcela de los restos vegetales, piedras, o materiales de charcas antiguas, en su caso.
4. El vaso de será de hormigón naturalizado en fresco con piedras del lugar (caso de que existan).
5. Instalación de geotextil no tejido de filamentos de polipropileno, unidos mecánicamente por agujado, estabilizados frente a los rayos UV, gramajes de 286 a 325 g/m<sup>2</sup>, resistencia a la tracción de 25 KN/m, con función de protección de la lámina impermeabilizante frente al posible punzonamiento ocasionado por la presencia de piedras cortantes en el terreno excavado.

6. Instalación de capa impermeabilizante (geomembrana) de caucho de etileno propileno (EPDM) de al menos 1 mm de espesor, incluyendo su anclaje en los laterales.
7. Aporte de una capa tierra vegetal de al menos 5 cm de espesor.
8. Colocación de escollera perimetral protectora, y para refugio
9. Se debe colocar piedras que sobresalgan de la lámina de agua en el interior de la charca para reducir la profundidad de esta en determinadas zonas, favoreciendo la entrada y salida del bebedero de las aves.
10. La charca será revegetada con una banda de 1 a 2 m de anchura para propiciar su naturalización e integración en el medio. Para ello se utilizarán las mismas especies propuestas para el seto perimetral.

A modo de ejemplo se muestran a continuación algunos ejemplos de charcas bebederos ya construidas.



**Imagen 3. Detalle piedras sobre ejemplo de charca y borde de piedra**



**Imagen 4..** Vista general ejemplo de charca bebedero

#### **10.2.5 Medidas de prevención contra el deterioro de la calidad de las masas de agua subterránea**

##### **Fase previa**

Previo al inicio de las obras, se debería elaborar un estudio exhaustivo sobre los flujos de retornos de riego (FRR) de la zona de regadío de los Sectores A y B. Tiene por objeto recabar la información necesaria que permita diseñar la infraestructura y metodología de seguimiento de la calidad química de las masas subterráneas 30599 “Vegas Bajas” y 30612 “Tierra de Barros” que presentan, a fecha de elaboración del presente documento, incumplimientos en su concentración de nitrógeno según el RD 47/2022, de 18 de enero. En el caso de este proyecto, el Servicio de Regadíos de la Junta de Extremadura tiene una gran cantidad de estudios de la zona regable.

A partir del análisis de la orografía del terreno y de la red de desagües, se propondrán las ubicaciones preferentes para instalar los puntos de seguimiento del estado químico y de medición del caudal de las masas de agua subterránea al objeto de conocer la evolución en el tiempo de la presión ejercida por la contaminación difusa de origen agrario a la que se ve sometida y desarrollar las medidas que permitan reducirla.

El alcance del estudio, su duración y las especificaciones técnicas se detallan en el Plan de

Vigilancia Ambiental de este documento ambiental, así como su correspondiente partida en el presupuesto de las medidas para la corrección del medio.

Como se ha dicho en otros apartados de este documento, se considera que las presiones que sufre las masas subterráneas 30599 “Vegas Bajas” y 30612 “Tierra de Barros” no dependen exclusivamente de la zona de regadío contemplada en el proyecto al existir zonas que quedan fuera de sus límites en los que también se desarrolla actividad agraria, ganadera y otros usos.

Como instrumento para cumplir con la normativa europea en política de aguas, el Servicio de Regadíos de la Junta de Extremadura realiza, desde el año 1998, a través de su Programa RECAREX, el seguimiento de la calidad de las aguas en las zonas regables de la Comunidad de Extremadura mediante toma de muestras y análisis periódicos en los canales principales, desagües y pozos dispersos en las zonas regables de la comunidad autónoma, con los siguientes objetivos:

1. Evaluar la calidad del agua de riego a la entrada de las zonas regables para detectar el contenido inicial de nitratos y el nivel de sales que se incorpora a los suelos regados.
2. Conocer la calidad de las aguas de riego a la salida de las zonas regables localizados en los tramos finales de los desagües, para determinar los niveles de nitratos y sales aportados por el regadío.
3. Evaluar la calidad de las aguas en los acuíferos que sustentan los regadíos de iniciativa privada existentes en la Comunidad, a fin de determinar el grado de contaminación por nitratos de los mismos.
4. Obtener niveles piezométricos en los pozos situados en las zonas regables.

La Red de Control de Recarex, está constituida por 225 puntos repartidos por todas las zonas regables, que abarcan prácticamente el 90 % de la superficie de regadíos estatales existentes en Extremadura.

La frecuencia de toma de muestras en las entradas y desagües es mensual en la época de riegos, y en los pozos es bimensual, posteriormente las muestras son analizadas en el Laboratorio Agrario Regional de Cáceres, en el que se realizan las siguientes determinaciones:

- C.E (Conductividad Eléctrica) a 25 °C , como indicador del nivel de salinidad del agua.
- RAS (Relación de absorción de Sodio), como determinante junto con la C.E del riego de alcalinización.
- Contenido en Nitratos.

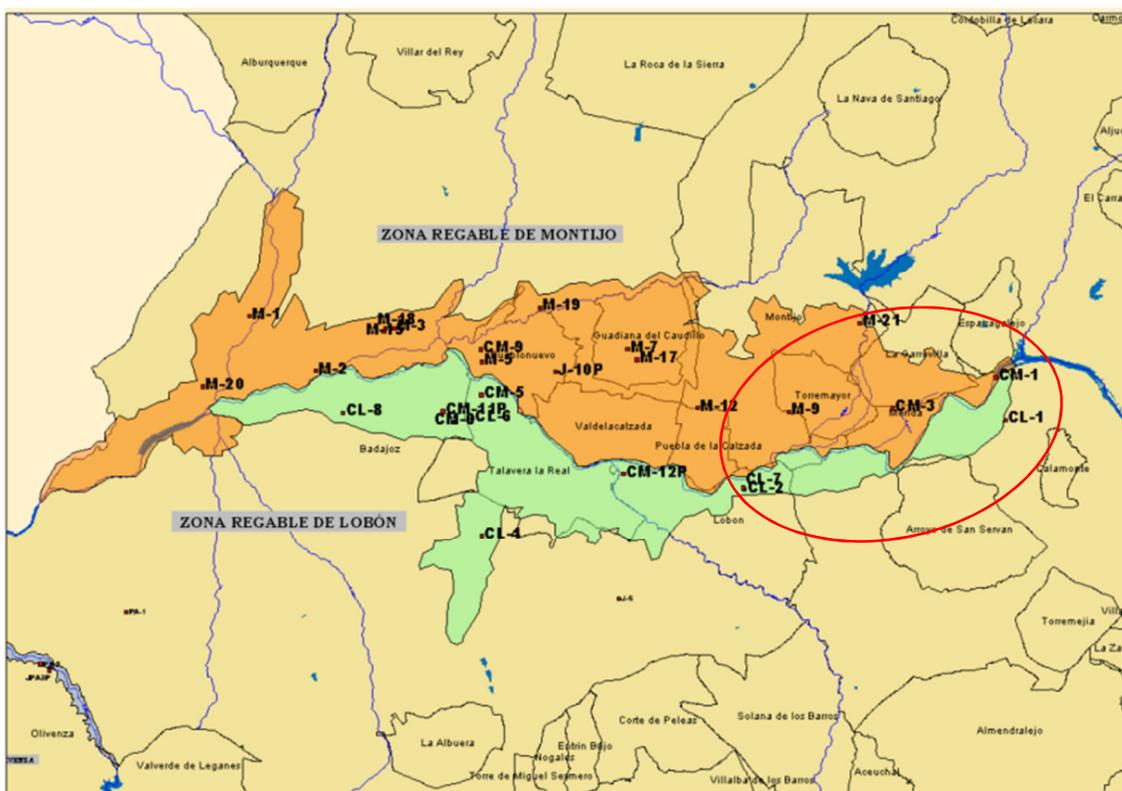
Así mismo en campo se determina la conductividad y contenido en nitratos por espectrometría realizada con medidor portátil.

Durante la campaña de riego se realizan análisis completos anuales.

La red de control y coordenadas de los puntos de toma de muestras, para la zona de Vegas Bajas, se expone a continuación:

**Tabla 63. Puntos de control de la Red de Control de Calidad de Aguas de Riego RECAREX.**

zona regable	Estacion	tipo	UTMX	UTMY
Vegas Bajas	CM-1	ENTRADA	202644,06	4313694,22
	CM-3	DESAGÜE	190065,73	4313629,08
	CM-5	DESAGÜE	171884,55	4312635,04
	CM-6	DESAGÜE	170205,45	4311006,42
	CM-9	DESAGÜE	171866,64	4315375,49
	CM-2P	POZO	196476,18	4311831,75
	CM-10P	POZO	178151,95	4310865,00
	CM-11P	POZO	169604,02	4311651,19
	CM-12P	POZO	180392,47	4307880,16
	M-16	POZO	155328,55	4316923,93
	CL-1	NITRACHECK	203228,35	4311135,07
	CL-2	NITRACHECK	187631,93	4306947,25
	CL-3	NITRACHECK	180392,47	4307880,16
	CL-4	NITRACHECK	171935,00	4304141,14
	CL-5	NITRACHECK	169604,02	4311651,89
	CL-6	NITRACHECK	171375,77	4311231,22
	CL-7	NITRACHECK	187530,33	4307053,67
	CL-8	NITRACHECK	163633,46	4311550,89
	M-10	NITRACHECK	193865,42	4314559,84
	M-12	NITRACHECK	184807,80	4311847,61
	M-13	NITRACHECK	162721,06	4317453,25
	M-16	NITRACHECK	155328,50	4313923,99
	M-17	NITRACHECK	181190,69	4314755,24
	M-18	NITRACHECK	166145,84	4316634,76
	M-2	NITRACHECK	161987,56	4314073,87
	M-5	NITRACHECK	171918,84	4314630,81
	M-6	NITRACHECK	176923,00	4314466,37
M-9	NITRACHECK	190270,24	4311620,04	



**Figura 42. Localización de puntos de control de la Red de Control de Calidad de Aguas de Riego RECAREX.**

**Fuente: Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio**

Es por todo ello que se puede realizar un seguimiento de la concentración de nitratos. No obstante, se propone llevar a cabo una medida que desarrolle una serie de acciones formativas dirigidas a los usuarios finales de las infraestructuras de riego, para concienciar y transmitir la necesidad de reducir y evitar que los fertilizantes y fitosanitarios lleguen a las masas subterráneas. Esta medida se encuentra recogida en las actividades específicas de BPA del programa de seguimiento y vigilancia ambiental de este documento.

Complementariamente a la medida citada, se plantea en este apartado una medida concreta para poder estudiar en profundidad las masas de agua subterránea a través de la instalación de dos puntos de seguimiento por cada sector.

Para el control de la calidad química de los retornos de riego en aguas subterráneas, se deben medir conductividad eléctrica, nitrato, nitrito, amonio, fósforo, plaguicidas y componentes mayoritarios.

La toma de muestras de aguas subterráneas lleva asociado también la medida in situ de la temperatura del agua, temperatura del aire, pH, Eh (potencial Redox), conductividad eléctrica,

oxígeno disuelto y nivel freático, como marcan los protocolos habituales del muestreo en aguas subterráneas. Al tratarse de un acuífero detrítico, localizado en una zona declarada como vulnerable a la contaminación por nitratos, se debe aplicar una frecuencia de medida elevada, tal y como se detalla en la Tabla 5.

Se recomienda la toma de muestra mediante bomba de bajo caudal posicionada a la altura de los niveles de rejilla correspondiente con los tramos más productivos: arenas y gravas cuaternarias.

**Tabla 64. Plan de muestreo de aguas subterráneas de la zona de estudio.**

<b>CE</b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	<b>PO<sub>4</sub></b>	<b>Plaguicidas</b>	<b>Componentes mayoritarios</b>
Mensual	Mensual	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Semestral	Semestral

El muestreo para los cuatro puntos de control, incluye el técnico de campo más el coste de los análisis de laboratorio (12 visitas al año, toma de 18 muestras por punto y año y análisis de laboratorio), asciende a 5.016 €/año.

Dentro de esta medida se incluye la elaboración de informes mensuales de los datos recabados durante el seguimiento y la elaboración de aquellas medidas que puedan ser implantadas para corregir las concentraciones de las sustancias identificadas y que estén generando el deterioro de las masas subterráneas.

La duración de este estudio será de un mínimo de 5 años tras la entrega de las instalaciones a la Comunidad de Regantes y se dé inicio a la fase de explotación y de aplicación de esta medida ambiental.

Esta medida se ha desarrollado de acuerdo con lo establecido en las directrices elaboradas por el CEBAS-CSIC en el ámbito del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. En definitiva, se busca conseguir un uso sostenible y la protección de los recursos hídricos y la prevención y control de la contaminación por sustancias empleadas en la producción agrícola.

## **11 REQUISITOS ADMINISTRATIVOS**

### **11.1 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 mayo de 2018.
- 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 6 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 15 de junio de 2022.
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el 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 18 de marzo de 2023.
- 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 18 de julio de 2023.
- 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 18 de marzo de 2023.
- Pliego de Condiciones Técnicas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA)
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269 del 10 de noviembre de 1995). Revisión vigente desde 9 de septiembre de 2022.
- 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 15 de junio de 2023.

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular (BOE nº 85 de 9 de abril de 2022).
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (BOE nº 38 del 13 de febrero de 2008).
- 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).
- 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 13 de mayo de 2023.
- 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 35/2023, de 21 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro.
- 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 1 de noviembre de 2015.
- 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.
- Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.
- Ley 39/2015, de 1 de octubre, del procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.
- Real Decreto 496/1987, de 18 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 23/1982, reguladora del Patrimonio Nacional.

- Real Decreto 1680/1991, de 15 de noviembre, por el que se desarrolla la disposición adicional novena de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, sobre garantía del Estado para obras de interés cultural.
- Real Decreto 64/1994 de 21 de enero por el que se modifica el Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español (BOE nº 52 de 02/03/1994).
- Real Decreto 162/2002, de 8 de febrero, por el que se modifica el artículo 58 del Real Decreto 111/1986 de 10 de enero de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE nº 35 de 09/02/2002).
- Real Decreto 600/2011, de 29 de abril, por el que se modifica el Reglamento de la Ley 23/1982, de 16 de junio, reguladora del Patrimonio Nacional, aprobada por Real Decreto 496/1987, de 18 de marzo.
- Real Decreto 214/2014, de 28 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de la Ley 23/1982, de 16 de junio, reguladora del Patrimonio Nacional, aprobada por Real Decreto 496/1987, de 18 de marzo.

#### AUTONÓMICAS

- Ley 16/2015, de 23 de abril, de protección ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura (D.O.E. número 81, de 29 de abril de 2015).
- Ley 2/1999, de 29 de marzo, de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura (D.O.E. número 59, de 22 de mayo de 1999).
- Ley 3/2011, de 17 de febrero de 2011, de modificación parcial de la Ley 2/1999, de 29 de marzo, de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura.
- Ley 5/2022 de 25 de noviembre de 2022, de modificación parcial de la Ley 2/1999, de 29 de marzo, de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura.
- Decreto 93/1997, de 1 de julio, por el que se regula la actividad arqueológica en la Comunidad Autónoma de Extremadura.
- Decreto 49/2000, de 8 de marzo, por el que se establece el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Extremadura.
- Decreto 49/2000, de 8 de marzo, por el que se establece el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

- Decreto 65/2022, de 8 de junio, que regula las ocupaciones temporales, las autorizaciones para el acondicionamiento, mantenimiento y mejora, y el tránsito de ciclomotores y vehículos a motor, de carácter no agrícola, en las Vías Pecuarias.
- Decreto 19/1997, de 4 de febrero, de Reglamentación de Ruidos y Vibraciones (D.O.E. número 18, de 11 de febrero de 1997).
- Decreto 20/2011, de 25 de febrero, por el que se establece el régimen jurídico de la producción, posesión y gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad Autónoma de Extremadura (D.O.E. número 43, de 3 de marzo de 2011).
- Extremadura 2030. Estrategia de economía verde y circular
- Ley 6/2019, de 20 de febrero, del Estatuto de las personas consumidoras de Extremadura.

Y demás normativa complementaria y resto de normas legislativas e instrucciones técnicas específicas actualmente vigentes.

## **11.2 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 Documento Nº 5 «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 Ejecución Material del Estudio de Seguridad y Salud del Proyecto a la cantidad de SETENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (73.269,69 €).

## **11.3 APLICACIÓN DE LA LEY 21/2013 DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

Las actuaciones del **Proyecto de modernización integral de la zona de riego de la comunidad de regantes de Mérida - Canal de Lobón (Badajoz)**, quedan encuadradas en el Anexo II de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, en el siguiente epígrafe:

*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).*

Por tanto, debe ser objeto de **evaluación de impacto ambiental simplificada**, regulada en la Sección 2ª del Capítulo II del Título II de la referida Ley, a cuyo objeto se elabora el **Documento Ambiental** incluido en el Anejo nº 23 de este proyecto, atendiendo a lo reflejado en la citada Ley.

La viabilidad del proyecto se fundamenta en dos premisas:

- Mejora la gestión de los recursos hídricos, optimizando el rendimiento de las tierras de cultivo y haciéndolas más productivas, al poder implantar nuevos cultivos y métodos que ahora no son posibles.
- La disminución del consumo de energía convencional procedente de la red mediante la autoproducción de energía renovable fotovoltaica (autoconsumo sin excedentes) buscando el máximo ahorro energético, que al mismo tiempo redundará directamente en la sostenibilidad del regadío tanto desde el punto de vista ambiental (reducción de consumo de energía y de emisión de CO<sub>2</sub>) como del económico (por bajar los costes de explotación).

Dado que este proyecto está integrado dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) de España, actúa en este caso como órgano sustantivo el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, por lo que resulta necesario analizar las actuaciones desde el punto de vista de la ley estatal.

Servirá el documento ambiental como base para la tramitación ambiental y como fundamento del cumplimiento de las exigencias establecidas en la normativa europea para todos los proyectos incluidos en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España.

Este documento ambiental ha servido para identificar los factores ambientales que se relacionan con la ejecución y la explotación del proyecto, permitiendo valorar el alcance de los impactos que se prevé ejercer sobre ellos y diseñar las medidas dirigidas a prevenir, corregir o compensar sus efectos.

Esta zona, eminentemente agrícola, presenta un escaso valor natural y, por lo tanto, baja calidad en lo que a vegetación se refiere. Además, las actuaciones a realizar se localizan en recintos ya urbanizados o con instalaciones existentes, luego no existen afecciones significativas a vegetación natural.

El área de ubicación del proyecto no es coincidente con ninguna figura de interés medioambiental de la Red Natura 2000, aunque sí se solapa, en parte, con una zona de importancia para las aves (IBA) denominada Mérida – Embalse de Montijo (ES288). En este caso se podría considerar que las actuaciones no afectan al hábitat de las especies importantes de la IBA. Con el fin de

minimizar los impactos, se han previsto medidas para el control de los posibles efectos sobre el hábitat y las especies más representativas que se pudieran ver afectadas.

Se ha determinado que, dada la naturaleza del proyecto, la explotación de las nuevas instalaciones de riego, no aumentan los volúmenes captados y retornados, en todo caso, al aumentar la eficiencia del transporte de agua y la posibilidad de introducir nuevos sistemas de riego localizado, se llegará a ahorrar un volumen importante de agua en beneficio de los recursos disponibles para la cuenca hidrográfica. En este mismo sentido, el proyecto constituye en sí mismo una medida de adaptación frente al cambio climático, ya que contempla actuaciones que garantizan la disponibilidad de agua ante los escenarios de reducción de la disponibilidad hídrica y el aumento de frecuencia de los episodios de sequía.

Teniendo en cuenta que la zona de riego queda emplazada sobre dos masas de agua subterránea con mala calidad química, vulnerables a la contaminación por nitratos, se ha planteado un seguimiento de la calidad de las aguas mediante la toma de muestras periódica con dos puntos de muestreo en cada sector de riego.

Entre las medidas que se establecen, destacan la plantación de estructuras vegetales para polinizadores, la instalación de cajas nido y refugios para fauna, la creación de charcas-bebedero para anfibios y aves. Además, como medida transversal a todas las demás que se diseñan en este documento ambiental, se desarrolla una medida de divulgación y formación en el Código de Buenas Prácticas Agrarias (CBPA), con el objetivo de transmitir una conciencia ecológica a los agricultores a través de la formación y la exposición de acciones demostrativas eficaces, para ayudar a alcanzar la sostenibilidad e integración ambiental de los regadíos.

A fin de proteger el patrimonio arqueológico y siguiendo las indicaciones del órgano correspondiente, se llevará a cabo un seguimiento de las actuaciones que impliquen movimientos de tierras y desbroces.

El proyecto se desarrolla sobre un medio muy antropizado por lo que el impacto paisajístico es muy bajo, y el uso del suelo va a continuar siendo el mismo. Las medidas preventivas descritas integran aún más las instalaciones en el paisaje agrícola de la zona.

Estas actuaciones implican que el impacto residual resultante del proyecto sea positivo en términos de efectos sobre la flora, la fauna y el paisaje, así como para los objetivos de las IBA que engloban a la zona de actuación.

Todas las medidas han sido recogidas en el correspondiente Plan de Vigilancia Ambiental, en el que se detalla la metodología de aplicación y ejecución, así como el programa de seguimiento,

que se extenderá en alguno de los casos a lo largo de los 5 años posteriores a la entrega de las obras a fin de asegurar el correcto funcionamiento de dichas medidas.

El documento incluye asimismo un estudio de vulnerabilidad del proyecto frente a riesgos, tal como se exige en la justificación del objetivo de Adaptación al Cambio Climático recogido en la normativa europea y como se recoge en la mencionada ley 21/2013 de evaluación ambiental.

Por todo lo recogido en el presente documento ambiental, se considera que la ejecución y posterior explotación del *Proyecto de modernización integral de la zona de riego de la comunidad de regantes de Mérida - Canal de Lobón (Badajoz)*, es compatible con la conservación de todos los factores ambientales analizados y contribuye sustancialmente a la mitigación de los efectos del cambio climático y la integración medioambiental del regadío.

#### **11.4 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.

#### **11.5 OCUPACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS: EXPROPIACIONES**

Para la ejecución del presente proyecto **será necesaria la expropiación y ocupación de superficies que afectan a particulares, ya que, para la instalación de los nuevos campos fotovoltaicos, así como de las nuevas obras de toma del canal, además de ocupar parcelas pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Guadiana, será necesario adquirir nuevos terrenos adyacentes o próximos a estas parcelas.**

Las nuevas tuberías y otros elementos de riego se instalarán en la mayoría de los casos, por las servidumbres que la propia Comunidad de Regantes de Mérida tiene establecidas para los actuales canales de riego. En aquellos casos en que las nuevas tuberías y otros elementos se instalen en las parcelas de los comuneros, se establecerán nuevas servidumbres de paso que permitan el acceso a la comunidad de regantes, a estas instalaciones, en casos de averías, reparaciones o mejoras.

- **Parcelas de particulares afectadas por la construcción obra de toma-prefiltrado y campo fotovoltaico Sector A**

Para la construcción de la obra de toma y prefiltrado del Sector A, aunque la mayoría de las obras se realizarán en terrenos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, será necesario ocupar parte de la siguiente parcela catastral, perteneciente a un particular:

**Tabla 65.** Parcelas catastrales particulares para toma sector A

MUNICI.	POLÍG.	PARC.	REF. CATASTRAL	SUP. TOTAL	SUP. EXPROPIACIÓN
Mérida (Badajoz)	73	8	06083A073000080000ZQ	80.466 m <sup>2</sup>	736,5 m <sup>2</sup>

El campo solar del Sector A se proyecta sobre la siguiente parcela catastral, la cual es propiedad de un particular:

**Tabla 66.** Parcelas catastrales particulares para FV sector A

MUNICI.	POLÍG.	PARC.	REF. CATASTRAL	SUP. TOTAL	SUP. EXPROPIACIÓN
Mérida (Badajoz)	78	131	06083A078001310000ZX	44.297 m <sup>2</sup>	23971 m <sup>2</sup>

En la **fase 1**, se expropiará solo una parte, ya que no se instalarán, en esta primera fase, la totalidad de las placas solares. La superficie a expropiar en esta primera parte será de **9039 m<sup>2</sup>**.

- **Parcelas de particulares afectadas por la construcción obra de toma-prefiltrado y campo fotovoltaico Sector B**

Para la construcción de la obra de toma y prefiltrado del Sector B, aunque la mayoría de las obras se realizarán en terrenos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, será necesario ocupar parte de la siguiente parcela catastral, perteneciente a un particular:

**Tabla 67.** Parcelas catastrales particulares para toma sector B

MUNICI.	POLÍG.	PARC.	REF. CATASTRAL	SUP. TOTAL	SUP. EXPROPIACIÓN
Mérida (Badajoz)	153	10	06083A153000100000US	158.581 m <sup>2</sup>	70,34 m <sup>2</sup>

Parte del campo solar del Sector B se proyecta sobre terrenos pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Guadiana, pero otra parte del mismo ocupará parte de la siguiente parcela catastral, la cual es propiedad de un particular:

**Tabla 68.** Parcelas catastrales particulares para FV sector B

MUNICI.	POLÍG.	PARC.	REF. CATASTRAL	SUP. TOTAL	SUP. EXPROPIACIÓN
Mérida (Badajoz)	153	13	06083A153000130000UH	102.015 m <sup>2</sup>	14296 m <sup>2</sup>

En la **fase 1**, se expropiará solo una parte, ya que no se instalarán en esta primera fase la totalidad de las placas solares. La superficie a expropiar en esta primera parte será de **4952 m<sup>2</sup>**.

- **Parcelas de CHG afectadas por la construcción obra de toma-prefiltrado y campo fotovoltaico Sectorres A y B**

En las tablas siguientes se muestran las parcelas pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Guadiana donde se instalarán las obras de toma-prefiltrado y campos fotovoltaicos

**Tabla 69.** Parcela catastral CHG para obra toma sector A.

MUNICI.	POLÍG.	PARC.	REF. CATASTRAL	SUP. TOTAL	SUP. OCUPADA
Mérida (Badajoz)	73	184	06083A073001840000ZD	1999 m <sup>2</sup>	570 m <sup>2</sup>

**Tabla 70.** Parcela catastral CHG para obra toma sector B.

MUNICI.	POLÍG.	PARC.	REF. CATASTRAL	SUP. TOTAL	SUP. OCUPADA
Mérida (Badajoz)	153	9001	06083A153090010000UE	106411 m <sup>2</sup>	2192 m <sup>2</sup>

**Tabla 71.** Parcela catastral CHG para campo fotovoltaico sector B.

MUNICI.	POLÍG.	PARC.	REF. CATASTRAL	SUP. TOTAL	SUP. OCUPADA
Mérida (Badajoz)	153	9001	06083A153090010000UE	106411 m <sup>2</sup>	4715 m <sup>2</sup>

**- Disponibilidad de los terrenos.**

Todas las nuevas instalaciones que se encuentren en parcelas de Confederación Hidrográfica del Guadiana y sobre las que se actúan, son gestionadas y explotadas por la Comunidad de Regantes de Mérida en base a la Encomienda de Gestión que tienen otorgada por la Confederación Hidrográfica del Guadiana durante 75 años. Dicho Organismo ha autorizado la realización de dichas actuaciones.

Las parcelas de particulares ocupadas por las nuevas obras de toma y campos fotovoltaicos serán expropiadas.

El resto de instalaciones, tales como la nueva de red de tuberías de riego, hidrantes, válvulas y arquetas, se instalarán en la mayoría de los casos, en las zonas de servidumbre de los canales de riego, que tiene establecida la propia Comunidad de Regantes de Mérida.

En algunos tramos, las nuevas tuberías y otros elementos del riego, se instalarán por fincas particulares de los comuneros en estos casos no se procederá a la expropiación de los terrenos ocupados, se establecerán servidumbres de paso.

**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 vigentes y/o asambleas. Por tanto, los terrenos necesarios para las redes de riego y sus elementos serán puestos a disposición de la obra por la Comunidad de Regantes.**

## **11.6 SERVICIOS AFECTADOS, REPOSICIONES, PERMISOS Y LICENCIAS**

En el Anejo Nº 15 «Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias» se recogen y valoran las afecciones producidas y los permisos solicitados. Como ya se ha expuesto en otros documentos del presente proyecto casi todas las actuaciones se desarrollan en parcelas que son de Confederación Hidrográfica de la Guadiana (CHG) y de la Comunidad de Regantes de Mérida. Por tanto, se consideran como reposiciones y sólo se ha solicitado permiso a la CHG, pues será el único afectado por las actuaciones.

Por otro lado, se ha tramitado la autorización referente a afecciones arqueológicas, lo cual se recoge en el Anejo nº 3: «Estudio arqueológico».

Se ha solicitado también la autorización para el cruce de dos tuberías de riego bajo la Autovía del Suroeste A-5. Para ello se utilizarán dos pasos ya existentes, por lo que dicha vía no se verá afectada.

Será necesario tramitar los permisos necesarios para la ejecución de las plantas fotovoltaicas, ante la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería para la Transición Ecológica y Sostenibilidad de la Junta de Extremadura.

En el Anejo nº 15 “Servicios afectados, reposiciones, permisos y licencias” se recoge en detalle toda información y documentos.

### **11.7 GESTIÓN DE RESIDUOS**

En el Anejo Nº 17 «Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición» 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 5 «Gestión de residuos»).

Los costes de carga y transportes de residuos generados hasta las zonas de acopio habilitadas en cada uno de los dos sectores, forman parte del presupuesto de la obra, presupuestándose en distintos capítulos del mismo.

En el capítulo 5«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 Ejecución Material de la Gestión de Residuos del Proyecto a la cantidad de VEINTE MIL SETECIENTOS CINCO EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS (20.705,43 €).

## **11.8 CLASIFICACION DEL CONTRATISTA Y FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS**

La Clasificación del Contratista que ha de exigirse en la licitación de las obras definidas en el presente Proyecto, queda definida en cumplimiento de lo previsto en:

- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001.

Conforme al Artículo 11. Determinación de los criterios de selección de las empresas, del Real Decreto 773/2015: 3. en los contratos de obras cuando el valor estimado del contrato sea igual o superior a 500.000 euros será requisito indispensable que el empresario se encuentre debidamente clasificado como contratista de obras de las Administraciones Públicas. Para dichos contratos, la clasificación del empresario en el grupo o subgrupo que en función del objeto del contrato corresponda, con categoría igual o superior a la exigida para el contrato, acreditará sus condiciones de solvencia para contratar.

En el Artículo 25 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, Real Decreto 1098/2001, se establecen los grupos y subgrupos a considerar para la clasificación de los contratistas. El Artículo 26 del Real Decreto 773/2015, modifica el artículo 26 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, reajustando los umbrales de las distintas categorías, que pasan a denominarse mediante números crecientes.

Por tanto, se exigirá a la empresa adjudicataria de las obras, que como mínimo esté clasificada dentro de los siguientes grupos y subgrupos, y categorías:

### **Grupo E. Hidráulicas**

Subgrupo 7. Obras hidráulicas sin cualificación específica, con código en relación a la categoría 6.

E-7-6

El presente proyecto estará sujeto a revisión de precios, por ser su duración de 18 meses.

### **11.9 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 Nº 19 «Programa de ejecución 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 alternativamente o secuencialmente.

El periodo de garantía de las obras se establece en veinticuatro (24) meses.

### **11.10 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 Nº 21 «Programa de 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, 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 importe para el control de calidad de contraste de las obras no supera el 1% del presupuesto de las obras, por lo que será asumido por el contratista. El importe de los ensayos de autocontrol será asumido por el contratista.

### **11.11 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.

## **12 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO**

### **DOCUMENTO N° 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: Sección 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: Estudios arqueológicos
- 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: Programa de ejecución de obras
- Anejo 20: Puesta en marcha de las instalaciones
- Anejo 21: Programa control de calidad
- Anejo 22: Expropiaciones y servidumbres
- Anejo 23: Documentación ambiental
- Anejo 24: Integración en el PRTR.

### **DOCUMENTO N° 2: PLANOS**

### **DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.**

### **DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO**

**DOCUMENTO Nº 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD****13 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 2023.

Asimismo, se han confeccionado aquellas unidades de obra no existentes en la Tarifa TRAGSA 2023 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 nº 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:

**Tabla 72. Resumen presupuesto**

	<b>CAPITULO</b>	<b>IMPORTE (€)</b>
<b>01</b>	<b>SECTOR A</b>	<b>6.783.097,40</b>
01.01	OBRA DE TOMA Y PREFILTRADO	228.210,69
01.02	ESTACION DE BOMBEO	1.192.242,23
01.03	INSTALACION MT Y CT	176.579,96
01.04	INSTALACION FV	802.164,34
01.05	REDES PRIMARIAS	3.648.246,83
01.06	REDES SECUNDARIAS	90.163,21
01.07	HIDRANTES Y TOMAS	645.490,14
<b>02</b>	<b>SECTOR B</b>	<b>4.891.074,89</b>
02.01	OBRA DE TOMA Y PREFILTRADO	187.544,28
02.02	ESTACION DE BOMBEO	1.123.307,51
02.03	INSTALACION MT Y CT	165.930,88
02.04	INSTALACION FV	613.657,65
02.05	REDES PRIMARIAS	2.500.442,80
02.06	REDES SECUNDARIAS	24.906,00
02.07	HIDRANTES Y TOMAS	275.285,77
<b>03</b>	<b>TELECONTROL Y AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>221.181,63</b>
03.01	CENTRO DE CONTROL PRINCIPAL	36.778,17
03.02	ELEMENTOS DE CAMPO REMOTAS SECTOR A	94.277,52
03.03	ELEMENTOS DE CAMPO REMOTAS SECTOR B	41.691,98
03.04	AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR A	24.216,98
03.05	AUTOMATIZACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR B	24.216,98
<b>04</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>73.296,69</b>
04.01	INSTALACIONES PROVISIONALES	49.033,68
04.02	SEÑALIZACIONES	4.042,72
04.03	PROTECCIONES INDIVIDUALES	13.881,16
04.04	PROTECCIONES COLECTIVAS	6.339,13
<b>05</b>	<b>GESTION DE RESIDUOS</b>	<b>20.705,43</b>
<b>06</b>	<b>MEDIDAS AMBIENTALES</b>	<b>145.950,17</b>
06.01	FORMACIÓN	10.043,81
06.02	MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA FAUNA	7.759,08
06.03	MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA FLORA Y LA VEGETACIÓN	8.654,88
06.04	MEDIDAS PARA EL CONTROL DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO	19.752,15
06.05	MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LAS MASAS DE AGUA	90.390,51
06.06	PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL EN FASE DE OBRAS	9.349,74
<b>07</b>	<b>SEÑALIZACIÓN PRTR</b>	<b>3.752,65</b>
<b>08</b>	<b>PUESTA EN MARCHA INSTALACIONES</b>	<b>3.798,28</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>12.142.857,14</b>

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>12.142.857,14</b>
GASTOS GENERALES 13%	1.578.571,43
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	728.571,43
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA</b>	<b>14.450.000,00</b>
21% IVA	3.034.500,00
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>17.484.500,00</b>

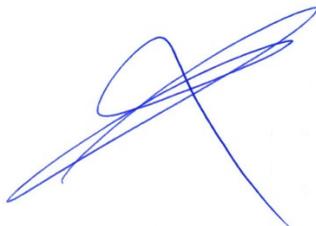
El Presupuesto Base de Licitación (sin IVA) se eleva a CATORCE MILLONES CUATROCIENTOS CINCUENTA MIL EUROS (14.450.000,00 €).

Asciende el Presupuesto Base de Licitación a la expresada cantidad de DIECISIETE MILLONES CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS EUROS (17.484.500,00 €).

Abril de 2023

INGENIERO AGRONOMO Cdo Nº: 1.503

C.O.I.A. de Andalucía



Fdo.: Antonio Romero López