

Universidad Publica de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO
DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

presentado por

IGNACIO GARCÍA RUIZ

aurkeztua

**INGENIERO AGRONOMO
NEKAZARITZA INGENIARITZA**

Septiembre, 2011

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

INGENIERO AGRÓNOMO

Autor:	Ignacio García Ruiz
Directores:	José Luis Torres Escribano Marian de Blas Corral

Pamplona, septiembre de 2.011

RESUMEN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

El objetivo del presente Proyecto Fin de Carrera es el desarrollo e implementación de un sistema de riego por goteo alimentado por energía solar fotovoltaica.

En general, la estrategia de dimensionado aplicada a estos sistemas se centra en cubrir las exigencias hídricas del mes más desfavorable, esto es, aquél en el que la relación entre la demanda y la oferta energética es mayor. Las instalaciones de riego localizado así concebidas concentran su funcionamiento en los meses que dura la campaña de riego, permaneciendo el resto del año sin operar, por lo que el subsistema de generación queda sobredimensionado. Por el contrario, el dimensionado siguiendo una estrategia de máxima captación de energía comporta una menor capacidad del captador y, en consecuencia, un menor coste. Sin embargo, el desacople que existe en muchas ocasiones, entre la oferta y la demanda energética por parte de la instalación de riego obliga a almacenar energía de forma estacional bien mediante la acumulación agua en un depósito elevado o bien empleando baterías electroquímicas. El uso de baterías comporta la disminución de la fiabilidad del sistema, el aumento del coste y un incremento en el mantenimiento por lo que, si es posible, se opta por el almacenamiento de agua en un depósito elevado, con la inversión que su construcción conlleva.

Con el objetivo de solucionar este problema, en este Proyecto se ha desarrollado una metodología de diseño de instalaciones de riego fotovoltaico en la que, siguiendo una estrategia de máxima captación de energía, se emplea el suelo como principal subsistema de acumulación, minimizando el empleo de baterías y reduciendo las dimensiones del subsistema de generación. El modelo propone el riego de un número variable de sectores simultáneamente para adaptar la demanda energética a la variaciones de radiación solar disponible.

La metodología desarrollada se ha concretado en el diseño y dimensionado de una instalación de riego por goteo alimentada por energía solar fotovoltaica en una parcela de 4 hectáreas de olivar en la localidad de Calahorra (La Rioja) quedando así demostrada la viabilidad técnica del uso del suelo como principal subsistema de acumulación de energía. Analizados todos los condicionantes internos y externos al Proyecto y realizados todos los estudios previos necesarios se han proyectado, medido y valorado el conjunto de instalaciones que permitirán el correcto funcionamiento del sistema de riego fotovoltaico que cubrirá, sin ninguna limitación, las necesidades hídricas del cultivo.

En Pamplona, a 31 de agosto de 2011

VBº

Ignacio García Ruiz
Autor

Marian de Blas Corral
Directora

José Luis Torres Escribano
Director

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Documento N°0

ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE GENERAL

Documento nº1. MEMORIA

Documento nº2. ANEJOS A LA MEMORIA

- Anejo 1. ESTUDIO CLIMÁTICO
- Anejo 2. ESTUDIO EDAFOLÓGICO
- Anejo 3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO
- Anejo 4. ESTUDIO DE RECURSOS HÍDRICOS
- Anejo 5. ESTUDIO DE NECESIDADES HÍDRICAS
- Anejo 6. INSTALACIÓN HIDRÁULICA
- Anejo 7. INSTALACIÓN DE BOMBEO FOTOVOLTAICO
- Anejo 8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA
- Anejo 9. OBRA CIVIL
- Anejo 10. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD
- Anejo 11. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Documento nº3. PLANOS

- Plano 1. LOCALIZACIÓN
- Plano 2. VISTA GENERAL DEL REGADÍO
- Plano 3. TOPOGRAFÍA DE PARCELA
- Plano 4. MAPA DE VISIBILIDAD
- Plano 5. SECTORIZACIÓN
- Plano 6. RED DE RIEGO
- Plano 7. DETALLES DE LA RED DE RIEGO
- Plano 8. OBRA DE TOMA
- Plano 9. DEPÓSITO DE REGULACIÓN – SECCIÓN 1
- Plano 10. DEPÓSITO DE REGULACIÓN – SECCIÓN 2
- Plano 11. CABEZAL DE RIEGO
- Plano 12. CAPTADOR FOTOVOLTAICO
- Plano 13. ESQUEMA UNIFILAR

Documento nº4. PLIEGO DE CONDICIONES

Documento nº5. ESTADO DE MEDICIONES

Documento nº6. PRESUPUESTO

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Documento N°1

MEMORIA

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	7
3. UBICACIÓN DEL PROYECTO	7
4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	8
4.1. CULTIVO.....	8
4.2. CLIMA.....	8
4.2.1. Estación agroclimática y datos meteorológicos.....	8
4.2.2. Año meteorológico medio	9
4.2.3. Año meteorológico típico	9
4.2.4. Clasificación agroclimática.....	10
4.3. GEOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA	10
4.3.1. Geología y geomorfología.....	10
4.3.2. Edafología y evaluación del suelo	10
4.4. TOPOGRAFÍA.....	11
4.4.1. Topografía general de la zona	11
4.4.2. Topografía de parcela	11
4.5. RECURSOS HÍDRICOS Y SISTEMA DE RIEGO ACTUAL	11
4.5.1. Origen del agua de riego	11
4.5.2. Suministro hidráulico y sistema de riego actual	12
4.5.3. Calidad agronómica del agua de riego	12
4.6. SUMINISTRO ELÉCTRICO.....	12
5. ALTERNATIVAS DE DISEÑO	12
5.1. SISTEMA DE RIEGO	12
5.1.1. Riego por superficie	12
5.1.2. Riego por aspersión	13
5.1.3. Riego localizado.....	13

5.2.	FUENTE DE ENERGÍA	13
5.3.	ESTRATEGIA DE DIMENSIONADO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	14
5.3.1.	<i>Estrategia del mes “más desfavorable”</i>	14
5.3.2.	<i>Estrategia de máxima captación de energía</i>	14
5.4.	SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA	14
5.4.1.	<i>SAE electroquímico</i>	14
5.4.2.	<i>SAE gravitacional</i>	14
5.4.3.	<i>SAE en suelo</i>	15
6.	SOLUCIÓN ADOPTADA Y METODOLOGÍA DE CÁLCULO	15
6.1.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	15
6.2.	METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	16
6.2.1.	<i>Establecimiento de los límites de acumulación del suelo</i>	16
6.2.2.	<i>Determinación de las necesidades hídricas</i>	17
6.2.3.	<i>Diseño de la instalación de riego</i>	17
6.2.4.	<i>Predimensionado del equipo de bombeo</i>	19
6.2.5.	<i>Predimensionado de la instalación fotovoltaica</i>	19
6.2.6.	<i>Dimensionado de la instalación fotovoltaica</i>	20
6.2.7.	<i>Elección y modelado del equipo de bombeo</i>	21
7.	NECESIDADES HÍDRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LOS RIEGOS.....	21
7.1.	EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO.....	21
7.1.1.	<i>Evapotranspiración potencial (ET₀)</i>	21
7.1.2.	<i>Evapotranspiración del cultivo (ET_c)</i>	22
7.2.	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE).....	23
7.3.	RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO	24
7.4.	PROGRAMACIÓN DE RIEGOS	24
8.	INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO.....	26
8.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	26
8.2.	SECTORIZACIÓN Y TRAZADO DE LA RED DE RIEGO.....	26
8.3.	DISEÑO AGRONÓMICO	27
8.3.1.	<i>Tipo de emisor</i>	27
8.3.2.	<i>Caudal del emisor</i>	28
8.3.3.	<i>Distancia entre emisores</i>	28

8.4.	DISEÑO HIDRÁULICO	29
8.4.1.	Unidades de riego	29
8.4.2.	Tubería primaria.....	30
8.4.3.	Valvulería.....	30
8.4.4.	Cabezal de riego.....	30
8.5.	CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO	31
9.	INSTALACIÓN DE BOMBEO FOTOVOLTAICO.....	31
9.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	31
9.2.	COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	31
9.2.1.	Componentes de la instalación	31
9.2.2.	Dimensionado del subsistema de generación.....	32
9.2.3.	Estructura de soporte	34
9.3.	SISTEMA DE BOMBEO	34
10.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	35
10.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	35
10.2.	CLASIFICACIÓN ELÉCTRICA	36
10.3.	CONDUCTORES.....	36
10.4.	PROTECCIONES.....	37
10.5.	PUESTA A TIERRA	37
11.	OBRA CIVIL	37
11.1.	OBRA DE TOMA.....	37
11.2.	DEPÓSITO DE REGULACIÓN.....	38
11.3.	CASETA DE RIEGO	39
12.	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	39
13.	PRESUPUESTO	40

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación mediante energía solar fotovoltaica de sistemas de riego localizado de alta frecuencia es una solución de amplia aplicación en áreas sin acceso a la red eléctrica convencional. No obstante, el desacople que existe en muchas ocasiones entre la oferta y la demanda energética por parte de la instalación de riego plantea problemas desde el punto de vista de acumulación estacional de la energía generada.

En este proyecto se ha desarrollado y aplicado una metodología de diseño de instalaciones de riego fotovoltaico en la que, siguiendo una estrategia de diseño de máxima captación de energía, se emplea el suelo como principal subsistema de acumulación. El modelo propone el riego de un número variable de sectores simultáneamente para adaptar la demanda energética a las variaciones de radiación solar disponible.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente proyecto es el desarrollo de un procedimiento de diseño para instalaciones de riego por goteo que, optimizando la energía solar fotovoltaica disponible, sea capaz de cubrir las necesidades hídricas del cultivo y su aplicación práctica mediante la implementación de un proyecto de obras, demostrando así la viabilidad técnica del uso del suelo como principal subsistema de acumulación de energía.

El procedimiento desarrollado se materializará en el diseño y dimensionado de una instalación de riego por goteo alimentada por energía solar fotovoltaica para una parcela de 4 hectáreas de olivar situada en la localidad de Calahorra (La Rioja).

3. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se ubica en la parcela número 174 del polígono 50 del Término Municipal de Calahorra situado en la ribera del río Ebro, en la comarca de La Rioja Baja (La Rioja). Se encuentra a unos 3 km al sur del núcleo urbano de Calahorra (**Plano 1**), concretamente en las siguientes coordenadas:

Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
585.032	4.681.149	339

Tabla 1. Coordenadas UTM ETRS89 Zona 30 de la parcela de proyecto.

Existe un único acceso a la parcela desde la carretera N-232. Circulando por esta vía en el sentido Logroño - Calahorra en el PK 359 se toma la salida hacia el polígono industrial Tejerías. En las dos rotondas siguientes se debe tomar la primera salida. A continuación, tras cruzar la autopista AP-68 por un paso elevado se toma el denominado camino de la Estanca (camino de la derecha en el primer cruce). Se trata de un camino de 4 m de anchura, en buen estado y con una capa de rodadura suficiente que permite la circulación con un turismo. Tras 1,7 km de camino se accede a la parcela de proyecto. En el **Plano 1** se muestra la localización de la parcela. La clasificación urbanística recogida en el Plan General Municipal (PGM) de Calahorra es de Suelo No Urbanizable. Según el Catastro de Rústica cuenta con una superficie total de 46.315 m².

4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se describe la situación actual de la parcela de proyecto con el fin de conocer aquellos factores que deban ser considerados a la hora de valorar las distintas alternativas de diseño que se proponen en esta Memoria.

4.1. CULTIVO

Según la Estadística Agraria Regional del año 2.010 la Comunidad Autónoma de La Rioja cuenta con una extensión total de 5.543 ha de olivar, 3.254 de las cuales (un 59%) se localizan en la comarca de La Rioja Baja en la que se ubica el proyecto; 1.514 de estas últimas se cultivan en secano mientras que 1.704 en regadío. Desde el año 2.005 se ha producido en esta comarca un incremento del 25% en la superficie de olivar. Este aumento alcanza el 56% si se considera únicamente el olivar en regadío debido a la proliferación de explotaciones de olivar en marco intensivo y superintensivo dotados de riego localizado por goteo estimulada por la reciente creación de la Denominación de Origen Aceite de La Rioja.

En la parcela se encuentra implantada una explotación de olivar en regadío de la variedad Arbequina hincado en el año 2008. Cuenta con un total de 1.960 olivos con un marco de plantación intensivo de 4x5 m (4 m entre olivos y 5 m en las calles), con lo que la superficie cultivada asciende a 39.200 m².

4.2. CLIMA

4.2.1. Estación agroclimática y datos meteorológicos

De las estaciones agroclimáticas automáticas del entorno de la parcela de cultivo, dada su proximidad a la parcela (la segunda más cercana de la estudiadas en el **Anejo 1**), su similar altitud y la amplia serie de datos horarios disponibles de los parámetros necesarios, se ha seleccionado la estación agroclimática de Aldeanueva de Ebro, propiedad del Servicio de Información Agroclimática de La Rioja (SIAR), situada en las siguientes coordenadas:

Coord. X	Coord. Y	Coord. Z
590.283	4.674.863	365

Tabla 2. Coordenadas UTM ETRS89 Zona 30 de la estación de Aldeanueva de Ebro.

Mediante solicitud al SIAR y consulta en la página web de este organismo se ha obtenido una serie de datos con las siguientes características:

- Frecuenciahoraria
- Tipo de horasolar
- Longitud de la serieoctubre de 1997 – diciembre 2009
- Parámetros.....temperatura media del aire medida a 2 m de altura, radiación global instantánea sobre el plano horizontal, velocidad y dirección media del viento medidas a 2 m de altura, humedad relativa del aire y precipitación acumulada en 1 h.

Tras el análisis y control de calidad de los datos meteorológicos se ha excluido el año 1.997 de la serie debido a la gran cantidad de datos faltantes que presenta, por lo que la serie de datos que se

empleará para determinar tanto el año medio meteorológico como el año meteorológico típico será la de 1.998-2.009.

4.2.2. Año meteorológico medio

A partir de la serie de datos horarios mencionada en el apartado anterior, se ha determinado el año medio meteorológico cuyas principales características se describen a continuación.

A. Características térmicas

Desde el punto de vista de las características térmicas, la zona de estudio presenta una temperatura media anual de 13,88 °C. La temperatura máxima absoluta de 36,52 °C se produce en el mes de junio mientras que es el mes de diciembre el que presenta la temperatura mínima absoluta alcanzando un valor de -4,27 °C.

Tras el estudio del riesgo de heladas según el criterio de Emergen se comprueba que hay un periodo frecuente de heladas que abarca desde el mes de diciembre a enero. Un riesgo poco frecuente de heladas en los meses de noviembre, febrero y marzo. El resto de los meses tienen un riesgo de heladas nulo.

B. Características hídricas

La precipitación media anual alcanza un valor de 465,12 mm siendo mayo el mes que mayor volumen de precipitaciones registra con 89,40 mm. El número medio de días de lluvia al año es de 66 y es el mes de abril el que mayor número de fenómenos registra.

La humedad relativa del aire media anual es del 65,35%, alcanza su valor absoluto máximo en el mes de enero con un 91,91% y el mínimo en julio con 26,55%.

El conocimiento del balance de humedad (balance hídrico) es necesario para definir la falta y excesos de agua y es de aplicación para las clasificaciones climática. Tras la determinación del balance hídrico por el método de directo, se desprende que se produce un déficit hídrico entre los meses de julio y octubre, que alcanza su valor máximo en el mes de agosto con 102,42 mm.

C. Radiación

La radiación global sobre el plano horizontal presenta un valor medio de 15,24 MJ·m⁻²·día⁻¹ siendo el mes de julio el que mayor radiación diaria registra con 25,63. Si se considera la radiación global sobre un plano inclinado de 30° (inclinación óptima en la ubicación del proyecto para el captador fotovoltaico) determinada mediante el método de Liu – Jordan (1962) el valor es de 24,19 MJ·m⁻²·día⁻¹.

4.2.3. Año meteorológico típico

Con el objetivo de emplearlo en la simulación fotovoltaica que se llevará a cabo en este proyecto, se ha elaborado un año meteorológico típico para los parámetros de temperatura del aire, radiación global sobre el plano horizontal y velocidad del viento. Para su determinación se ha empleado el método de Festa – Ratto (1993). Este año meteorológico típico correspondiente a la serie histórica 1998-2009 ha quedado configurado de la siguiente forma:

MES	AÑO
Enero	1999
Febrero	2003
Marzo	1999
Abril	1999
Mayo	2003
Junio	1998
Julio	2004
Agosto	2001
Septiembre	2002
Octubre	2005
Noviembre	1998
Diciembre	1998

Tabla 3. Composición del año meteorológico típico.

4.2.4. Clasificación agroclimática

Tras el análisis de las características térmicas e hídricas de la zona, los términos que definen la clasificación agroclimática de la zona de estudio según Papadakis son los siguientes:

- Tipo de invierno **Avena cálido (Av)**
- Tipo de verano **Maize (M)**
- Régimen térmico **Templado cálido (TE)**
- Régimen hídrico **Mediterráneo seco (Me)**
- Tipo climático **MEDITERRÁNEO TEMPLADO**

4.3. GEOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA

4.3.1. Geología y geomorfología

En la zona de proyecto se encuentran, fundamentalmente, materiales del terciario y del cuaternario. Los materiales terciarios de esta zona consisten en conglomerados, areniscas, limos y arcillas. Este tipo de materiales se depositaron en ambientes fluviales y de abanicos aluviales.

Los depósitos cuaternarios de la zona son terrazas fluviales de los ríos Ebro y Cidacos y los glaciares relacionados con ellas. Se han definido, a partir de criterios geomorfológicos, ocho niveles de terrazas relacionados lateralmente con los glaciares, en el río Ebro entre Alcanadre y Calahorra.

La parcela de proyecto se ubica sobre la terraza T5 que se eleva 90 m sobre el nivel actual del río Ebro. Estos depósitos cuaternarios están constituidos por gravas, arenas y limos no consolidados. Las gravas están compuestas por cantos silíceos y, en menor medida, calcáreos con matriz arenosa.

4.3.2. Edafología y evaluación del suelo

La clasificación y evaluación del suelo se ha llevado a cabo a partir del perfil del terreno de una finca contigua a la de proyecto que se ha considerado representativo dada la homogeneidad que presenta el terreno en esta zona. Según la clasificación Soil Taxonomy de 1999 el suelo de la parcela es un *Haplocalcids típico* con textura franca y una profundidad efectiva 160 cm.

La evaluación del suelo mediante el método de Clases de Capacidad Agrícola del Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos determina que se trata de un suelo cultivable apto

para el laboreo permanente aunque con leves limitaciones provocadas por su pedregosidad y ligera salinidad. Según el Sistema de Evaluación de Tierras para Riego del United States Bureau of Reclamation (USBR) se trata de un suelo conveniente para el riego.

4.4. TOPOGRAFÍA

4.4.1. Topografía general de la zona

El estudio de la topografía general de la zona de proyecto se ha llevado a cabo mediante los mapas topográficos disponibles en la Infraestructura de Datos Espaciales del Gobierno de la Rioja (IDERioja) que proporcionan información suficiente para la elaboración de un mapa de visibilidad (**Plano 4**) a partir del que se ha obtenido la elevación del perfil del horizonte sobre la horizontal.

El sistema de referencia empleado en el presente proyecto ha sido el European Terrestrial Reference System 89 (ETRS89) ya que ha sido establecido como el sistema geodésico de referencia oficial en España mediante el R.D. 1071/2007 con un periodo transitorio hasta 2.015.

4.4.2. Topografía de parcela

Con el objetivo de obtener una cartografía de detalle de la parcela de proyecto, se ha realizado un levantamiento topográfico de la misma, a partir del cual ha sido elaborado un plano topográfico con curvas de nivel cada 20 cm (**Plano 3**).

Tras la visita a la parcela de proyecto y el estudio de información topográfica obtenida y tratada, se puede concluir que la parcela de proyecto presenta un talud de 2 m de altura media prácticamente vertical que la atraviesa en sentido NO-SE y la divide en dos subparcelas. Las subparcelas formadas poseen una pendiente uniforme que toma un valor medio del 1% no apreciándose pendientes puntuales superiores al 1,8% por lo que, no supondrá ninguna limitación de cara a la implantación de un sistema de riego por goteo.

4.5. RECURSOS HÍDRICOS Y SISTEMA DE RIEGO ACTUAL

4.5.1. Origen del agua de riego

Desde el punto de vista del suministro hídrico la parcela se encuentra bajo la administración de la Comunidad General de Regadíos de Calahorra que gestiona el riego de una superficie total de 5.140 ha destinadas fundamentalmente al cultivo hortofrutícola, vid y olivo. Se trata de un regadío tradicional en el que la mayoría de las conducciones son acequias tanto de tierra como de hormigón. Únicamente en 480 ha, un 9% del total, se aplican riegos presurizados para los que ha sido necesaria la instalación de equipos de presión en parcela.

El agua de riego procede directamente del río Cidacos de donde es captada a través de la Presa de los Molinos. Asimismo, la Comunidad de Regadíos dispone de un embalse (El Perdiguero) que acumula agua durante el invierno e inyecta agua durante el verano a la red de riego amortiguando así el bajo caudal estival del Cidacos. Por tanto, la parcela dispone de agua tanto en invierno como en verano.

4.5.2. Suministro hidráulico y sistema de riego actual

El suministro de agua a la parcela se realiza a través de la acequia de La Torrecilla La toma de la acequia se encuentra en la subparcela superior, a una cota de 342,7 m y consiste en una arqueta de hormigón prefabricado con una tajadera de acero de accionamiento manual que permite la entrada de agua a la parcela por gravedad. El riego se realiza durante dos turnos semanales de 3 horas fijados por la propia Comunidad de regadíos. Según las estimaciones realizadas en el **Anejo 4**, la acequia transporta un caudal medio de $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ durante este periodo de tiempo, suficiente para el llenado del depósito de regulación. En la actualidad se emplea un sistema de riego por superficie mediante surcos que aprovecha la pendiente descendiente de la parcela para la conducción del agua.

4.5.3. Calidad agronómica del agua de riego

El estudio de la calidad agronómica del agua de riego se ha llevado a cabo a partir de los análisis de sus parámetros físico – químicos facilitados por la Red de Control del Estado de las Masas de Agua Superficiales (C.E.M.A.S.) de la Confederación Hidrográfica del Ebro (C.H.E.) en el punto de muestreo n°0242 – Cidacos/Autol a unos 9 km aguas arriba del azud de Los Molinos desde donde se toma el agua que riega la parcela de proyecto.

Según las normas Riverside la clasificación del agua de riego es C2 – S1, por lo que presenta un peligro de salinización medio y un peligro de sodificación bajo, mientras que las normas FAO establecen que el riesgo de salinización es nulo. Según las normas H. Green el agua queda clasificada como de “buena calidad” y según las normas Wilcox se clasifica como de “excelente a buena”. Con todo esto se concluye que el agua de riego reúne unas condiciones de calidad que la hacen apta para el riego del olivo.

4.6. SUMINISTRO ELÉCTRICO

El acceso a la red eléctrica está comprometido ya que la línea eléctrica más próxima a la parcela se trata de una línea de alta tensión que dista unos 470 m de la misma. Al no existir ningún centro de transformación próximo a la parcela no se tiene acceso a la red eléctrica convencional, por lo que la energía necesaria para accionar el sistema de bombeo que impulsará el agua a la red de distribución proyectada deberá ser obtenida de otras fuentes.

5. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

A continuación se describen y valoran las distintas alternativas de diseño hasta configurar la solución que se adoptará en este Proyecto.

5.1. SISTEMA DE RIEGO

A continuación se describen los principales sistemas aplicables al riego del olivar y se valoran sus implicaciones desde el punto de vista agronómico.

5.1.1. Riego por superficie

Los riegos por superficie ejecutados por inundación, en tablares o en surcos, son los que necesitan una mayor cantidad de agua, los que tienen más pérdidas por lixiviación y los que necesitan un mayor empleo de mano de obra para su ejecución. La eficiencia de la aplicación de agua es, por tanto, muy baja. Su ejecución se dificulta el riego cuando el terreno no es llano y, en terrenos en pendiente, se producen problemas de erosión. No obstante este sistema de riego presenta la ventaja de su mínima inversión inicial.

5.1.2. Riego por aspersión

Las pérdidas de agua mediante la aplicación de riegos por aspersión son menores que en el riego por gravedad e, igualmente, se reduce erosión potencial que en el caso de los riegos a pie. Este sistema debe instalarse con aspersores de ángulo bajo para que el agua se distribuya por debajo de la copa, sin mojar el árbol.

5.1.3. Riego localizado

El riego localizado suministra el agua en varios puntos del terreno formando unos bulbos húmedos. El olivo crea en estos bulbos húmedos una red de raíces capilares donde se suministra el agua necesaria cuando ésta escasea en el terreno y también de nutrientes que puede añadirse al agua de riego. De esta forma, el árbol necesita menos energía para absorber el agua y los nutrientes, por lo que el consumo es inferior a los otros sistemas para obtener los mismos resultados.

Como se aprecia, de los tres sistemas de riego planteados es el riego por goteo el que garantiza un mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y el que mejor se adapta al riego del olivo gracias a la formación de un bulbo húmedo en cada punto de emisión por lo que la solución elegida en este caso es el riego por goteo.

Además, este sistema, sin considerar el riego por gravedad, es el que supone un menor requerimiento energético dada la baja presión de funcionamiento de los emisores. Éste es un factor de mucho peso conocidas las limitaciones de suministro eléctrico de la parcela de proyecto.

5.2. FUENTE DE ENERGÍA

La solución más extendida en las instalaciones de riego a presión en parcela sin acceso a la red eléctrica convencional es el uso de bombas accionadas por motores de combustión interna.

Como alternativa a los combustibles fósiles, el empleo de energía solar fotovoltaica para el bombeo de agua es una aplicación de especial interés y de aplicación creciente en instalaciones de riego aisladas. En la *Tabla 1* se exponen las principales ventajas e inconvenientes de ambos sistemas.

TIPO DE SISTEMA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fotovoltaico	<ul style="list-style-type: none"> · Bajo mantenimiento · Limpieza · Fiabilidad · Larga vida útil · Sistema modular que puede ser acoplado a las necesidades · No consume combustible 	<ul style="list-style-type: none"> · Relativamente alto coste inicial · Producción energética variable dependiente de la radiación
Combustión	<ul style="list-style-type: none"> · Inversión inicial moderada · Portátil · Muy experimentado · Fácil instalación 	<ul style="list-style-type: none"> · Mantenimiento a menudo inadecuado, reduciendo su vida útil · Combustible caro y suministro intermitente · Problemas de ruido suciedad y humos

Tabla 4. Comparación entre diferentes opciones de bombeo (Alonso, 2001).

Considerando las ventajas e inconvenientes expuestas se ha optado por un sistema de riego accionado mediante energía solar fotovoltaica.

5.3. ESTRATEGIA DE DIMENSIONADO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Una vez decidido el empleo de energía solar fotovoltaica para el funcionamiento del sistema de bombeo de la instalación de riego, es necesario establecer qué estrategia de dimensionado se va a emplear, ya que ésta condiciona en gran medida la configuración y dimensiones del sistema.

5.3.1. Estrategia del mes “más desfavorable”

En general la estrategia de dimensionado aplicada a los sistemas de riego fotovoltaico se centra en cubrir las exigencias del mes más desfavorable, esto es, aquél en el que la relación entre la demanda y la oferta energética es mayor. Las instalaciones de riego así concebidas concentran su funcionamiento en los meses que dura la campaña de riegos, permaneciendo el resto del año sin operar, por lo que, salvo que la energía producida por el sistema fotovoltaico se destine a otros consumos, se estará desaprovechando. De hecho, este tipo de diseño conlleva un sobredimensionado del subsistema de generación.

5.3.2. Estrategia de máxima captación de energía

Por otro lado, el dimensionado siguiendo una estrategia de máxima captación de energía en la que se aproveche la energía generada durante todo el año comporta una menor capacidad del captador y, en consecuencia, un menor coste. Sin embargo el desacoplo que existe en muchas ocasiones entre la oferta y la demanda energética por parte de la instalación de riego obliga a acumular energía de forma estacional.

Para el dimensionado del sistema de riego fotovoltaico que se aplicará en el desarrollo de este Proyecto se ha optado por una estrategia de máxima captación de energía ya que supone una optimización del recurso solar y una reducción de las dimensiones del captador. A continuación se valoran las distintas alternativas de subsistemas de acumulación de energía (SAE) posibles.

5.4. SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA

5.4.1. SAE electroquímico

Las baterías o acumuladores son dispositivos que almacenan energía usando procedimientos electroquímicos y que, posteriormente, la devuelven. En los sistemas fotovoltaicos las baterías se utilizan principalmente como sistema de almacenamiento energético, debido al desplazamiento temporal que puede existir entre los periodos de generación y los periodos de consumo, permitiendo la operación de las cargas cuando el generador FV por sí mismo no puede generar suficiente potencia. No obstante, el uso de baterías comporta una disminución de la fiabilidad del sistema, el aumento del coste y un incremento en el mantenimiento (Alonso, 2001) por lo que, habitualmente, se opta por el almacenamiento de agua en depósito elevado.

5.4.2. SAE gravitacional

Una configuración habitual de consiste en la acumulación de agua en un depósito elevado. El depósito deberá elevarse hasta una altura suficiente para que, sin necesidad de un aporte extra de presión, suministre a la instalación de riego una presión suficiente para su correcto funcionamiento.

5.4.3. SAE en suelo

El suelo puede ser considerado como un sistema de almacenamiento energético. Éste es un planteamiento que no es considerado en la mayoría de las instalaciones de riego fotovoltaico y que, sin embargo, puede reportar importantes beneficios técnicos y económicos en su diseño y explotación.

El uso del suelo como principal subsistema de acumulación de energía a largo plazo minimiza el empleo de baterías, que solo se utilizan para alimentar los elementos de control y accionamiento de las válvulas de sector de la instalación de riego, no requiere la construcción de un depósito elevado y se reducen sensiblemente las dimensiones del subsistema de generación al prolongar en el tiempo la aplicación de agua.

Por otro lado, las posibles pérdidas en el agua vertida cuando no se necesita el riego podrían asimilarse a las energéticas de carga y descarga de las baterías. Una aplicación de agua continuada y proporcional a la oferta energética durante todo el año y no sólo durante los meses que duraría la campaña de riegos convencional, provocará una acumulación progresiva de agua dentro de los límites impuestos por la textura y profundidad efectiva del suelo. Así, el citado suelo acumulará agua durante los meses de invierno y primavera en los que, normalmente, la demanda hídrica del olivo es muy baja, que luego estará disponible para cubrir de forma suficiente el déficit durante los meses de máxima demanda (normalmente julio y agosto), cuando los aportes hídricos son inferiores a la demanda evapotranspirativa.

Se ha decidido el empleo del suelo como principal subsistema de acumulación de energía aunque no se descarta el uso de baterías electroquímicas para el funcionamiento de los elementos de control y accionamiento de la instalación (autómata programable y solenoides).

6. SOLUCIÓN ADOPTADA Y METODOLOGÍA DE CÁLCULO

6.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Resumiendo las decisiones tomadas en el apartado anterior, la solución adoptada presenta las siguientes características:

- Sistema de riego..... **Localizado de alta frecuencia (goteo)**
- Subsistema de generación..... **Instalación fotovoltaica aislada.**
- Estrategia de dimensionado..... **Máxima captación de energía.**
- Subsistema de acumulación de energía..... **Suelo.**

Dado que se trata de un sistema con bombeo directo y que no se almacena energía en baterías electroquímicas (salvo la excepción expuesta en el *Apartado 5.4* de esta Memoria), es decisivo que la instalación sea capaz de funcionar dentro de un amplio rango de oferta de potencia fotovoltaica disponible, relacionada con las fluctuaciones de irradiancia solar y temperatura ambiente. Para adecuar el punto de funcionamiento se sectorizará la instalación de riego, de forma que puedan estar operativos tanto un sector aislado, en caso de niveles de irradiancia bajos, como varios sectores simultáneamente, conforme aumenta la disponibilidad de recurso solar.

6.2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Con el fin de calcular una instalación de riego con las premisas planteadas, se ha desarrollado una metodología de cálculo para su aplicación en este Proyecto Fin de Carrera.

El modelo que se expone a continuación abarca el diseño completo de una instalación de riego fotovoltaico. Considerando, como se ha explicado, que el sistema de riego propuesto permitirá el funcionamiento simultáneo de un número variable de sectores de riego en función de la oferta de energía, no es posible determinar, a priori, las necesidades energéticas de bombeo, por lo que se plantea un proceso de cálculo iterativo que llevará a establecer la configuración óptima de los sistemas de bombeo y fotovoltaico, es decir, aquella que permitirá cubrir las necesidades hídricas del cultivo utilizando el suelo como subsistema de acumulación de energía. A efectos prácticos, se ha dividido la metodología de cálculo en siete etapas o bloques cuya relación se puede apreciar en la *Figura 1*.

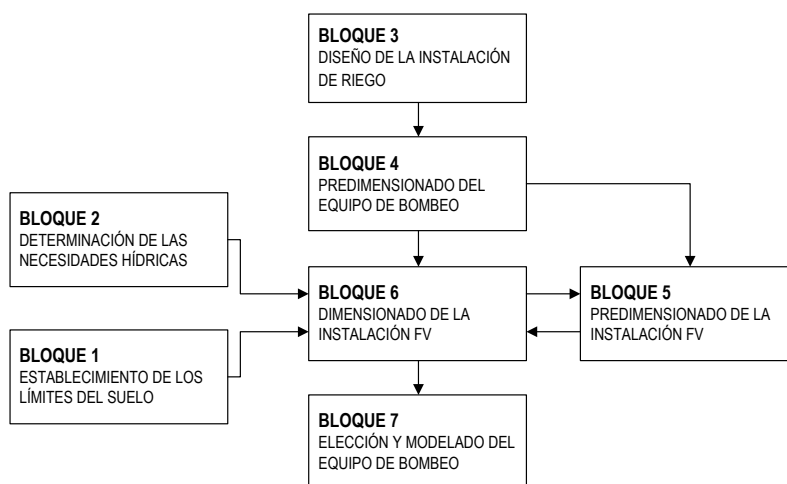


Figura 1. Diagrama relacional de etapas de diseño.

En la *Figura 2* se muestra el algoritmo de cálculo propuesto en el que se detalla la metodología de cálculo de cada uno de los bloques del diagrama anterior. A continuación se describe esta metodología de forma pormenorizada siguiendo las etapas de diseño recogidas en la *Figura 1*.

6.2.1. Establecimiento de los límites de acumulación del suelo

Los límites de la reserva del suelo y su grado de explotación permisible condicionan, en gran medida, el dimensionado del subsistema de generación ya que limitan la capacidad del sistema para acumular agua y, por lo tanto, energía. Como se aprecia en el algoritmo de diseño (*Fig. 2, bloque 1*), a partir de la textura del suelo y de la profundidad explorada por las raíces del cultivo se determina la humedad existente en el suelo a capacidad de campo (CC) y en el punto de marchitez (PM). La capacidad de retención de agua disponible (CRAD) o reserva disponible es la diferencia entre estos dos estados del suelo.

Un descenso de la reserva de agua del suelo hasta el punto de marchitez provocaría estrés hídrico al cultivo. Por ello, es necesario establecer un nivel de agotamiento permisible (NAP) dependiente del cultivo que, aplicado a la CRAD del suelo, establece la reserva útil, completamente aprovechable por el cultivo. Quedan así definidos los niveles superior (M) e inferior (m) de la reserva útil dentro de los cuales deberá permanecer el contenido de agua. Puede establecerse un paralelismo entre los conceptos de CRAD y NAP y los correspondientes a baterías electroquímicas de capacidad y profundidad de descarga.

6.2.2. Determinación de las necesidades hídricas

El primer paso a la hora de estimar las necesidades hídricas del cultivo es calcular su evapotranspiración potencial (ET_0). En el desarrollo de esta metodología se ha utilizado el método FAO Penman – Monteith (Allen et al., 2006). El valor del coeficiente de cultivo K_c dependerá de cada cultivo y de la época del año. En el algoritmo de diseño se ha incluido la metodología de cálculo para su determinación en olivar según el modelo propuesto por Orgaz (Orgaz et al. 2006). La precipitación efectiva (PE) se ha determinado de acuerdo con las recomendaciones del USBR (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Las necesidades totales anuales de riego quedan determinadas por la diferencia entre la ET_c y la PE anuales. Como se aprecia en el algoritmo de cálculo (*Fig.2, bloque 2*), éste es el valor que, junto con la reserva útil del suelo, determina la potencia fotovoltaica instalada. Dado que las dosis de riego se distribuirán en proporción a la energía eléctrica generada mensualmente, éstas no quedarán definidas hasta haber cubierto la sexta etapa de la metodología en la que se determinará, de forma concreta, la disponibilidad energética.

Conviene hacer una estimación inicial distribuyendo las necesidades totales anuales de riego proporcionalmente a la irradiancia sobre el plano inclinado, estimada según el modelo isotrópico de Liu – Jordan (Liu y Jordan, 1962), aunque este procedimiento no ha sido incluido en el algoritmo de diseño. De esta forma, se comprueba que se cubren las necesidades hídricas mensuales del cultivo con la estrategia de riego seguida, manteniéndose la reserva del suelo dentro de los límites establecidos. En cualquier caso, se trata de una estimación ya que la energía generada depende de otros factores además de la irradiancia como son la temperatura ambiente, la orientación del generador y la incorporación o no de un sistema de seguimiento del sol.

6.2.3. Diseño de la instalación de riego

Con el fin de adaptar el funcionamiento del sistema de bombeo a la oferta energética se sectoriza la instalación de riego, permitiendo el funcionamiento de un solo sector o varios simultáneamente. Como se aprecia en el algoritmo de cálculo, la dimensión del sector de riego es una opción de diseño a decidir por el proyectista, quien ha de tener en consideración las limitaciones hídricas o energéticas concretas que comprometen su tamaño. La secuencia de diseño recogida en el *bloque 3* de la *Figura 2* está descrita en Pizarro (1996). Se trata de una instalación de riego constituida por una tubería primaria que parte del cabezal de riego y distribuye el agua a los distintos sectores, integrados, cada uno de ellos, por una tubería secundaria que alimenta a los ramales portagotos.

Una vez dimensionada la instalación de riego se procede de forma iterativa a la determinación del punto caudal – altura manométrica (Q-h) que deberá proporcionar la bomba en función del número de sectores en operación, considerando un rango que incluye desde un sector regando en solitario hasta el funcionamiento simultáneo de todos los sectores de la instalación. Para un mismo número de sectores regando a la vez, dentro de las múltiples combinaciones de sectores posibles, se determinarán los puntos de funcionamiento Q-h tanto de la combinación que implique un menor requerimiento energético (Q-h min, en la *Fig. 2, bloque 3*) como de la que demande una potencia mayor (Q-h max).

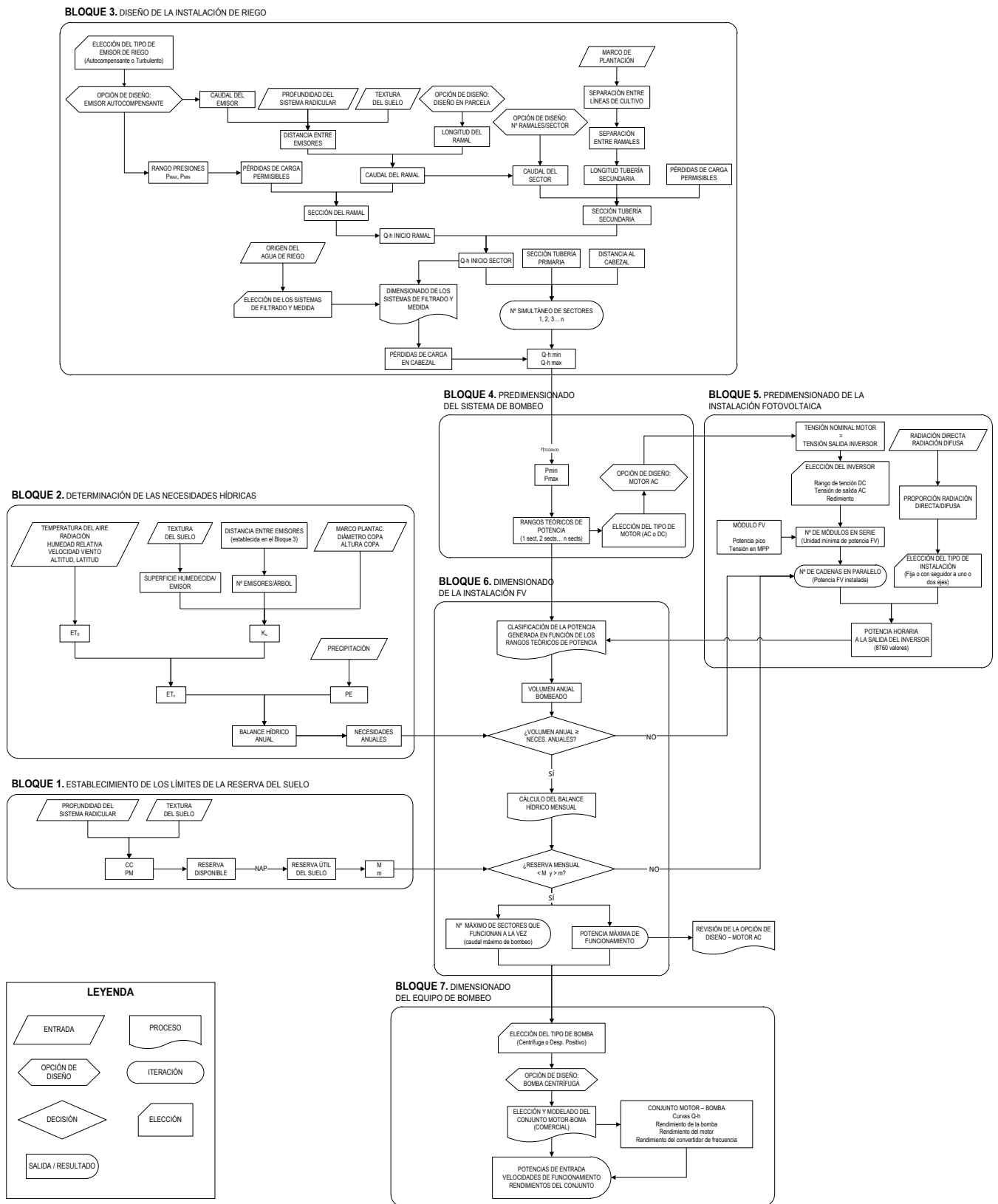


Figura 2. Algoritmo de diseño del sistema de riego.

6.2.4. Predimensionado del equipo de bombeo

Cada pareja de puntos Q-h determinados en el apartado anterior proporcionará un par de valores de potencia de entrada al sistema de bombeo, considerando un rendimiento teórico del conjunto motor - bomba.

Al no conocerse, en esta fase del diseño, el número máximo de sectores que se podrán regar a la vez y, por tanto, la potencia máxima de entrada al conjunto motor – bomba, no es posible elegir el equipo de bombeo y, consecuentemente, no se conoce el rendimiento concreto en cada punto de funcionamiento. No obstante, en esta fase del dimensionado se considera un rendimiento teórico del conjunto motor – bomba del 45% según lo observado en el catálogo comercial de la marca Grundfos. En la última fase de esta metodología (Elección y modelado del equipo de bombeo), tras determinar la potencia máxima de operación, se establecerán los rendimientos concretos en cada punto de funcionamiento del conjunto.

Como se aprecia en el algoritmo de diseño, cada par de valores de potencia así calculado define el rango de potencia de entrada al motor del sistema de bombeo, dentro del cual la instalación podrá regar un determinado número de sectores simultáneamente.

En este punto del diseño se propone la elección del tipo de motor (de corriente continua, DC, o de corriente alterna, AC) que accionará la bomba, ya que de él depende el diseño del subsistema de acondicionamiento de potencia que, a su vez, condiciona el de generación. La opción de diseño propuesta por defecto en el algoritmo de cálculo es la de un motor de inducción de corriente alterna. No obstante, tras la determinación de la máxima potencia de alimentación del motor, se contempla la posibilidad de revisar esta opción.

6.2.5. Predimensionado de la instalación fotovoltaica

El dimensionado de la instalación fotovoltaica comenzará con la definición de la configuración del subsistema de acondicionamiento de potencia. La tensión de la salida del inversor debe corresponderse con la tensión nominal del tipo de motor elegido. El rango de tensiones de entrada del inversor deberá, asimismo, corresponderse con el rango de tensiones proporcionadas por el generador fotovoltaico, de modo que se debe instalar un número de módulos en serie que permita que la tensión de salida del generador quede comprendida en ese rango. Esta cadena de módulos en serie determina la mínima unidad de potencia instalada. Para aumentar la potencia hasta el valor requerido se han de añadir cadenas de módulos configuradas según lo descrito, conectadas entre sí en paralelo.

A la hora de diseñar el subsistema de generación hay que decidir si el generador dispondrá de seguidor solar o no. Esta decisión se basará inicialmente en la proporción de radiación difusa y directa en el lugar de instalación, ya que el beneficio obtenido al instalar un seguidor solar será mínimo si predomina la radiación difusa, en comparación con una ubicación en la que predomina la radiación directa y en definitiva, si el coste de inversión y de consumo que comporta se ve compensado por el incremento en la producción.

Una vez establecidos todos los elementos de la instalación se llevará a cabo un proceso iterativo de cálculo aumentando la potencia fotovoltaica instalada mediante la adición progresiva de cadenas de módulos en paralelo. Para cada configuración del campo fotovoltaico se obtienen 8760 valores horarios anuales de potencia de salida de módulos empleando el programa informático de simulación solar PV*Sol. Los datos meteorológicos horarios (irradiancia, temperatura del aire, humedad relativa y

velocidad de viento) introducidos en el citado programa son el resultado de un tratamiento previo de la serie de datos disponible para determinar el año meteorológico típico, siguiendo el procedimiento de Festa – Ratto (Festa y Ratto, 1993).

6.2.6. Dimensionado de la instalación fotovoltaica

La potencia fotovoltaica instalada óptima es aquella que permite cubrir las necesidades hídricas totales del cultivo sin que, en ningún mes del año, se produzca un exceso de riego (por encima de lo que permita acumular el suelo) o un déficit hídrico para el cultivo.

Con el fin de comprobar que se cubren las necesidades hídricas anuales del cultivo, se clasifican los valores horarios de potencia obtenidos en función de los rangos de potencia calculados en la fase de Predimensionado del sistema de bombeo, determinando así el número de horas al año que cada una de las configuraciones del campo fotovoltaico permitirá regar cada combinación de sectores de riego (desde un sector hasta el máximo número de sectores en que haya sido dividida la instalación de riego). Una vez conocidos el número de horas y el caudal de agua bombeado en cada combinación de sectores, se determinará el volumen anual que podrá ser aportado con cada configuración, seleccionándose aquella que permita disponer de un volumen inmediatamente superior a las necesidades hídricas establecidas.

Como se aprecia en el algoritmo de cálculo (*Fig.2, bloque 6*), una vez demostrada la capacidad del sistema de aportar el volumen de agua demandado anualmente por el cultivo, se ha de comprobar para cada mes que, en ningún caso, el volumen de agua aplicado provoque que la reserva del suelo supere el límite superior de acumulación (M) ni se sitúe por debajo del límite inferior (m). Para ello, se repite para cada mes del año el mismo proceso de clasificación de los valores horarios de potencia a la salida del inversor descrito anteriormente, obteniéndose así el volumen mensual que la instalación será capaz de bombear. A continuación, se introducen estos aportes hídricos en el balance hídrico mensual comprobando si se cumple o no la condición establecida.

Si se rebasa el límite superior de la reserva del suelo, se producirán pérdidas por escorrentía o por percolación profunda, siendo necesario aumentar la potencia fotovoltaica instalada, con el fin de aumentar la dosis de riego en aquellos meses en los que, existiendo una menor oferta energética, se dispone de margen en la reserva del suelo. Por el contrario, si la reserva toma un valor menor que el límite inferior, el cultivo sufrirá las consecuencias del déficit hídrico y será igualmente necesario el aumento de la potencia del generador con objeto de aportar el agua necesaria para cubrir el déficit.

Una vez comprobado que la reserva del suelo se mantiene dentro de los límites establecidos durante todo el año, se acepta el diseño del subsistema de generación y de acondicionamiento de potencia. Quedan así determinados tanto la potencia fotovoltaica instalada como el número máximo de sectores que podrán funcionar simultáneamente determinando la potencia máxima de entrada del conjunto motor – bomba (la potencia mínima de funcionamiento queda determinada por el sector de riego más favorable desde el punto de vista energético regando en solitario). Conocida la potencia máxima de funcionamiento del sistema se propone la revisión de la elección del tipo de motor según el siguiente criterio (Alonso, 2001):

- **Sistemas de baja potencia** (50-400 Wp): en este caso se recomienda el uso de motores de corriente continua con un convertidor DC/DC.
- **Sistemas de media potencia** (400-1.500 Wp): en estos sistemas podrán funcionar tanto motores de corriente alterna con inversor como motores de corriente continua.
- **Sistemas de alta potencia** (> 1.500 Wp): en estos casos se recomienda el uso de motores de corriente alterna con inversor.

6.2.7. Elección y modelado del equipo de bombeo

En este punto del diseño (ver *Figura 2, bloque 7*), se dispone de información suficiente para la elección el conjunto motor-bomba que mejor se adapte a los puntos Q-h de funcionamiento determinados, procurando que el rendimiento sea el mayor posible.

En caso de haber seleccionado un equipo de bombeo alimentado por corriente alterna, será necesario la instalación de un convertidor de frecuencia que regule la velocidad de giro del motor dependiendo de la energía proporcionada por el generador, variando así el caudal suministrado por la bomba y permitiendo, de esta forma, el riego de las distintas combinaciones de sectores.

Siguiendo el modelo propuesto por Alonso (Alonso et al., 2002), se obtienen las frecuencias, las potencias reales y los rendimientos del conjunto motor – bomba en cada uno de estos puntos Q-h de funcionamiento. Finalmente, determinadas las potencias reales de entrada al motor, se propone llevar a cabo una nueva clasificación de los valores de potencia a la salida del inversor obtenidos en el Predimensionado de la instalación fotovoltaica, con el fin de conocer con exactitud el volumen total bombeado y los riegos mensuales aplicables.

7. NECESIDADES HÍDRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LOS RIEGOS

7.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

7.1.1. Evapotranspiración potencial (ET_0)

El estudio de necesidades hídricas es el componente fundamental de todo proyecto de riego y es la parte del mismo en la que los errores tienen consecuencias más graves. La evapotranspiración de referencia o evapotranspiración potencial (ET_0) ha sido calculada mediante el método FAO Penman Monteith.

Este método fue seleccionado por la FAO para calcular la ET_0 por su capacidad para proporcionar resultados similares a los que se obtienen recurriendo a las mediciones directas e indirectas de ET en cubiertas cespitosas, por tener una base física sólida y por incorporar tanto parámetros fisiológicos como aerodinámicos.

Los principales parámetros meteorológicos que han sido considerados para la obtención de la ET_0 son la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad del aire y la velocidad del viento. Para su estimación se ha al año medio meteorológico calculado en el **Anejo 1** (Estudio climático) a partir de las observaciones horarias del periodo descrito en el *Apartado 4.2*. Los resultados de la aplicación del método se presentan en la *Tabla 5*.

	ET_0 (mm·día ⁻¹)	ET_0 (mm·mes ⁻¹)
Enero	0,9988	31,0
Febrero	1,7828	49,9
Marzo	2,9829	92,5
Abril	3,6656	110,0
Mayo	4,5248	140,3
Junio	5,7118	171,4
Julio	6,4066	198,6
Agosto	5,6681	175,7
Septiembre	4,0769	122,3
Octubre	2,4946	77,3
Noviembre	1,6190	48,6
Diciembre	1,0341	32,1
		1249,5

Tabla 5. Evapotranspiración potencial según el método FAO – Penman Monteith.

7.1.2. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo es el producto de la evapotranspiración potencial (ET_0) por el coeficiente de cultivo (K_c). Se ha calculado siguiendo el modelo descrito por Orgaz (2006) que divide la evapotranspiración del olivar en tres procesos:

- TRANSPIRACIÓN DEL OLIVAR (E_p): que depende de su tamaño y de la época del año.
- EVAPORACIÓN DESDE LA SUPERFICIE DEL SUELO (E_s): que depende de la energía disponible y de su contenido en humedad.
- EVAPORACIÓN DESDE LA SUPERFICIE HUMEDECIDA POR LOS GOTEROS (E_{ws}): en el caso de la aplicación de riego localizado depende de la nivel de exposición al sol de la superficie humedecida, del tamaño de los bulbos y de la frecuencia de riegos.

Los resultados obtenidos tras la aplicación de este método se presentan en la *Tabla 6*. En la última fila de la misma se puede apreciar el peso de cada una de las componentes de la ET_c sobre el total de la misma observándose la importancia de la transpiración del olivar, que supone prácticamente un 50% de la evapotranspiración total anual, seguida por la evaporación desde la superficie del suelo que alcanza un 38%.

	ET_0 (mm·mes ⁻¹)	E_p (mm·mes ⁻¹)	E_s (mm·mes ⁻¹)	E_{ws} (mm·mes ⁻¹)	ET_c (mm·mes ⁻¹)
Enero	31,0	5,6	18,9	2,3	26,8
Febrero	49,9	9,7	22,7	3,7	36,2
Marzo	92,5	19,2	27,7	6,9	53,8
Abril	110,0	25,7	31,1	8,2	65,0
Mayo	140,3	38,2	29,7	10,5	78,5
Junio	171,4	55,6	20,6	12,9	89,0
Julio	198,6	64,5	11,4	14,9	90,7
Agosto	175,7	54,8	16,3	13,2	84,3
Septiembre	122,3	34,9	18,6	9,2	62,7
Octubre	77,3	24,1	25,1	5,8	55,0
Noviembre	48,6	13,9	21,3	3,6	38,8
Diciembre	32,1	5,8	22,6	2,4	30,8
		352,1	265,8	93,7	711,6
		49,48%	37,35%	13,17%	100%

Tabla 6. Valores mensuales de evapotranspiración de cultivo (ET_c) y sus componentes.

En la *Figura 3* se muestra la evolución anual de la evapotranspiración del cultivo y del coeficiente de cultivo.

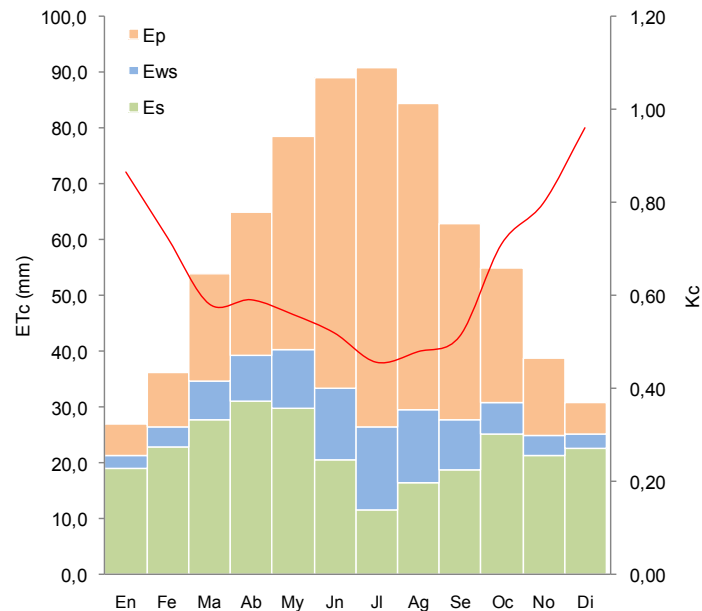


Figura 3. Componentes de la evapotranspiración del cultivo (barras) y del coeficiente de cultivo (línea).

7.2. PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE)

El agua de lluvia puede perderse por escorrentía superficial o por percolación profunda, y solamente una fracción de la misma, denominada precipitación efectiva (PE) queda almacenada en el suelo a disposición del cultivo. La PE es función de la intensidad de la lluvia y de las características del suelo que afectan a su velocidad de infiltración. Para su estimación se han empleado las recomendaciones del United States Bureau of Reclamation (Doorenbos y Pruitt, 1997) obteniendo los siguientes resultados:

	P (mm·mes ⁻¹)	PE (mm·mes ⁻¹)
Enero	22,4	21,6
Febrero	25,0	24,0
Marzo	41,8	39,0
Abril	55,2	50,3
Mayo	89,4	76,6
Junio	32,0	30,3
Julio	16,5	16,0
Agosto	20,3	19,6
Septiembre	32,8	31,1
Octubre	44,2	41,1
Noviembre	52,0	47,7
Diciembre	33,5	31,7
Total	465,1	429,2

Tabla 7. Valores mensuales de precipitación total (P) y precipitación efectiva (PE).

7.3. RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO

A partir de los parámetros físicos del suelo presentados en el Estudio Edafológico (**Anejo 2**) y considerando una profundidad del sistema radicular del olivo de un metro, se ha determinado que la reserva total del suelo o capacidad de retención de agua disponible (CRAD) asciende a 172,63 mm. En la siguiente tabla se presentan los valores de capacidad de campo (CC), punto de marchitez (PM) y reserva del suelo en cada horizonte del mismo hasta una profundidad de un metro.

Horizonte	Profundidad (m)	CC (%)	PM (%)	Reserva total (mm)
Ap	0,34	22,74%	11,37%	57,98
Bk	0,20	23,65%	11,82%	35,47
2Bkz1	0,45	22,95%	11,48%	77,47
2Bkz2	0,01	22,80%	11,40%	1,71
	1,00	RESERVA DEL PERFIL		172,63

Tabla 8. Valores característicos de la humedad del suelo en la profundidad explorada por el sistema radicular.

Como se explica en la metodología de cálculo un descenso de la reserva hasta el punto de marchitez provocaría estrés hídrico al cultivo, por lo que se ha establecido un nivel de agotamiento permisible (NAP) del 75% (Pastor y Orgaz, 1994) que se aplicará a la reserva del suelo en la profundidad explorada por las raíces con el fin de evitar el mencionado estrés hídrico. De modo que los parámetros que regirán el régimen de humedad del suelo y que se considerarán durante la programación del riego serán los siguientes:

- **M:** nivel máximo de agua en el suelo 172,63 mm
- **NAP:** nivel de agotamiento permisible..... 75,00%
- **DASP:** déficit de agua en el suelo permisible 129,47 mm
- **m:** nivel mínimo de agua en el suelo..... 43,16 mm

7.4. PROGRAMACIÓN DE RIEGOS

Según el modelo descrito en el *Apartado 6.2*, la distribución de riegos durante el año estará determinada por la energía disponible proporcionada por el subsistema de generación de la instalación fotovoltaica. Como una primera estimación, se ha distribuido el riego en función de la radiación incidente sobre un plano inclinado de 30° (inclinación óptima del captador en la ubicación del proyecto).

De modo que se aplicarán riegos durante todos los meses del año siguiendo una distribución equivalente a la curva anual de radiación sobre el plano inclinado. La determinación de la radiación sobre el plano inclinado (H_T) se ha llevado a cabo mediante el método de Liu-Jordan (1962). En la *Tabla 9* se muestran los resultados del balance hídrico así calculado.

Las necesidades anuales totales de riego ascienden a 282,4 mm. Los valores de precipitación efectiva (PE) y riego (R) así como la evolución de la reserva del suelo y de la radiación sobre el plano inclinado se presentan en la *Tabla 9*. Como se puede observar, esta programación implica el riego durante todos los meses del año de modo que se produzca un aumento progresivo de la reserva hasta el mes de mayo (144,3 mm) a partir del cual, comienza a caer.

	ET _c (mm·mes ⁻¹)	PE (mm·mes ⁻¹)	ET _c -PE (mm·mes ⁻¹)	R ₁ (mm·mes ⁻¹)	R ₁ (correg.) (mm·mes ⁻¹)	H _T %	D _r (mm·mes ⁻¹)	R ₂ (mm·mes ⁻¹)
Enero	26,8	21,6	5,2	47,8	47,8	4,9%	13,7	89,7
Febrero	36,2	24,0	12,1	35,7	35,7	6,7%	19,0	96,6
Marzo	53,8	39,0	14,8	20,9	20,9	8,7%	24,5	106,3
Abril	65,0	50,3	14,7	6,2	6,2	9,3%	26,3	117,8
Mayo	78,5	76,6	1,9	4,3	4,3	10,0%	28,3	144,3
Junio	89,0	30,3	58,7	-54,4	0,0	11,2%	31,7	117,3
Julio	90,7	16,0	74,7	-129,1	0,0	11,7%	33,1	75,6
Agosto	84,3	19,6	64,6	-193,7	0,0	10,8%	30,6	41,6
Septiembre	62,7	31,1	31,6	-225,4	0,0	9,5%	26,7	36,7
Octubre	55,0	41,1	13,9	43,2	43,2	7,2%	20,3	43,2
Noviembre	38,8	47,7	-8,9	52,1	52,1	5,6%	15,7	67,8
Diciembre	30,8	31,7	-0,9	53,0	53,0	4,4%	12,4	81,2
	0,0	0,0	282,4				282,4	

Tabla 9. Resultados del balance hídrico.

Mediante esta estrategia se produce un leve déficit en el mes de septiembre, ya que la reserva llega a la reserva mínima. No obstante en este se seguirá una estrategia de riego deficitario controlado (RDC) que, lejos de tener una repercusión significativa sobre el volumen de producción del olivar, implicará características tecnológicas positivas en la oliva a la hora de la extracción del aceite como se explica en la revisión bibliográfica sobre RDC que se presenta en el **Anejo 5**.

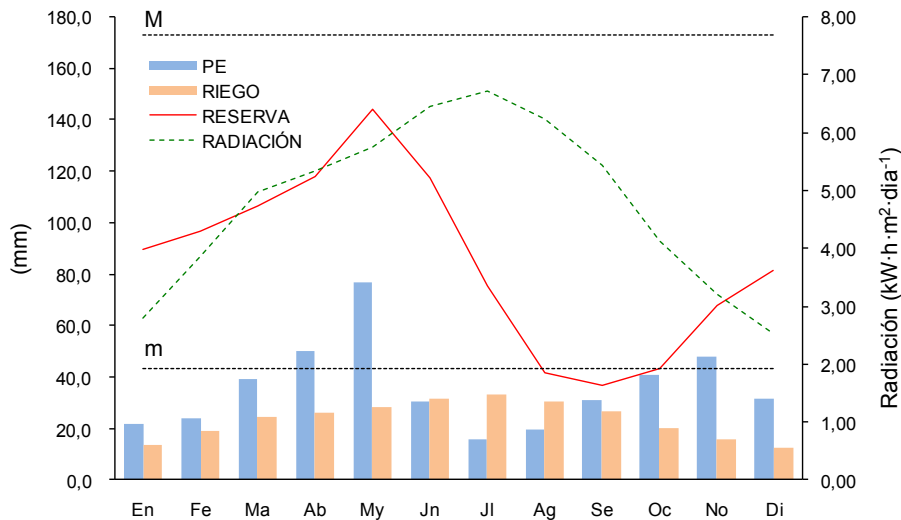


Figura 4. Aportaciones hídricas (riego y precipitación), evolución de la reserva del suelo y curva anual de radiación.

8. INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO

8.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Las unidades básicas que componen la instalación de riego por goteo son las siguientes:

- A. SISTEMA DE BOMBEO:** es el encargado de elevar el agua desde el depósito de regulación y suministrar el caudal y altura manométrica necesarios en función de la oferta energética solar en cada momento.
- B. CABEZAL DE RIEGO:** está situado a la salida de la bomba y en él se incluyen:
 - Elementos de filtrado
 - Controladores de presión, caudal.
- C. RED DE TUBERÍAS:** en este caso está formada por una tubería primaria y una tubería secundaria por sector de riego que conduce el agua hasta los ramales o laterales portaemisores.
- D. EMISORES:** elementos de derivación del agua desde el ramal al exterior.
- E. DISPOSITIVOS DE CONTROL Y MANIOBRA:** entre estos elementos se encuentran los manómetros, ventosas y válvulas hidráulicas de sector. El control de la instalación de riego estará totalmente automatizado mediante un autómatas programable que abrirá o cerrará las válvulas de sector mediante un impulso hidráulico.

8.2. SECTORIZACIÓN Y TRAZADO DE LA RED DE RIEGO

Se ha dividido el área cultivada de la parcela de proyecto en 10 sectores de riego, cuatro en el nivel superior y 6 en el nivel inferior. Como se aprecia en la *Tabla 10* se ha procurado, dentro de las limitaciones impuestas por la morfología y topografía de la parcela, que, tanto la superficie de los sectores como el número de olivos que contienen sea similar.

	Nº SECTOR	DIMENSIONES (m)	SUPERFICIE (m ²)	Nº OLIVOS
NIVEL SUPERIOR	1	84x50	4.200	210
	2	84x50	4.200	210
	3	84x50	4.200	210
	4	84x50	4.200	210
NIVEL INFERIOR	5	84x45	3.780	189
	6	84x45	3.780	189
	7	84x45	3.780	189
	8	84x45	3.780	189
	9	-	3.660	183
	10	-	3.620	181
TOTAL			39.200	1.960

Tabla 10. Caracterización de los distintos sectores de riego.

Como se puede apreciar en el *Plano 6*, la red de riego se estructura en torno a una tubería primaria que, partiendo de la caseta de riego, divide, longitudinalmente, a la parcela en dos. Los 10 sectores de riego se distribuyen a ambos lados de esta conducción de forma simétrica salvo en el caso de los dos últimos sectores (9 y 10) cuya forma queda comprometida por la morfología de la parcela. En

esta tubería primaria se ubican 5 tomas dobles controladas por válvulas hidráulicas cada una de las cuales alimenta a dos tuberías secundarias. De cada una de las tuberías secundarias salen los ramales portagoteros que proporcionan el agua a la planta. Al final de cada una de las tuberías secundarias, es decir, en su punto más bajo, se colocará una válvula de desagüe con el fin de permitir el vaciado de la red para realizar labores de mantenimiento y limpieza.

Considerando las ventajas que implica el enterrado de los ramales portaemisores recogidas en el **Anejo 6** (Instalación Hidráulica), la instalación se encuentra totalmente enterrada. Dada la topografía del terreno y la distribución de la red de riegos, se ha dotado tanto a la tubería primaria como a las secundarias de una pendiente descendente del 1,5% mientras que el trazado de los ramales portaemisores discurren de forma paralela a las curvas de nivel del terreno por lo que carecen de pendiente. En la *Tabla 11* se muestran las profundidades y pendientes de las distintas conducciones implicadas en la instalación.

CONDUCCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	PENDIENTE (%)
Tubería primaria	0,80	1,5
Tubería secundaria	0,60	1,5
Ramales portaemisores	0,30	0,0

Tabla 11. Caracterización de los distintos sectores de riego.

8.3. DISEÑO AGRONÓMICO

8.3.1. Tipo de emisor

Se ha optado por el empleo de emisores autocompensantes. Este tipo de emisores poseen una mejor aptitud para su colocación en una instalación de riego que los turbulentos ya que, al margen de su mayor precio y su menor vida útil, presentan unas características hidráulicas óptimas, manteniendo el caudal de emisión frente a variaciones de presión o de topografía con mayores longitudes de ramal. En la siguiente figura se puede apreciar el comportamiento hidráulico de los dos tipos de emisores citados.

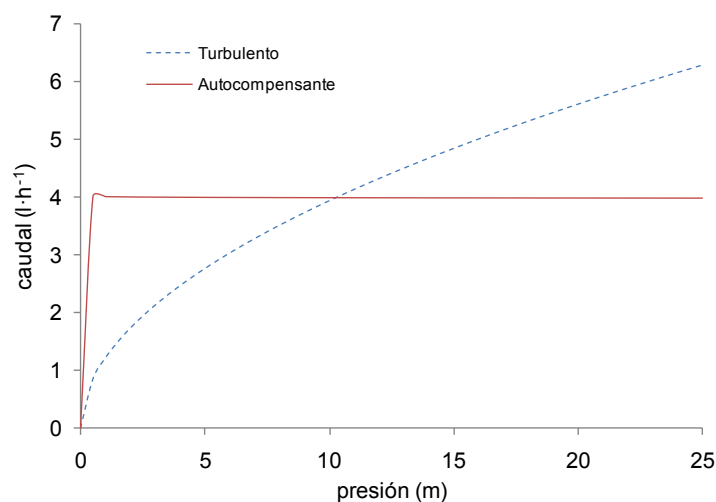


Figura 5. Curvas de emisión de un gotero autocompensante y uno turbulento con un caudal nominal de 4 l·h⁻¹).

Estos goteros están dotados de un elemento flexible en su interior, normalmente una membrana que se deforma bajo la acción de una presión de agua antes y después de la membrana, manteniendo el caudal variable aunque varíe la presión. Su efecto autocompensante sólo se produce dentro de un rango de presiones que es necesario conocer.

8.3.2. Caudal del emisor

La elección del caudal nominal del gotero dependerá de la morfología del bulbo húmedo formado durante el riego; concretamente, de la altura del mismo de modo que la profundidad mojada no debe exceder en más del 10% la profundidad del sistema radicular del olivo. La profundidad del bulbo húmedo formado depende, fundamentalmente, de tres variables:

- Textura del suelo
- Caudal nominal del emisor.
- Tiempo de riego

A continuación se presentan los datos necesarios para la elección del caudal nominal del emisor:

- Profundidad del ramal portaemisores..... 0,30 m
- Duración máxima de la jornada de riego 8 h
- Profundidad del sistema radicular mayorado un 10%..... 1,10 m
- Profundidad máxima del bulbo húmedo desde el emisor..... 0,80 m

Según la prueba de campo disponible que relaciona el volumen de agua emitido con la profundidad y el diámetro del bulbo húmedo formado, se ha elegido un emisor con un caudal nominal de $4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ ya que, en una jornada de riego de 8 h cada gotero emitirá 32 l de agua, alcanzando una profundidad total de 1,04 m (considerando la profundidad a la que se instalará el ramal).

Para su instalación en parcela se ha seleccionado una tubería emisora con gotero autocompensante integrado MEGADRIP de la casa Mondragón Soluciones de $4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ y tecnología antisucción, lo que le supone una característica indispensable para su uso en riego por goteo subterráneo. Sus características técnicas son las siguientes:

Caudal ($\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$)	4
Rango de autocompensación (m)	3-40
Diámetros disponibles (mm)	16, 18
Material de la tubería	PEBD PN40 (UNE 53-367)

Tabla 12. Características técnicas de la tubería emisora.

8.3.3. Distancia entre emisores

El criterio seguido a la hora de determinar el número de emisores y, por lo tanto, la separación entre los mismos se basa en la obtención de un solape entre bulbos de la misma línea (mismo ramal portaemisores) comprendido entre un 10 y 20%.

Según la prueba de campo a la que se ha hecho referencia en el apartado anterior se separarán los emisores 1 m. En la siguiente figura se aprecia la formación de los bulbos húmedos en la parcela de proyecto.

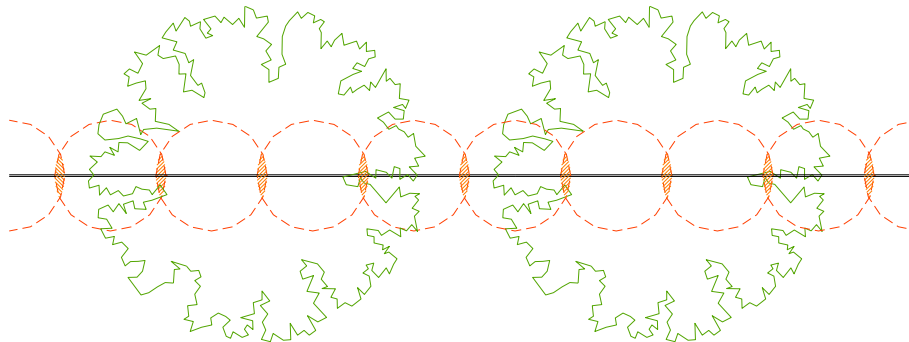


Figura 6. Solape de los bulbos húmedos.

8.4. DISEÑO HIDRÁULICO

8.4.1. Unidades de riego

Para la optimización de las tuberías secundarias y ramales que constituyen cada uno de los sectores de riego se ha establecido una tolerancia de presiones en función del rango de compensación del gotero, permitiendo unas pérdidas de carga totales en la unidad de 37 m (18,5 m en los laterales y 18,5 m en las secundarias). En el caso de las tuberías secundarias se ha empleado, además, un criterio de velocidad, de modo que ésta no debe superar un valor de $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Teniendo en cuenta la homogeneidad morfológica y de tamaño de las unidades de riego, todos los ramales portaemisores y tuberías secundarias de la instalación presentan las siguientes secciones:

TUBERÍA	MATERIAL	PN (MPa)	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)
Ramal	PEBD	0,4	16	13,2
Secundaria	PEBD	0,6	32	28,4

Tabla 13. Caudal y presión al inicio de la secundaria de cada sector.

En el **Anejo 6** (Instalación Hidráulica) se detalla el cálculo de la sección de cada ramal y cada tramo de tubería secundaria así como las presiones de trabajo y velocidades de flujo en las mismas. En la **Tabla 14** se presentan los valores de caudal y altura manométrica al inicio de la secundaria (conexión con la primaria) requeridos para el funcionamiento de cada uno de los sectores de riego obtenidos tras el dimensionado de cada unidad de riego.

SECTOR	Q (l·h ⁻¹)	H _m (m)
S1	3360,00	6,51
S2	3360,00	6,51
S3	3360,00	6,51
S4	3360,00	6,51
S5	3024,00	6,21
S6	3024,00	6,21
S7	3024,00	6,21
S8	3024,00	6,21
S9	2928,00	5,76
S10	2896,00	7,84

Tabla 14. Caudal y presión al inicio de la secundaria de cada sector.

8.4.2. Tubería primaria

El dimensionado de la tubería primaria se lleva a cabo siguiendo un criterio de velocidad de modo que está tome un valor comprendido entre los 0,3 y 3 m·s⁻¹. Como ha quedado establecido en la metodología de cálculo (*Apartado 6.2*), con objeto de adaptar el consumo energético a la oferta, se propone el funcionamiento de varios sectores de riego simultáneamente. Por ello, el criterio de velocidad se tiene que cumplir en distintas situaciones de carga ya que el caudal circulante por la tubería primaria será variable. Como no se conoce, a priori, el número máximo de sectores que podrán ser regados simultáneamente, se considerará para la optimización de la tubería primaria un Factor de Simultaneidad de 1(100%), es decir, los 10 sectores de riego funcionando a la vez. El resultado de la optimización de esta tubería es el siguiente.

TRAMO	MATERIAL	PN (MPa)	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)
T1	PVC	0,6	63	59,2
T2	PVC	0,6	63	59,2
T3	PVC	0,6	63	59,2
T4	PVC	0,6	50	46,4
T5	PVC	0,6	50	46,4

Tabla 15. Situación más desfavorable de funcionamiento de la tubería primaria.

8.4.3. Valvulería

A. Válvulas hidráulicas de sector

Las válvulas hidráulicas de sector son las encargadas de permitir o no el paso de agua a cada uno de los sectores de riego. Se instalarán 10 válvulas hidráulicas de 32 mm en cada una de las conexiones entre la tubería primaria y la secundaria. Estas conexiones son dobles ya que la distribución de sectores de la parcela es simétrica respecto a la tubería principal por lo que, en cada conexión se agruparán la conexión de dos sectores de riego, resultando un total de 5 conexiones en la parcela con dos válvulas hidráulicas cada una y una ventosa (por tratarse de un punto alto).

B. Desagües

Al final de cada una de las 10 tuberías secundarias se instalará un desagüe que sube a la superficie con el fin de vaciar la red de distribución hidráulica si fuera necesario. El desagüe está formado por un tramo de tubería de HDPE de 32 mm de diámetro rematado por una válvula de bola manual de 2" que permitirá la salida de agua y una ventosa ya que se trata de un punto alto. El desagüe estará protegido por un anillo de hormigón prefabricado.

8.4.4. Cabezal de riego

El cabezal de riego contiene el conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar y suministrar agua a presión para abastecer la red de distribución. El sistema de filtrado previsto en este proyecto está compuesto por un filtro de arena y un filtro de discos que impedirán la obturación de los goteros. El cabezal cuenta, además, con una válvula de esfera que permite aislar el sistema de bombeo del resto del cabezal, manómetros que permitirán conocer la presión de la red y la caída de presión en los filtros y una ventosa en el punto alto del mismo que evacuará o introducirá aire en la red. La tubería de aspiración del sistema de bombeo está dotada con una válvula antirretorno de pie. En el **Anejo 7** se describe la elección del cabezal de riego y las pérdidas de carga que provoca.

8.5. CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO

El sistema de riego estará completamente automatizado y controlado por un autómata programable que, en función de la energía disponible en cada momento, del riego acumulado de cada sector y siguiendo un algoritmo de funcionamiento establecido, decidirá cuántos y qué sectores de riego se deben regar.

Este autómata generará una señal eléctrica de salida que excitará a un solenoide tipo Latch de 24 V que enviará un impulso hidráulico que abrirá o cerrará la válvula hidráulica de sector. El impulso hidráulico se transmite a través de un microtubo de PEBD que discurre por el interior de la zanja ejecutada para la colocación de la tubería primaria y emerge al comienzo de cada sector de riego. Por tanto se instalarán 10 solenoides, uno por sector, que se colocarán próximos al autómata ya que funcionan con impulsos de 200 milisegundos para cada maniobra (abrir/cerrar).

No ha sido implementado un algoritmo que regule el funcionamiento de la instalación de riego fotovoltaico ya que escapa al alcance y objetivos del presente proyecto.

9. INSTALACIÓN DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

9.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Los componentes de la instalación de bombeo fotovoltaico proyectada son los siguientes:

- **Subsistema de generación:** está compuesto por el conjunto de módulos conectados en paralelo que transforman la energía incidente en energía eléctrica.
- **Subsistema de acondicionamiento de potencia:** su función principal es la de proporcionar al conjunto motor – bomba la combinación más adecuada de voltaje/corriente, a la vez que asegurar que el generador fotovoltaico opera en su punto de máxima potencia. Está formado por un inversor y un regulador de carga.
- **Subsistema de acumulación de energía:** en este caso el principal subsistema de acumulación de energía al largo plazo será el propio suelo de la parcela. No obstante la instalación dispondrá de baterías para alimentar los elementos de control y accionamiento de las válvulas de sector (autómata y solenoides).
- **Subsistema motor – bomba:** compuesto por un motor que acciona una bomba, es el principal destino de la energía obtenida en el subsistema de generación.

9.2. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

9.2.1. Componentes de la instalación

La instalación fotovoltaica funcionará a una tensión de 24 V que se corresponde con el valor de tensión nominal de entrada al inversor. Se ha seleccionado un inversor de la marca *Victron Energy* cuyas principales características se aprecian en la *Tabla 16*.

Tensión nominal (V)	24
Rango de tensión de entrada (V)	19 - 36
Tensión de salida (V)	230 ± 2%
Frecuencia de salida (Hz)	50± 1%
Potencia de salida (W)	800
Pico de potencia (W)	1.600
Eficiencia máxima (%)	94

Tabla 16. Características generales del inversor (Victron Energy C 24/800/16).

Como elemento básico del subsistema de generación de energía se ha seleccionado un módulo fotovoltaico de la marca *BP Solar* de 175 Wp de potencia en condiciones estándar de medida (STC). Está integrado por 72 células de silicio monocristalino conectadas en serie. En la *Tabla 17* se presentan las principales características del módulo.

	STC	NOCT
Potencia máxima (W)	175	126
Tensión en MPP (V)	35,4	31,5
Corriente en MPP (A)	4,94	3,95
Corriente de cortocircuito – I_{sc} (A)	5,45	4,41
Tensión de circuito abierto – V_{oc} (V)	43,6	39,7
Tensión nominal (V)	24	
Eficiencia del módulo (%)	14	

Tabla 17. Características generales del módulo fotovoltaico (BP Solar Serie 4 - 175).

Una vez elegidos el inversor y el modelo de módulo fotovoltaico se ha configurado el subsistema de generación. En este sentido, el rango de tensiones de entrada del inversor (19-36 V) debe corresponderse con el rango de tensiones proporcionada por el generador fotovoltaico.

Teniendo en cuenta que la tensión máxima que puede proporcionar un solo módulo fotovoltaico es de 35,4 V (tensión en el punto de máxima potencia - MPP), no se conectarán módulos en serie. El aumento de potencia instalada en el generador será, por tanto, el resultado de añadir módulos conectados en paralelo. Queda así definida una unidad mínima de potencia instalada de 175 Wp.

9.2.2. Dimensionado del subsistema de generación

Como se explica en la Metodología de Cálculo (*Apartado 6.2*), una vez establecidos el inversor y el módulo se ha llevado a cabo un proceso iterativo que consiste en el aumento de la potencia fotovoltaica instalada mediante la adición progresiva de módulos en paralelo según la configuración propuesta en el epígrafe anterior.

Para ello se ha empleado el programa informático de simulación solar *PV*Sol* desarrollado por *Valentin Software* que, empleando un modelo dinámico de temperatura, proporciona pronósticos de producción energética anual. Se han llevado a cabo diez simulaciones con una potencia fotovoltaica instalada creciente (*Tabla 18*) obteniéndose en cada una de las mismas una serie de 8.760 valores horarios de potencia a la salida del inversor. Estos valores de potencia han sido clasificados en función de los rangos de potencia de entrada al motor estimados para cada número de sectores funcionando simultáneamente (Figura 7). En el **Anejo 7** se detalla el cálculo de estos rangos.

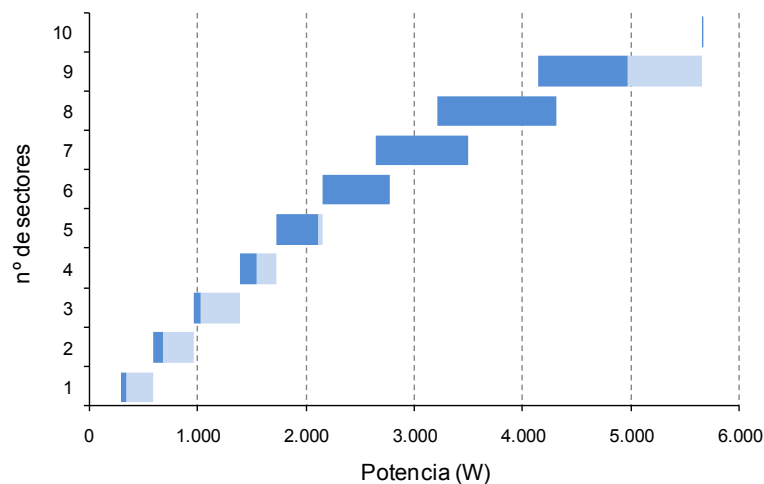


Figura 7. Rangos de potencia de entrada al motor en función del número de sectores regados simultáneamente.

En la *Tabla 18* se presenta el resumen del número máximo de sectores y volumen anual que es capaz de bombear el conjunto motor – bomba en función de la potencia fotovoltaica instalada.

Nº módulos	P _{FV} (kWp)	Nº sectores máximo	Volumen (m ³)	Volumen (mm)
5	0,875	2	4636,14	115,90
6	1,050	2	6371,43	159,29
7	1,225	2	8248,95	206,22
8	1,400	3	9388,85	234,72
9	1,575	3	10681,31	267,03
10	1,750	3	12661,15	316,53
11	1,925	4	14225,54	355,64
12	2,100	4	15590,82	389,77
13	2,275	4	16743,91	418,60
14	2,450	5	18193,18	454,83

Tabla 18. Volumen total anual bombeado en función de la potencia fotovoltaica instalada.

A partir de estos resultados se ha seleccionado la configuración de 1,75 kWp de potencia instalada (10 módulos de 175 Wp) ya que el volumen bombeado en este caso es inmediatamente superior las necesidades hídricas del olivar (282 mm) mayoradas un 10 % (311 mm) en el que se considera tanto la eficiencia en la aplicación del sistema de riego (95% en este caso) y las posibles pérdidas tanto de agua como de tiempo de bombeo producidas en las operaciones de limpieza y mantenimiento de la instalación o por posibles averías. Una vez comprobada la capacidad del sistema de aportar el volumen de agua demandado anualmente por el cultivo, se ha comprobado para cada mes que, en ningún caso, el volumen de agua aplicado provocara que la reserva del suelo superara el límite superior de acumulación (M) ni se situara por debajo del límite inferior (m).

En la *Figura 8* se aprecia, con claridad, que la reserva se mantiene dentro de los límites de acumulación del suelo establecidos durante todo el año. Por tanto, la instalación ha quedado configurada de la siguiente forma:

- Potencia FV instalada.....1,75 kWp
- Número máximo de sectores en riego.....3
- Potencia teórica máxima de entrada al motor.....1,02 kW
- Potencia teórica mínima de entrada al motor0,29 kW
- Caudal máximo de bombeo10,1 m³·h⁻¹

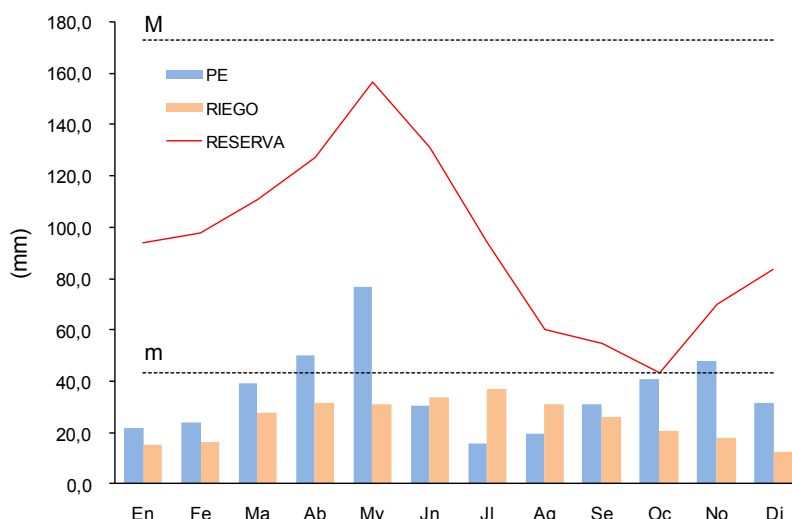


Figura 8. Aportaciones hídricas (riego y precipitación), evolución de la reserva del suelo.

9.2.3. Estructura de soporte

El generador fotovoltaico así configurado se montará sobre una estructura de soporte formada por perfiles de acero en frío dotada de una inclinación de 30° que irá anclada al forjado del depósito. El peso de la estructura es de 7,5 kg·m⁻¹ y resiste una carga máxima de 180 kg·m⁻². En el **Plano 12** se pueden apreciar las dimensiones de la estructura y el montaje del generador sobre la misma.

9.3. SISTEMA DE BOMBEO

Se ha optado por el modelo CRE 10-2 de la marca Grundfos, un conjunto motor – bomba centrífuga vertical superficial de dos etapas monofásica dotada de un convertidor de frecuencia que permite adaptar la velocidad de la misma al punto de funcionamiento deseado. Los datos básicos a frecuencia nominal (50 Hz) proporcionados por el fabricante se han representado en la *Figura 9*. Se trata de las curvas caudal – altura , caudal – potencia absorbida por el motor (P1) y la curva caudal – potencia absorbida por la bomba (P2).

A partir de los datos facilitados por el fabricante se ha modelado del sistema de bombeo mediante la aplicación de las leyes de semejanza para bombas centrífugas con el fin de obtener los valores de potencia y rendimiento característicos en función del número de sectores que funcionen simultáneamente. En la siguiente tabla se presentan los resultados de este modelado donde P_{2f} es la potencia en el eje del motor, P_{1f} es la potencia a la entrada del motor, η_m es el rendimiento de este último y η_{mb} el rendimiento del conjunto motor – bomba.

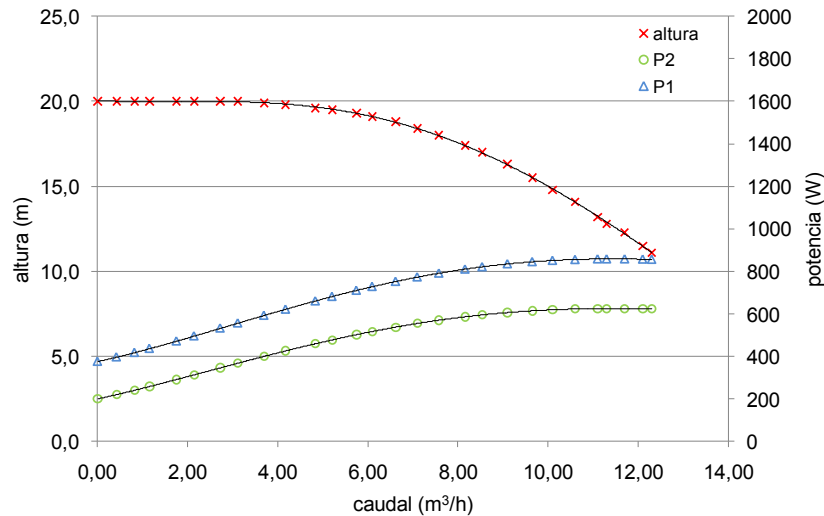


Figura 9. Curvas características de la bomba CRE 10-2 de Grundfos a la frecuencia nominal (50 Hz).

	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)	P_{2f} (W)	η_m (%)	P_{1f} (W)	η_{mb} (%)
1 SECTOR	2,90	13,73	221,85	60,12	369,01	29,53
2 SECTORES	5,82	13,82	346,60	68,54	587,22	43,05
3 SECTORES	8,85	15,01	541,63	75,27	747,67	49,76

Tabla 17. Potencias y rendimientos del sistema en función del número de sectores funcionando simultáneamente.

Considerando además el rendimiento del convertidor de frecuencia se obtiene que la potencia a la salida del inversor (P_{FV}) necesaria para el funcionamiento en cada uno de los puntos descritos hasta ahora resulta:

	Q_f $m^3 \cdot h^{-1}$	h_f m	P_{FV} W
1 SECTOR	2,90	13,73	388,43
2 SECTORES	5,82	13,82	618,13
3 SECTORES	8,85	15,01	787,02

Tabla 19. Valores de potencia a la salida del inversor para cada punto de funcionamiento.

10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

10.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación eléctrica prevista presenta una parte de corriente continua (DC) y una parte de corriente alterna (AC). La instalación en corriente continua conecta el subsistema de generación con el inversor y las baterías. Esta línea circulará a la intemperie desde el cuadro de conexión del generador hasta su entrada a la caseta de riego en la que se ubica el inversor. El generador está formado por 10 módulos de 175 Wp conectados en paralelo con las siguientes características:

- Tensión en el punto de máxima potencia (V_{mpp}): 35,4 V
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}): 5,45 A
- Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mpp}): 4,94 A

La instalación en corriente alterna conectará el cuadro de protección situado a la salida inversor con el motor monofásico del sistema de bombeo que presenta las siguientes características eléctricas:

- Potencia nominal (P): 0,75 kW
- Frecuencia de alimentación (f): 50 Hz
- Tensión nominal (V_n): 230 V
- Factor de potencia ($\cos\varphi$): 0,97

El dimensionado de la instalación se ha llevado a cabo con arreglo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D 842/2002 de 2 de Agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias y las recomendaciones recogidas en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (PCT-A-REV) del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

La descripción detallada de los cálculos realizados para el dimensionado de la instalación se adjunta en el **Anejo 8** (Instalación Eléctrica).

10.2. CLASIFICACIÓN ELÉCTRICA

Mientras que el subsistema de generación está situado a la intemperie, el subsistema de acondicionamiento de energía en un local en el que se ubica el sistema de bombeo de la instalación de riego (caseta de riego) por lo que la clasificación del local será de “Local mojado”. De acuerdo con la ITC-BT-30, las instalaciones en locales mojados cumplirán los siguientes requerimientos:

- Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes o conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que ofrezcan un grado de estanqueidad mínima de IP-X4.
- Todas las cajas de conexiones y cuadros eléctricos, situados en el exterior presentarán un grado de estanqueidad, de cómo mínimo IP-X4.
- El acceso a las cajas o cuadros se realizará mediante prensaestopas cuyo grado de estanqueidad no comprometerá el grado de estanqueidad del conjunto.
- Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos en superficie según lo especificado en la ITC-BT-21, pero dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 4.
- Todos los circuitos dispondrán de adecuados elementos de protección en origen.

10.3. CONDUCTORES

Todos los cables que se van a emplear serán unipolares de cobre con aislamiento polietileno reticulado (XLPE) tipo RZ1 0,6/1 kV.

Como aconseja el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red del IDAE, se seleccionará la sección adecuada para asegurar caídas de tensión inferiores al 1,5% tanto en la parte de corriente continua como en la parte de corriente alterna.

La sección de los conductores se dimensiona utilizando los criterios siguientes:

- a) Criterio de la intensidad máxima admisible o calentamiento
- b) Criterio de máxima caída de tensión

En la *Tabla 2* se presentan los resultados del dimensionado de los conductores.

LÍNEA	V _{max} (V)	I _{max} (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{adm} (A)
Generador – Inversor (DC)	35,4	54,5	2,90	16	91
Inversor – Carga (AC)	230	4,20	2,00	1,5	21

Tabla 20. Resumen del cálculo de la sección de los conductores.

10.4. PROTECCIONES

La salida del cuadro de conexiones DC de las distintas ramas de módulos contará con un fusible que protegerá la línea que se dirige hacia el inversor. En la instalación AC, a la salida del inversor se instalará un cuadro de protección con un interruptor diferencial y un magnetotérmico (*Tabla 21*).

TRAMO	Sección (mm ²)	I _{max} (A)	I _{adm} (A)	Protección
Cuadro conexión – Inversor (DC)	16	54,5	91	Fusible 80A
Inversor – Motor (AC)	1,5	4,20	21	Magnetotérmico 5A, curva D Diferencial 5A-II-30mA

Tabla 21. Resumen de protecciones en la instalación.

10.5. PUESTA A TIERRA

Con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos y descargas atmosféricas mediante una toma de tierra se instalará una toma de tierra. Los conductores de protección unirán eléctricamente la estructura de soporte del generador fotovoltaico y los marcos metálicos de los módulos, así como el inversor y el cuadro general de protección de la instalación al borne principal de tierra.

Como se ha establecido en el **Anejo 8** la toma de tierra consiste en un electrodo tipo pica constituido por un cable de cobre enterrado de 75 mm² de sección y una única pica de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro mínimo.

11. OBRA CIVIL

11.1. OBRA DE TOMA

La obra de toma que permite la entrada del agua desde la acequia de La Torrecilla al depósito de regulación consiste en una arqueta de hormigón prefabricado de 0,7x0,7 m de medidas interiores y 0,7 de calado, cubierta con una rejilla tipo TrameX y adosada a la acequia a la que entra el agua de la misma a través de una abertura circular de 110 mm de diámetro. Se ha elegido una válvula de tajadera con un diámetro nominal de 100 mm, una presión nominal de 1 MPa y accionamiento manual

para controlar el paso del agua a través de la captación que se instalará en la cara interior de la acequia. Delante de esta válvula y accesible para su limpieza, se colocará una rejilla de acero inoxidable con un paso libre de 2x2 cm.

En el extremo opuesto al punto de contacto con la acequia, la arqueta dispone de una tubería de toma de PVC de 110 mm de diámetro nominal y 0,6 MPa de presión nominal dotada de una pendiente del 1% que asegurará el llenado del depósito de regulación en la situación más desfavorable de carga de la acequia. La sección de la tubería de captación descrita garantiza el llenado completo del depósito de regulación en el tiempo de captación disponible de 3 horas. En el **Anejo 9** se describe el dimensionado de esta conducción.

11.2. DEPÓSITO DE REGULACIÓN

La discontinuidad temporal en el suministro hidráulico hace necesaria la construcción de un depósito de regulación que permita acumular el agua necesaria para el riego del cultivo durante las 84 horas (3,5 días) que transcurren entre los turnos de riego, momentos en los que se podrá tomar agua de la acequia. Se ha proyectado un depósito de hormigón completamente enterrado, fundamentalmente, por dos razones:

- La entrada del agua al depósito se produce por gravedad sin la necesidad de suministro energético adicional.
- Se minimiza el impacto visual que provocaría un depósito instalado en superficie.

El depósito está configurado de la siguiente forma:

- Losa de hormigón armado HA-25 in situ de 30 cm de espesor.
- Muros de hormigón armado HA-25 in situ de 30 cm de espesor.
- Forjado de placa alveolar de 25 cm rematado con una capa de compresión de 5 cm de hormigón en masa HM-20.
- Capa de hormigón de limpieza HM-20 de 20 cm de espesor.

Cuenta, además, con un acceso de 1,5x0,8 m para el desarrollo de operaciones de limpieza y mantenimiento cubierto con una rejilla de acero tipo Trámex.

Considerando el espacio disponible en la zona en la que se ubicará el depósito se han establecido unas dimensiones superficiales interiores de 12,5x8 m que suponen una profundidad de 1,80 m hasta la parte inferior de la tubería de toma para alcanzar el volumen de almacenamiento deseado.

A esta profundidad se le ha añadido un resguardo suficiente que impida el desbordamiento del depósito en caso de que acequia se encuentre en plena carga. Teniendo en cuenta que el calado máximo de la acequia de La Torrecilla de la que se capta el agua es de 70 cm y que su parte superior se encontrará a la misma altura que la parte inferior del forjado del depósito, se añadirán estos 70 cm a la profundidad del mismo, con lo que las dimensiones interiores (sin considerar el espesor de solera, muros y forjado) son las que adjuntan en la siguiente tabla.

Superficie (m)	12,5x8
Altura total (cm)	2,5
Altura de la entrada de la toma (m)	1,8 (desde la solera)
Volumen normal (m³)	180
Volumen total (m³)	250 (considerando el resguardo)

Tabla 4. Dimensiones interiores del depósito de regulación.

El cálculo de las armaduras de la losa y los muros del depósito y demás comprobaciones que se adjuntan en el **Anejo 9** se ha realizado mediante el programa informático CYPE.

11.3. CASETA DE RIEGO

Como solución para albergar los elementos que se listan a continuación se ha optado por una caseta prefabricada de hormigón.

- Conjunto motor – bomba.
- Elementos del cabezal de riego.
- Dispositivos de accionamiento y control de la instalación de riego.
- Elementos del subsistema de acondicionamiento de energía y baterías.
- Cuadro de protecciones eléctricas.

Se trata de una caseta de hormigón armado en fabricación monobloque que aporta una mayor rigidez al edificio, evita la formación de fisuras en las juntas durante el manejo y transporte y elimina los puentes térmicos. Las características técnicas de la caseta se aprecian en la siguiente tabla:

Dimensiones exteriores (cm)	380x245
Dimensiones interiores (cm)	350x215
Altura exterior (cm)	298
Altura interior (cm)	270
Peso aproximado (kg)	11.000
Hormigón armado – vibrado	HA-45/P/12/IIa
Acero en armaduras	B-500-S
Aislante	Poliestireno expandido tipo IV
Espesor de aislante (cm)	4 – 5

Tabla 22. Características técnicas de la caseta de bombeo.

12. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Se ha elaborado un Estudio Básico de Seguridad y Salud, dado que en este proyecto no se dan ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de Presidencia, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

El Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto precisar las normas de seguridad y salud aplicables en la obra, conforme especifica el Apartado 2 del Artículo 6 del citado Real Decreto. Igualmente se especifica que a tal efecto debe contemplar:

- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a

cabo en la misma, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).

- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

En el **Anejo 10** se detalla el estudio de los riesgos en la obra así como un conjunto de medidas preventivas de carácter general y específicas para cada unidad constructiva definida. Se definen asimismo, las obligaciones del promotor, contratistas y trabajadores así como los derechos de estos últimos.

13. PRESUPUESTO

A continuación se presenta el resumen del presupuesto del proyecto dividido por capítulos. En el **Documento N°5** (Estado de Mediciones) y el **Documento N°6** (Presupuesto) se detalla la confección de cada uno de estos capítulos.

CAPÍTULO	EUROS	%
CAPÍTULO 1. OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO.....	24.917,08	43,86
CAPÍTULO 2. RED DE RIEGO.....	15.587,33	27,44
CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	15.756,69	27,74
CAPÍTULO 4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	547,85	0,96
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	56.808,95	
13% Gastos generales	7.385,16	
6% Beneficio industrial	3.408,54	
SUMA DE G.G. y B.I.	10.793,70	
18% I.V.A.	12.168,48	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	79.771,13	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	79.771,13	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SETENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS SETENTA Y UN EUROS con TRECE CÉNTIMOS

En Pamplona, a 31 de agosto de 2.011

Ignacio García Ruiz

Alumno de Ingeniero Agrónomo

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Documento N°2

ANEJOS

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

Anejo 1. ESTUDIO CLIMÁTICO

Anejo 2. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Anejo 3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Anejo 4. ESTUDIO DE RECURSOS HÍDRICOS

Anejo 5. ESTUDIO DE NECESIDADES HÍDRICAS

Anejo 6. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Anejo 7. INSTALACIÓN DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Anejo 8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Anejo 9. OBRA CIVIL

Anejo 10. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Anejo 11. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 1

ESTUDIO CLIMÁTICO

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. ESTACIÓN AGROCLIMÁTICA.....	5
2.1. SELECCIÓN DE LA ESTACIÓN AGROCLIMÁTICA	5
2.2. DATOS DE LA ESTACIÓN	6
3. DATOS CLIMÁTICOS.....	6
3.1. OBTENCIÓN DE LOS DATOS.....	6
3.2. CARACTERÍSTICAS DE DATOS	7
3.3. CONTROL DE CALIDAD.....	7
3.3.1. <i>Rango instrumental</i>	7
3.3.2. <i>Datos faltantes</i>	7
3.3.3. <i>Datos sobrantes</i>	8
3.3.4. <i>Errores sistemáticos</i>	8
4. AÑO METEOROLÓGICO MEDIO	8
4.1. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	9
4.2. CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS	10
4.2.1. <i>Balance hídrico – Método directo</i>	10
4.2.2. <i>Diagrama ombrotérmico</i>	11
4.3. RADIACIÓN	12
4.4. VIENTO.....	12
5. AÑO METEOROLÓGICO TÍPICO.....	13
5.1. RESULTADOS OBTENIDOS	13
5.2. PREPARACIÓN DE LOS DATOS CLIMÁTICOS PARA SU INCLUSIÓN EN PV*SOL.....	14

6. CLASIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DE PAPADAKIS	15
6.1. RÉGIMEN TÉRMICO	15
6.1.1. <i>Tipo de invierno</i>	15
6.1.2. <i>Tipo de verano</i>	15
6.1.3. <i>Régimen térmico</i>	16
6.2. RÉGIMEN HÍDRICO	16
6.3. TIPO CLIMÁTICO	17

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se describe el proceso de selección de la estación agroclimática más representativa para la ubicación del proyecto y la obtención y tratamiento de los datos climáticos proporcionados por la misma. A partir de estas observaciones se obtiene el año meteorológico medio que se empleará en la determinación de las necesidades hídricas del cultivo y la planificación del riego, y el año meteorológico típico que se utilizará a la hora de estimar la energía producida mediante el generador fotovoltaico. Finalmente se presenta una clasificación agroclimática de la zona de proyecto.

2. ESTACIÓN AGROCLIMÁTICA

2.1. SELECCIÓN DE LA ESTACIÓN AGROCLIMÁTICA

Se han estudiado las estaciones agroclimáticas presentes en el entorno de la parcela de proyecto tanto de la Comunidad Autónoma de La Rioja como de la Comunidad Foral de Navarra. Existen un total de 8 estaciones en un radio máximo de 14 km. Con el fin de seleccionar la estación más representativa se ha evaluado la distancia de las distintas estaciones a la parcela de proyecto, su altitud, los parámetros que proporcionan y la serie de datos y frecuencias disponibles. Asimismo se han establecido las variables necesarias que se emplearán en el desarrollo de este proyecto para la determinación de las necesidades hídricas del cultivo y para su empleo en el programa de simulación fotovoltaica. Las variables son las siguientes:

- Temperatura máxima, media y mínima.
- Humedad relativa máxima, media y mínima.
- Velocidad media del viento medida a 2 m de altura.
- Radiación global sobre el plano horizontal.
- Precipitación acumulada.

En la *Tabla 1* se muestra la comparativa entre las distintas estaciones estudiadas.

ESTACIÓN	PROPIETARIO	AÑO DE INSTALACIÓN	TIPO	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	DISTANCIA (km)
Aldeanueva de Ebro	CAR	1.997	Automática	590.283	4.674.863	365	8,19
Andosilla	AEMET	1.991	Manual	586.999	4.691.406	309	10,45
Autol	CAR	2.005	Automática	581.731	4.667.180	423	14,35
Calahorra	CAR	2.007	Automática	582.125	4.687.227	328	6,74
Funes	RN	2.002	Automática	598.487	4.681.221	381	13,46
San Adrián	MARM	2.004	Automática	591.404	4.688.126	385	9,45
Sartaguda	AEMET	1.920	Manual	577.899	4.690.758	311	11,97
Sartaguda	RN	1.998	Automática	578.128	4.690.397	307	11,54

Tabla 1. Estudio de estaciones agroclimáticas disponibles.

CAR: Comunidad Autónoma de La Rioja

AEMET: Agencia Española de Meteorología

RN: Riegos de Navarra

MARM: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

De las estaciones estudiadas sólo las automáticas proporcionan las variables requeridas, ya que las manuales ofrecen únicamente valores de temperatura y precipitación.

Las estaciones automáticas estudiadas, no obstante, proporcionan, entre otras, las variables requeridas para el desarrollo de este proyecto con una frecuencia diezminutal. En este caso son necesarios datos con frecuencia horaria, por lo que, de las estaciones automáticas disponibles y dada su proximidad a la parcela de proyecto (la segunda más cercana de la estudiadas), su similar altitud y la amplia serie de datos horarios disponibles de los parámetros necesarios, se ha seleccionado la estación agroclimática de Aldeanueva de Ebro.

2.2. DATOS DE LA ESTACIÓN

La estación agroclimática de Aldeanueva de Ebro, propiedad de la Comunidad Autónoma de La Rioja presenta las siguientes características generales:

<p>Estación agroclimática de Aldeanueva de Ebro</p> <p><u>Paraje:</u> Los cimientos <u>Altura:</u> 365 m <u>Coordenadas:</u> UTM 590.283/4.674.863 <u>Instalación:</u> septiembre 1997</p>
--

Tabla 2. Datos generales de la Estación.

La estación está integrada por una serie de elementos de medida que se describen en la *Tabla 3*.

ELEMENTO	MARCA/MODELO	DESCRIPCIÓN
Sensor de temp. y H.R.	Vaisala HMP45C	<ul style="list-style-type: none"> Medida de temperatura y humedad relativa del aire. Sensor de temperatura Pt1000. Sensor de humedad HUMICAP180.
Sensor de radiación	Kipp Zonen CM3	<ul style="list-style-type: none"> Medida de la radiación global. Piranómetro de termopilas.
Anemómetro de veleta	RM 05103	<ul style="list-style-type: none"> Medida de velocidad y dirección del viento.
Pluviómetro	E.M. Ltd. ARG1	<ul style="list-style-type: none"> Medida de la precipitación. Pluviómetro de cazoletas.
Datalogger	Campbell CR10X	<ul style="list-style-type: none"> Unidad central para la programación y almacenamiento de datos. Datalogger con 12 canales analógicos, 2 de pulsos, 8 puertos de control digital y tres canales de excitación.

Tabla 3. Descripción de los elementos de la Estación.

3. DATOS CLIMÁTICOS

3.1. OBTENCIÓN DE LOS DATOS

Los datos climáticos han sido obtenidos por dos vías: mediante consulta online en la página web del SIAR (Servicio de Información Agroclimática de La Rioja) y mediante solicitud escrita al propio SIAR ya que la página web no proporciona datos anteriores a 2004.

- Mediante consulta online en el SIAR: para la serie 2004-2007. Se obtuvieron en formato “.xls” de Excel.
- Mediante solicitud al SIAR: para la serie 1997-2003. Se recibieron en formato “.prn” (delimitado por espacios) que se convirtió a un archivo “.xls” de Excel.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE DATOS

Las características de los datos obtenidos son las siguientes:

- Frecuencia: horaria
- Tipo de hora: solar
- Longitud de la serie: octubre de 1997 – diciembre 2009
- Parámetros: temperatura media del aire medida a 2 m de altura, radiación global instantánea sobre el plano horizontal, velocidad y dirección media del viento medidas a 2 m de altura, humedad relativa del aire y precipitación acumulada en 1 h.

3.3. CONTROL DE CALIDAD

Pese a que los datos han pasado ya un control de calidad previo a su publicación, se procederá a otro control con el fin de depurar posibles errores que no hayan sido detectados y de conocer el número de datos faltantes o sobrantes en la serie.

3.3.1. Rango instrumental

En primer lugar se han considerado los rangos de medida y la precisión de los elementos que componen la estación, no observándose errores. Estos son:

PARÁMETRO	UNIDADES	RANGO DE MEDIDA	PRECISIÓN
Ta med - Temperatura media del aire	°C	[-39,2 – 60]	+/- 0,2
Ir – Radiación global	nm	[305 – 2800]	-
Vv med – Velocidad media del viento	m/s	[1 – 100]	0,3 (1 – 60 m/s) 1 (60 – 100 m/s)
HR med – Humedad relativa media del aire	%	[0,8 – 100]	+/- 2
Pp – Precipitación acumulada en 1 h	mm	-	+/- 0,2

Tabla 4. Rangos de medida y precisión de los elementos de la Estación.

3.3.2. Datos faltantes

A continuación se muestra un resumen de los datos faltantes (*Tabla 5*) en cada uno de los años de la serie. El elevado número de datos faltantes en el año 1997 se debe a que la estación se instaló en septiembre de ese año y la primera observación tomada fue el 1 de octubre a la 1:00.

Por ello, se ha decidido excluir este año en la determinación del año medio y el año meteorológico típico que se emplearán en el desarrollo del proyecto.

ANO	Nº DATOS
1997*	6552
2001	5
2002	52
2003	25
2004	23
2005	4
2006	1
2007	1
2008	1
2009	1
TOTAL	6665

Tabla 5. Datos faltantes.

3.3.3. Datos sobrantes

También han sido detectadas observaciones repetidas en la serie de datos que se han eliminado de la misma.

ANO	Nº DATOS
1998	1
2001	24
2003	1
TOTAL	26

Tabla 6. Datos sobrantes.

3.3.4. Errores sistemáticos

Con objeto de detectar posibles errores sistemáticos en la medida se han aplicado los siguientes filtros a los datos:

PARÁMETRO	RANGO
Temperatura del aire (°C)	[-15 – 50]
Radiación global instantánea ($W \cdot m^{-2}$)	[0 – 1200]
Velocidad media del viento ($m \cdot s^{-1}$)	[0 – 30]
Humedad relativa del aire (%)	[0 – 100]
Precipitación acumulada en 1 h (mm)	[0 – 100]

Tabla 7. Filtros aplicados a la serie de datos.

No se ha detectado ningún dato que rebase, por exceso o por defecto alguno de los límites mencionados.

4. AÑO METEOROLÓGICO MEDIO

A partir de los datos horarios disponibles de la serie 1998-2009 (ambos inclusive) se ha determinado el año meteorológico medio que se empleará posteriormente en la determinación de las necesidades hídricas del olivo y la planificación de sus riegos.

4.1. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

En la siguiente tabla se presentan los valores medios y extremos de temperatura del aire así como el riesgo de heladas.

	Ta (°C)	T'a (°C)	t'a (°C)	ta (°C)	tm (°C)	RH -
Enero	16,54	9,47	1,38	-2,86	5,16	F
Febrero	17,71	11,77	2,11	-1,89	6,71	PF
Marzo	23,62	15,82	4,50	-0,52	9,78	PF
Abril	26,9	18,74	7,55	1,81	12,78	MPF/N
Mayo	30,37	23,17	11,16	5,59	16,87	MPF/N
Junio	35,58	28,14	14,50	10,05	21,00	MPF/N
Julio	36,52	31,03	16,22	12,08	23,18	MPF/N
Agosto	36,03	29,36	15,71	12,18	22,00	MPF/N
Septiembre	31,58	25,67	13,33	8,28	19,10	MPF/N
Octubre	25,7	20,65	10,34	4,11	15,09	MPF/N
Noviembre	18,83	13,86	5,67	-0,55	9,60	PF
Diciembre	16,61	8,87	1,22	-4,27	4,88	F
	36,52	19,71	8,64	3,67	13,88	

Tabla 8. Características térmicas de la Estación Agroclimática de Aldeanueva de Ebro (1998-2009).

- Ta Temperatura máxima absoluta
 T'a Temperatura media de máximas absolutas
 Tm Temperatura media
 t'a Temperatura media de mínimas absolutas
 ta Temperatura mínima absoluta
 RH Riesgo de heladas

El riesgo de heladas que se presenta en la *Tabla 8* ha sido establecido mediante el criterio de Emergen. Éste clasifica cada mes según el riesgo de heladas, en función de la temperatura media de las temperaturas mínimas de cada mes. La clasificación se realiza según lo dispuesto en la *Tabla 9*.

Se comprueba que hay un periodo frecuente de heladas que abarca desde el mes de diciembre a enero. Un riesgo poco frecuente de heladas en los meses de noviembre, febrero y marzo. El resto de los meses tienen un riesgo de heladas nulo.

t'a (°C)	RIESGO DE HELADAS
t'a < 0 ° C	SEGURO (S)
0 ° C < t'a < 3 ° C	FRECUENTE (F)
3 ° C < t'a < 7 ° C	POCO FRECUENTE (PF)
t'a > 7 ° C	MUY POCO FRECUENTE O NULO (MPF/N)

Tabla 9. Riesgo de heladas según el criterio de Emergen.

4.2. CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS

En la siguiente tabla se presentan los valores medios y extremos de humedad relativa del aire, la precipitación media mensual y los días de precipitación desglosados en lluvia, nieve y granizo. Se han considerado días de lluvia aquéllos en los que la precipitación diaria acumulada alcanza un valor superior o igual a 1 mm.

	HR _{max} (%)	HR _{min} (%)	HR _{media} (%)	Precipitación (mm)	Lluvia (días)	Nieve (días)	Granizo (días)
Enero	91,91	63,09	80,20	22,44	5	1,1	0
Febrero	87,19	48,96	71,21	25,04	6	0,9	0
Marzo	82,98	39,17	63,30	41,76	7	0,3	0
Abril	85,22	39,79	65,08	55,20	9	0,1	0
Mayo	83,47	37,12	62,26	89,40	8	0	0,1
Junio	80,70	30,70	56,37	31,96	5	0	0,1
Julio	77,26	26,55	52,35	16,48	2	0	0,1
Agosto	76,59	29,59	53,87	20,28	3	0	0,2
Septiembre	80,61	34,82	59,56	32,80	3	0	0,1
Octubre	86,65	45,83	69,29	44,20	6	0	0
Noviembre	86,56	54,35	72,80	52,04	5	0	0
Diciembre	89,70	61,40	78,25	33,52	7	0,7	0
	84,07	42,61	65,35	465,12	6		

Tabla 10. Características hídricas de la Estación Agroclimática de Aldeanueva de Ebro (1998-2009).

El total de las precipitaciones anuales en la zona asciende a 465,12 mm. El mes con mayor precipitación media es mayo con 89,4 mm y el mes con una menor pluviometría es agosto con 20,8 mm. La nieve (precipitación sólida) es un factor altamente positivo ya que al precipitar de una forma lenta permite una óptima infiltración y disminuye la escorrentía, produciendo una alta eficacia en el aprovechamiento de esa agua por la planta. El mes con mayor número de días de nieve es febrero con una media de 3,1 días.

4.2.1. Balance hídrico – Método directo

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada, podemos estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año. El conocimiento del balance de humedad (balance hídrico) es necesario para definir la falta y excesos de agua y es de aplicación para las clasificaciones climáticas, definir la hidrología de una zona y para la planificación hidráulica. En el método directo el agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar la reserva para poder cubrir las necesidades de agua (evapotranspiración). El balance hídrico consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros:

- P.....precipitación media mensual (mm)
- ETPevapotranspiración potencial según Thornthwaite (mm)
- P-ETP.....diferencia entre la P y la ET (mm)
- Rreserva (mm)
- VRvariación de la reserva (mm)
- ETRevapotranspiración real (mm)
- Ffalta (mm)
- Ex.....exceso (mm)
- Ddrenaje (mm)

	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	R (mm)	VR (mm)	ETR (mm)	F (mm)	Ex (mm)
Enero	22,44	10,4	12,04	64	12,04	10,4	0	0
Febrero	25,04	15,1	9,94	73,94	9,94	15,1	0	0
Marzo	41,76	31,5	10,26	84,2	10,26	31,5	0	0
Abril	55,2	47,4	7,8	92	7,8	47,4	0	0
Mayo	89,4	79,5	9,9	101,9	9,9	79,5	0	0
Junio	31,96	111,6	-79,64	22,26	-79,64	111,6	0	0
Julio	16,48	135,8	-119,32	0	-22,26	38,74	97,06	0
Agosto	20,28	122,7	-102,42	0	0	20,28	102,42	0
Septiembre	32,8	85	-52,2	0	0	32,8	52,2	0
Octubre	44,2	51,1	-6,9	0	0	44,2	6,9	0
Noviembre	52,04	21,9	30,14	30,14	30,14	21,9	0	0
Diciembre	33,52	11,7	21,82	51,96	21,82	11,7	0	0
	465,12	723,7				465,12	258,58	0

Tabla 11. Balance hídrico según el método directo.

Del balance que se presenta en la tabla anterior se desprende que se producirá un déficit hídrico entre los meses de julio y octubre, que alcanza su valor máximo en el mes de agosto con 102,42 mm.

4.2.2. Diagrama ombrotérmico

El diagrama ombrotérmico de Gausson es un climodiagrama que permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media (como aproximación a la sequedad estacional considerando $2 \cdot t_m$ una estimación de la evapotranspiración). Para su representación, en el eje X se sitúan los doce meses del año y en un doble eje Y se coloca en un lado las precipitaciones medias mensuales (en mm) y en el otro las temperaturas medias mensuales (en °C). La escala de precipitaciones debe ser doble que la de temperaturas.

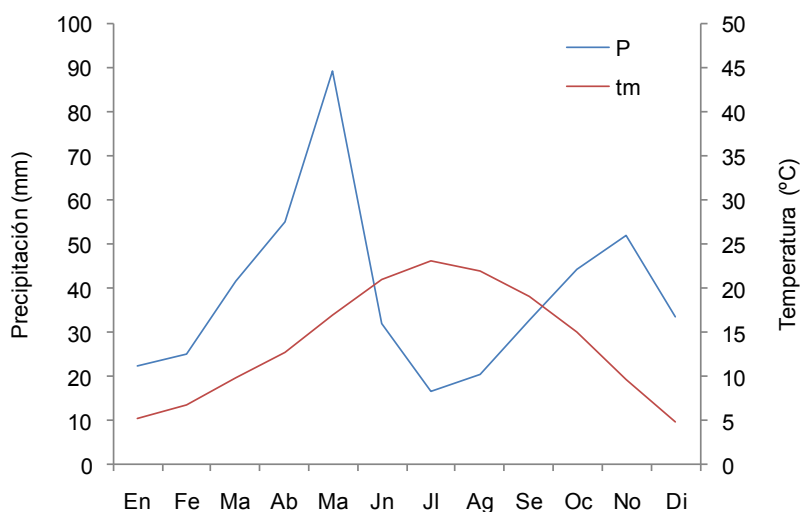


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de Gausson en la localización del proyecto.

Si $P \leq 2 \cdot t_m$ la curva de precipitaciones estará por debajo de la curva de temperaturas y el área comprendida entre las dos curvas nos indicará la duración e intensidad del período de sequía. En este caso, según el diagrama ombrotérmico, el periodo seco se extiende desde junio hasta septiembre.

4.3. RADIACIÓN

En la siguiente tabla se presentan los datos de radiación global sobre el plano horizontal (H) y radiación global sobre una superficie inclinada de 30° (H_T) calculada mediante el método de Liu – Jordan (1962)¹, ya que es el ángulo de inclinación sobre la horizontal que maximiza la captación de energía en la localización del proyecto.

La insolación mide la duración de la luz solar en horas. Se ha determinado siguiendo el criterio de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que define la insolación como la suma de intervalos de tiempo en los que la irradiancia supera el umbral de $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

	H (MJ·m ⁻² ·día ⁻¹)	H _T (MJ·m ⁻² ·día ⁻¹)	Insolación (horas)
Enero	6,23	10,04	5,28
Febrero	9,63	13,93	7,10
Marzo	14,43	17,89	9,01
Abril	18,09	19,21	9,95
Mayo	21,50	20,71	11,27
Junio	25,10	23,19	12,02
Julio	25,63	24,19	12,15
Agosto	21,79	22,40	11,04
Septiembre	16,64	19,55	9,79
Octubre	10,89	14,87	7,67
Noviembre	7,23	11,50	5,96
Diciembre	5,38	9,09	4,66
	15,24	17,23	8,83

Tabla 12. Radiación global sobre el plano horizontal y sobre un plano inclinado de 30° en la Estación Agroclimática de Aldeanueva de Ebro (1998-2009).

4.4. VIENTO

A continuación se presentan los valores medios mensuales de velocidad del viento medida a 2 metros de altura sobre el suelo. La velocidad media anual en la ubicación del proyecto alcanza un valor de $2,69 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

	En	Fe	Ma	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Se	Oc	No	Di	AÑO
U_2 (m·s ⁻¹)	2,84	3,29	3,64	3,25	2,52	2,25	2,33	2,45	2,19	2,14	2,72	2,72	2,69

Tabla 13. Velocidad del viento a 2 metros de altura sobre el suelo en la Estación Agroclimática de Aldeanueva de Ebro (1998-2009).

¹ Liu, B.Y.H., Jordan, R. (1962) *Daily isolation on tilted surfaces toward the equator*. ASHRAE Journal, Vol.3, 53-59.

En la siguiente figura se puede apreciar la rosa de los vientos en la estación de Aldeanueva de Ebro elaborada a partir de la serie de datos 1998-2009. Se aprecia con claridad como durante la mayor parte del año (30%) los vientos de la zona proceden del NO. Se observa también una clara tendencia de los vientos NO-SE que coincide con la dirección del valle del Ebro en la zona en la que se ubica la estación.

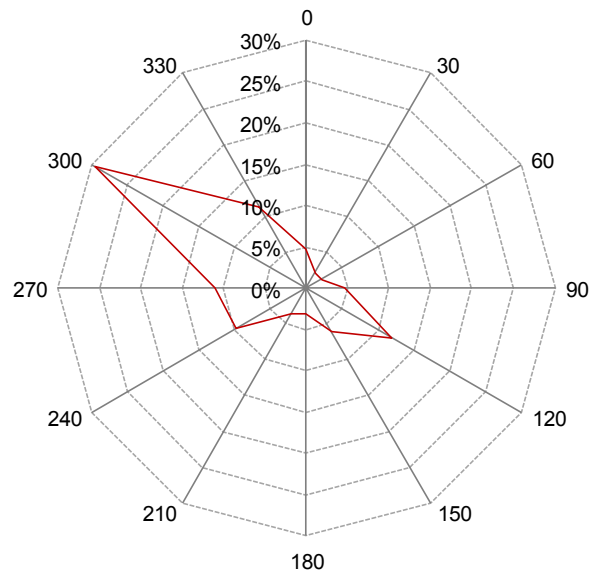


Figura 2. Rosa de los vientos de la estación de Aldeanueva (1998-2009).

5. AÑO METEOROLÓGICO TÍPICO

Un año meteorológico típico (AMT) es un conjunto de valores horarios de radiación solar y variables meteorológicas que cubren el periodo de un año. Para la creación de este año se selecciona cada uno de los 12 meses de un año, entre los meses existentes de los distintos años candidatos, hasta formar un año completo.

En el presente proyecto se ha elaborado año meteorológico típico según el método de Festa y Ratto (1993)² a partir de la serie de datos horarios de la estación agrometeorológica de Aldeanueva de Ebro, correspondientes al periodo 1998-2009 para las siguientes variables:

- Temperatura media del aire.
- Radiación global sobre la superficie horizontal.
- Velocidad media del viento medida a 2 metros de altura.
- Humedad relativa media del aire.

5.1. RESULTADOS OBTENIDOS

El año meteorológico típico correspondiente a la serie histórica 1998-2009 ha quedado configurado como se muestra en la *Tabla 14*.

² Festa, R., Ratto, C.F. (1993) *Proposal of a numerical procedure to select Reference Years*. Solar Energy, Vol. 50, 9-17.

MES	AÑO
Enero	1999
Febrero	2003
Marzo	1999
Abril	1999
Mayo	2003
Junio	1998
Julio	2004
Agosto	2001
Septiembre	2002
Octubre	2005
Noviembre	1998
Diciembre	1998

Tabla 14. Composición del año meteorológico típico.

5.2. PREPARACIÓN DE LOS DATOS CLIMÁTICOS PARA SU INCLUSIÓN EN PV*SOL

El AMT elaborado será empleado en el programa informático de simulación solar PV*SOL con el fin de estimar la energía producida por el generador fotovoltaico en la ubicación del proyecto. A continuación se describe la rutina que se debe seguir para la inclusión de 8.760 datos horarios de cada variable en el programa:

1. Los datos climáticos se organizan por columna siguiendo este orden: temperatura, radiación, velocidad de viento, humedad. Una vez organizados se guardan en un archivo con la opción "guardar como \ texto delimitado por tabulaciones" (.txt).
2. Se abre el archivo guardado con un editor de textos.
3. Una vez abierto el archivo, para que los datos sean reconocidos por el PV-Sol, es necesario darles un formato de cabecera específico.
4. Se guarda el nuevo archivo, y a continuación se cambia manualmente la extensión del fichero de ".txt" a ".dat" y, finalmente, se guarda en la subcarpeta específica del programa "pvsol/database/meteo".
5. Si se ejecuta todo lo anterior, al abrir el programa PV-Sol bastará con buscar en los archivos de datos climáticos, opción "tipo de archivo" Meteonorm.dat y aparecerá el archivo guardado.

El formato de cabecera específico para que los datos sean reconocidos por PV*Sol es el siguiente:

"Aldeanueva de Ebro"			
42.22185,1.9049,365,1,-30			
Ta	Gh	FF	RH
6,27	0,00	3,79	90,10
5,75	0,00	3,31	87,00
5,33	0,00	2,50	91,10
[...]	[...]	[...]	[...]

Tabla 15. Ejemplo de formato de archivos climáticos ".dat".

6. CLASIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DE PAPADAKIS

La clasificación de Papadakis pretende responder a la ecología de los cultivos, redefiniendo los climas en función de variables relevantes en cuanto a la viabilidad de cultivos comerciales. Papadakis da un giro muy importante respecto a clasificaciones anteriores al introducir las temperaturas extremas (las medias son elaboraciones con poca relevancia en los cultivos) y el balance de agua en el suelo (frente a la mera consideración de las precipitaciones recibidas).

Como integradores de la ecología de los cultivos selecciona:

- La severidad invernal (estación fría).
- El calor veraniego (estación cálida).
- La sequía (disponibilidad o no de agua) y su distribución estacional.

Papadakis acompaña en su obra de 1966 una descripción (desarrollada en Papadakis, 1970) de las necesidades climáticas de los cultivos en términos de sus categorías climáticas, lo que es muy útil para estudiar la viabilidad climática de cada cultivo.

6.1. RÉGIMEN TÉRMICO

6.1.1. Tipo de invierno

Como se muestra en la *Tabla 16*, que relaciona los límites térmicos de la zona de estudio con el tipo de invierno, la zona se caracteriza por un tipo de invierno **Avena cálido (Av)**.

TIPO DE INVIERNO	t'a1 (° C)	t1 (° C)	T1 (° C)
Avena			
Av (cálido)	-10 a -2,5	> -4	> 10
av (fresco)	> -10		5 a 10

Tabla 16. Tipo de invierno *Avena* según la clasificación de Papadakis.

6.1.2. Tipo de verano

Los tipos de verano vienen determinados por los límites térmicos y por la estación libre de heladas. Como se muestra en la *Tabla 17*, la zona se caracteriza por un tipo de verano **Maize (M)**.

TIPO DE VERANO	ExLH (mes)	Media de la temperatura media de las T ₁₂ máximas de (° C) los meses más cálidos	t ₁₂ (° C)	Media de las medias de las Tras mínimas de los dos meses más cálidos (° C)
Maize (M)	Disponible	>4,5 > 21, n = 6		

Tabla 17. Tipo de verano *Maize (M)* según la clasificación de Papadakis.

6.1.3. Régimen térmico

Como se puede apreciar en la *Tabla 18*, que define el régimen térmico Templado en función del tipo de invierno y de verano el régimen térmico de la zona de estudio es **Templado cálido (TE)**.

RÉGIMEN TÉRMICO	TIPO DE INVIERNO	TIPO DE VERANO
Templado		
TE (cálido)	av, Av	M, O
Te (fresco)	Tv, av, Av	t
te (fío)	Ti, Tv, av	P

Tabla 18. Régimen térmico *Templado* según la clasificación de Papadakis.

6.2. RÉGIMEN HÍDRICO

El régimen hídrico define la disponibilidad natural de agua para las plantas. Se basa en varios índices definidos a partir del balance hídrico directo (*Apartado 4.2.1*) de suelo con capacidad de almacenar 100 mm de agua y en el que se recogen las precipitaciones medias y se pierde la ETP. Los parámetros empleados para definir el régimen hídrico son el Índice de Humedad Anual (Ih) y el Índice de Lavado del Suelo.

$$I_h = \frac{P_{\text{anual}}}{ETP_{\text{anual}}} = \frac{465,12}{723,7} = 0,64 \quad [1]$$

donde:

P_{anual} precipitación anual (mm)
 ETP_{anual} evapotranspiración potencial anual (mm)

Las diferencias entre la precipitación mensual y la evapotranspiración en los meses húmedos definen el índice de lavado del suelo como se muestra en la *Ecuación 2*. Se consideran meses húmedos aquéllos en los que el valor de precipitación (P) es mayor que el de evapotranspiración potencial (ETP),

$$L_n = \sum_{m=1}^{12} (P_m - ETP_m) = 1019 \quad [2]$$

donde:

P_m precipitación mensual (mm)
 ETP_m evapotranspiración potencial mensual (mm)

De tal manera que, como se muestra en la *Tabla 19*, el régimen hídrico de la zona es **Mediterráneo seco (Me)**.

RÉGIMEN HÍDRICO	DEFINICIÓN
Mediterráneo	Ni húmedo ni desértico. Precipitación invernal mayor que la precipitación estival. Si el verano es G, julio debe ser seco. Latitud > 20°, sino es monzónico. Mediterráneo húmedo (ME) , $L_n > 0,20 \cdot ETP$ y/o $I_h > 0,88$. Mediterráneo seco (Me) , $L_n < 0,20 \cdot ETP$; $0,22 < I_h < 0,88$; en uno o más meses con $T > 15^\circ\text{C}$ se cumple que el agua disponible cubre la ETP: $P_m + VR_m > ETP_m$. Mediterráneo semiárido (me) , demasiado seco para ser Me .

Tabla 19. Régimen hídrico *Mediterráneo* según la clasificación de Papadakis.

6.3. TIPO CLIMÁTICO

Finalmente se establece la unidad climática y sus subdivisiones con los criterios del régimen térmico y el régimen hídrico. Según estos dos parámetros, el tipo climático de la zona de estudio es **Mediterráneo templado**. En la siguiente tabla se puede apreciar la clasificación del tipo climático *Mediterráneo* según Papadakis.

TIPO CLIMÁTICO	RÉGIMEN TÉRMICO	RÉGIMEN HÍDRICO
MEDITERRÁNEO		
Mediterráneo subtropical	SU, Su	ME, Me
Mediterráneo marítimo	MA, Mm	ME, Me
Mediterráneo marítimo fresco	Ma	ME
Mediterráneo tropical	tr	ME, Me
Mediterráneo templado	TE	ME, Me
Mediterráneo templado fresco	Te, te, Po, Pa, pa	ME, Me
Mediterráneo continental	CO, Co, co	ME, me
Mediterráneo semiárido subtropical	SU, Su, Tr, tr, MA	me
Mediterráneo semiárido continental	CO, Co, co, TE, Te, te	me

Tabla 20. Tipo climático *Mediterráneo* según la clasificación de Papadakis.

En resumen, los términos que definen la clasificación agroclimática de la zona de estudio según Papadakis son los siguientes:

- TIPO DE INVIERNO **Avena cálido (Av)**
- TIPO DE VERANO **Maize (M)**
- RÉGIMEN TÉRMICO **Templado cálido (TE)**
- RÉGIMEN HÍDRICO **Mediterráneo seco (Me)**
- TIPO CLIMÁTICO **MEDITERRÁNEO TEMPLADO**

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 2

ESTUDIO EDAFOLÓGICO

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. GEOLOGÍA Y PROCESOS FORMADORES	5
2.1. SITUACIÓN GEOLÓGICA.....	5
2.2. ESTRATIGRAFÍA	5
2.2.1. Terciario.....	5
2.2.2. Cuaternario	6
3. GEOMORFOLOGÍA	7
4. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL PERFIL DEL TERRENO	7
4.1. DATOS GENERALES DEL PERFIL	7
4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES DEL SUELO	9
4.3. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO.....	11
5. EVALUACIÓN DEL PERFIL.....	13
5.1. MÉTODO DE CLASES DE CAPACIDAD AGROLÓGICA – SCS.....	13
5.2. SISTEMA DE EVALUACIÓN DE TIERRAS PARA RIEGO – USBR.....	14

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se estudian las características geológicas de la zona de proyecto analizando su influencia en la formación de sus suelos.

A partir del perfil del suelo de una parcela contigua a la de proyecto, se han estudiado las características fisicoquímicas del mismo con el fin de localizar posibles factores limitantes que puedan influir sobre su aptitud para el cultivo y para el riego. Ésta aptitud ha sido evaluada mediante el Método de Clases de Capacidad Agrológica (SCS) y el Sistema de Evaluación de Tierras para Riego (USBR).

2. GEOLOGÍA Y PROCESOS FORMADORES

2.1. SITUACIÓN GEOLÓGICA

Calahorra y su entorno se encuentran ubicados en el curso bajo del río Cidacos, en el denominado Surco Riojano, englobado a su vez en el sector occidental de la cuenca terciaria del Ebro. En esta comarca afloran fundamentalmente materiales terciarios (oligocenos y miocenos), con una cubierta de glaciares y terrazas cuaternarias, que forman un recubrimiento en muchas zonas continuo desde el límite norte de las sierras de Cameros hasta el río Ebro.

La estructura, determinada por la tectónica comprensiva terciaria, es relativamente sencilla y está dominada por un sinclinal muy laxo (el sinclinal de la Rioja Baja, cuya traza axial se sitúa al sur del río Ebro). Existen, además, estructuras que afectan a los depósitos cuaternarios, y que son, por tanto, indicios de una moderna actividad neotectónica.

El interés de la comarca de la Rioja Baja desde el punto de vista geológico radica en que presenta:

- Materiales con litología diferente, desde yesos hasta areniscas y conglomerados.
- Estructuras tectónicas y deformaciones diapíricas, que afectan tanto a las rocas terciarias como cuaternarias.
- Depósitos cuaternarios de distintos tipos indicadores de la dinámica aluvial.
- Procesos actuales relacionados con la dinámica externa, fundamentalmente erosiva.
- Indicadores de endorreísmo.

2.2. ESTRATIGRAFÍA

2.2.1. Terciario

Toda la zona de estudio está ocupada por depósitos terciarios y cuaternarios. Las rocas terciarias aflorantes son de edad oligocena (margen izquierda del Ebro y pequeños afloramientos en los escarpes entre las terrazas cuaternarias) y miocena. El contacto entre Paleógeno y Neógeno se encuentra debajo de las terrazas del Ebro y es difícil de delimitar exactamente. Desde el punto de vista de la litoestratigrafía los materiales se incluyen dentro de las formaciones de Alfaro y Lerín.

La formación de Lerín alcanza más de 400 m de potencia si bien en la zona de estudio únicamente aflora su parte superior. Esta última está compuesta por una alternancia de yesos

nodulosos y lutitas grises y rojas, con algunas intercalaciones de areniscas grises. La formación de Alfaro está constituida por lutitas y areniscas con dominancia de las primeras y algunos estratos calcáreos intercalados.

En definitiva, los materiales terciarios de esta zona consisten en conglomerados (a veces en forma de canales), areniscas, limos y arcillas. Este tipo de materiales se depositaron en ambientes fluviales y de abanicos aluviales.

2.2.2. Cuaternario

Los depósitos cuaternarios de la zona son terrazas fluviales de los ríos Ebro y Cidacos y los glaciares relacionados con ellas. Se han definido, a partir de criterios geomorfológicos, ocho niveles de terrazas relacionados lateralmente con los glaciares, en el río Ebro entre Alcanadre y Calahorra.

El espesor de las terrazas varía entre 5 y 30 m, aunque localmente se encuentran potencias de hasta 50 m. Están constituidos por gravas, arenas y limos no consolidados. Las gravas están compuestas por cantos silíceos y, en menor medida, calcáreos con matriz arenosa.

Los depósitos de glaciares tienen espesores no superiores a los 5 m y están compuestos en su práctica totalidad por gravas de cantos silíceos no consolidadas.

Los materiales cuaternarios, los más modernos de todos, se diferencian de los terciarios porque no están cementados. Recordamos que los procesos de formación de rocas requieren mucho tiempo y una serie de procesos físicos y químicos que litifican los sedimentos. Además, aparecen en la situación en la que se han depositado originalmente, ya que no están plegados ni fracturados.

En la *Figura 1* se puede apreciar la distribución espacial de los distintos materiales geológicos en la zona de estudio. Se observa cómo en la parcela de proyecto aparecen depósitos cuaternarios compuestos fundamentalmente por gravas con matriz arenosa – arcillosa.

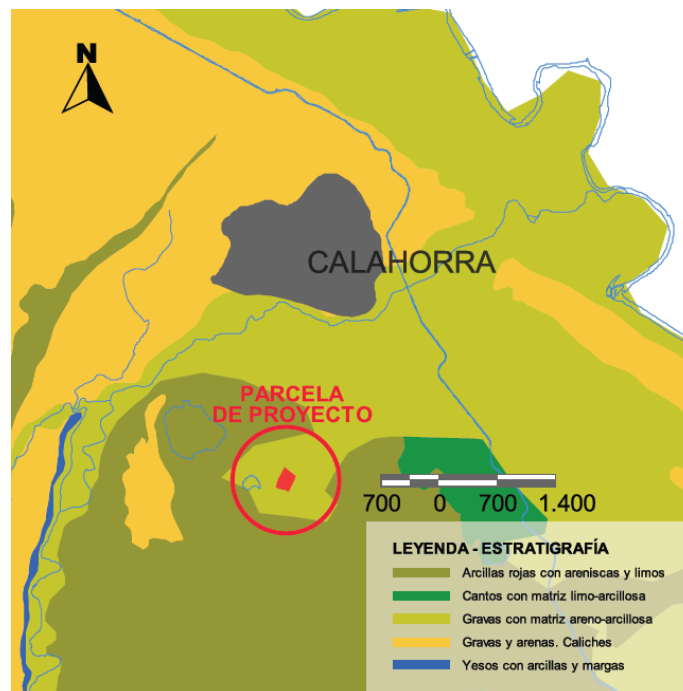


Figura 1. Litoestratigrafía de la zona de estudio.

3. GEOMORFOLOGÍA

En la zona de Calahorra se pueden distinguir hasta 8 niveles de terrazas, glacis – terraza y glacis asociados a los ríos Ebro y Cidacos. Las terrazas bajas del Ebro (T1 y T2) tienen mayor extensión, con una anchura media de unos 3 km en su margen derecha, que las terrazas del río Cidacos, con una media de anchura de 1 km antes de unirse con las terrazas del Ebro. La terraza T1 está constituida por el cauce y la llanura de inundación actuales. Esta última se sitúa a una altura de entre 2 y 8 m sobre el cauce. El nivel de terraza T2 está a 15-20 m sobre el cauce y ocupa una gran extensión aguas abajo de la desembocadura del río Cidacos, donde pasa gradualmente al nivel T1.

El nivel T3 se encuentra a 30-35 m sobre el cauce actual del Ebro, y se presenta como una estrecha franja entre los niveles T2 y T4. El nivel T4 está a 50-60 m sobre el cauce y en él se sitúa el núcleo de población de Calahorra. Hacia el S y el O, el nivel T4 se continúa en extensos glacis que enlazan hacia el O con el borde N de la Sierra de Cameros. El nivel T5, en el que se ubica la parcela de proyecto, aparece únicamente en una terraza del Ebro a 90 m sobre el nivel actual. Los niveles situados por encima del T5, normalmente glacis, tienen menor extensión real y su asignación es, en muchos casos, dudosa, ya que se encuentran fuertemente desecados y sus niveles son más difíciles de correlacionar entre sí y con las terrazas del Ebro.

4. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL PERFIL DEL TERRENO

Los datos del perfil del suelo que se muestran a continuación han sido proporcionados por Sistema de Información de Suelos de la Comunidad Autónoma de La Rioja y pertenecen a una calicata efectuada en una finca contigua a la de proyecto. Este perfil se considera representativo de la parcela de proyecto dada la homogeneidad que presenta el terreno en esta zona.

4.1. DATOS GENERALES DEL PERFIL

MUNICIPIO	Calahorra	ESCALA	-	SERIE	-
Tipo de PIN: 243-2-015		Paraje: La Estanca		Polígono:	Parcela:
UTM (X): 584.574		UTM (Y): 4.681.227		Altitud:	
Fecha de Prospección: 11 de noviembre de 1996					



Fotografía 1. Parcela de prospección.

TEMPERATURA Y AGUA DEL SUELO

Capa freática: No descrito	Profundidad media:
Clase de drenaje: Bien drenado	Clase de permeabilidad: No descrito
Escorrentía: Moderada	
Régimen de temperatura-Soil Taxonomy: México	
Régimen de humedad-Soil Taxonomy: Árido o Tórrico	

MATERIALES GEOLÓGICOS

Litología material originario: Cantos y gravas en matriz arcillo-limosa.	
Edad estratigráfica - Sistema: CUATERNARIO	Edad estratigráfica - Serie: Pleistoceno
Litología material subyacente: Cantos y gravas en matriz arcillo-limosa.	
Edad estratigráfica - Sistema: CUATERNARIO	Edad estratigráfica - Serie: Pleistoceno

GEOMORFOLOGÍA

Descripción del relieve:

- Posición fisiográfica: Glacis de nivel II/III
- Emplazamiento: No descrito

Pendiente:

Pendiente general: 1 %	Pendiente local: 1 %
Orientación de la pendiente: Norte	Tipo de pendiente: No descrita

Dinámica de la forma:

- Tipo de erosión/sedimentación: No descrito
- Grado de erosión: No descrito

SUPERFICIE

Pedregosidad superficial: 5 %	Afloramientos rocosos: Ninguno (0 %)
Proporción de costra: 0 %	
Espesor de costra: 0 mm	

USOS DEL TERRITORIO

Tipo de uso actual: Agrícola

Especie/Cultivo: Vid (*Vitis vinifera*)

Factor limitante para uso agrícola: Ninguno

PROFUNDIDAD EFECTIVA

160 cm

ESPESOR DE LA SECCIÓN CONTROL

66 cm

CLASIFICACIÓN SOIL TAXONOMY 1999 (8ª):
Haplocalcids típico, Franca fina sobre Esquelético franca,
Mezclada, Mésica



Fotografía 2. Perfil del terreno.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

Ap (0-34 cm)

HUMEDAD: Húmedo; COLOR: Matriz, Húmedo, 7.5YR 5/6 Pardo fuerte, Seco, 7.5YR 7/4 Rosa; MANCHAS: Sin manchas; ÓXIDO - REDUCCIÓN: Oxidación; ELEMENTOS GRUESOS: Pocos (2-5 %), Gravilla a grava gruesa (0.2-7.5 cm), Sin orientación definida; TEXTURA: Franca limosa; CONSISTENCIA: Poco compacto, Firme; ESTRUCTURA: Bloques subangulares, Muy gruesa (La/Gr>10mm;Pr/Co>100mm;Bl>50mm), Débil; CEMENTACIONES: No cementado; POROSIDAD: Media (5-15 %); GRIETAS: No hay; RAÍCES: Frecuent. (fin. y m. fin. 10-25; med. y grue. 2-5), Normal, Muy finas a gruesas (Todos los tamaños), Vivas y muertas; PRUEBAS DE CAMPO: Matriz, HCI (11%), Alta; LÍMITE INFERIOR DEL HORIZONTE: Neto (2-5 cm), Irregular; HORIZONTE DIAGNÓSTICO SOIL TAXONOMY 2003: Ócrico

Bk (34-54 cm)

HUMEDAD: Húmedo; COLOR: Matriz, Húmedo, 7.5YR 5/8 Pardo fuerte; MANCHAS: Sin manchas; ÓXIDO - REDUCCIÓN: Oxidación; ELEMENTOS GRUESOS: Pocos (2-5 %), Gravilla a grava gruesa (0.2-7.5 cm), Sin orientación definida; TEXTURA: Franca limosa; CONSISTENCIA: Poco compacto, Friable; ESTRUCTURA: Bloques subangulares, Gruesa (La/Gr:5-10mm;Pr/Co:50-100mm;Bl:20-50mm), Moderada; CEMENTACIONES: No cementado; POROSIDAD: Media (5-15 %); GRIETAS: No hay; RAÍCES: Frecuent. (fin. y m. fin. 10-25; med. y grue. 2-5), Normal, Muy finas a gruesas (Todos los tamaños), Vivas y muertas; PRUEBAS DE CAMPO: Matriz, HCI (11%), Alta; ACUMULACIONES: Frecuentes (5-20 % en volumen), Nódulos, Carbonato cálcico, Fino (2-6 mm); LÍMITE INFERIOR DEL HORIZONTE: Neto (2-5 cm), Plano; HORIZONTE DIAGNÓSTICO SOIL TAXONOMY 2003: Cálculo

2Bkz1 (54-99 cm)

HUMEDAD: Húmedo; COLOR: Matriz, Húmedo, 7.5YR 5/8 Pardo fuerte; MANCHAS: Sin manchas; ÓXIDO - REDUCCIÓN: Oxidación; ELEMENTOS GRUESOS: Abundantes (40-80 %), Gravilla a grava gruesa (0.2-7.5 cm), Sin orientación definida; TEXTURA: Franca; CONSISTENCIA: Poco compacto, Friable; ESTRUCTURA: Bloques subangulares, Gruesa (La/Gr:5-10mm;Pr/Co:50-100mm;Bl:20-50mm), Moderada; CEMENTACIONES: No cementado; POROSIDAD: Alta (15-40 %); GRIETAS: No hay; RAÍCES: Frecuent. (fin. y m. fin. 10-25; med. y grue. 2-5), Normal, Muy finas a medianas (D<5 mm), Vivas y muertas; PRUEBAS DE CAMPO: Matriz, HCl (11%), Alta; ACUMULACIONES: Frecuentes (5-20 % en volumen), Nódulos, Cemento geopetal, Carbonato cálcico, Fino (2-6 mm); ESTUDIO DE SUPERFICIES: Cutanes arcillosos, En los poros y canales de raíces; LÍMITE INFERIOR DEL HORIZONTE: Gradual (5-12 cm), Plano; HORIZONTE DIAGNÓSTICO SOIL TAXONOMY 2003: Cálculo

2Bkz2 (99-160 cm)

HUMEDAD: Húmedo; COLOR: Matriz, Húmedo, 7.5YR 5/8 Pardo fuerte; MANCHAS: Frecuentes (2-20 %), Reducción, Negro; ÓXIDO - REDUCCIÓN: Oxidación - reducción; ELEMENTOS GRUESOS: Abundantes (40-80 %), Gravilla a bloques (0.2-60 cm), Sin orientación definida; TEXTURA: Franca; CONSISTENCIA: Poco compacto, Friable; ESTRUCTURA: Bloques subangulares, Gruesa (La/Gr:5-10mm;Pr/Co:50-100mm;Bl:20-50mm), Moderada; CEMENTACIONES: No cementado; POROSIDAD: Alta (15-40 %); GRIETAS: No hay; RAÍCES: Frecuent. (fin. y m. fin. 10-25; med. y grue. 2-5), Normal, Muy finas a medianas (D<5 mm), Vivas y muertas; PRUEBAS DE CAMPO: Matriz, HCl (11%), Alta; ACUMULACIONES: Frecuentes (5-20 % en volumen), Cemento geopetal, Carbonato cálcico; ESTUDIO DE SUPERFICIES: Cutanes arcillosos, En los poros y canales de raíces; HORIZONTE DIAGNÓSTICO SOIL TAXONOMY 2003: Cálculo

4.3. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO

Horizontes	Prof. (cm)	Elementos gruesos (% vol)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	MO (g/Kg)	N total (p. mil N)	Relacion C/N	Carbonatos (g/Kg)	Caliza activa (g/Kg)	Yeso (g/Kg)	pH (Agua 1:5)	CE (mmhos/cm)
Ap	34	4	22,8	50,0	27,2	13,0	0,70		199,0	87,0			0,40
Bk	20	4	24,4	50,4	25,2	6,5	0,50		282,0	109,0			0,10
2Bkz1	45	13	25,3	43,1	31,6	6,5	0,50		276,0	98,0			0,70
2Bkz2	61	15	26,4	38,5	35,1	2,6	0,30		321,0	70,0			1,10

Tabla 1. Analítica de tierra fina (diámetro menor de 2 mm).

Horizontes	Capac. De interc. Cati3n (cmol+/kg)	Ca interc. (cmol+/Kg)	Mg interc. (cmol+/Kg)	K interc. (cmol+/Kg)	Na interc. (cmol+/Kg)
Ap	11,5	12,1	1,00	1,0	0,4
Bk	12,6	13,2	1,00	0,1	0,2
2Bkz1	12,7	16,3	1,30	0,2	0,6
2Bkz2	13,9	15,5	4,00	0,1	1,2

Na (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Sulfatos (ppm)
96	23,2	392	37,2	58,6	310
44	3,4	55	57,9	26,1	111
144	2,7	59	50,5	34,4	659
277	1,7	50	45,8	32,9	932

Tabla 2. Fertilidad y elementos Mehlich.

Horizontes	CE _s (mmhos/cm)	pH _s	Cloruros sol. (cmol+/Kg)	Sulfatos sol. (cmol+/Kg)	Nitratos sol. (cmol+/Kg)	Bicarb. sol. (cmol+/Kg)	Ca sol. (cmol+/Kg)	Mg sol. (cmol+/Kg)	Na sol. (cmol+/Kg)	K sol. (cmol+/Kg)	SAR	ESP (%)
Ap	2,7	8,2	9,0	19,0			19,0		3,2			
Bk (Libre de Sales)												
2Bkz1	4,5	8,1	27,0	24,0			38,5	7,4	6,3			0,7
2Bkz2	6,1	8,1	30,0	30,0			32,0	15,8	20,9			4,8

Tabla 3. Analítica en el extracto de saturación.

Horizontes	PERMEABILIDAD		DENSIDAD APARENTE			C.R.A.D.			
	Ke (m/d)	Clasificación Kutilek & Nielsen (1994)	Método	Densidad (g/cm ³)	Porosidad estimada (%)	Hum. a Capacidad Campo (%)	Hum. en el punto de marchitez permanente (%)	Reserva total (mm)	Reserva útil (mm)
Ap	1,2	MEDIA – ALTA	Estimación	1,5	43,40	22,74	11,37	57,99	43,49
Bk	1,2	MEDIA – ALTA	Estimación	1,5	43,40	23,65	11,82	35,46	26,60
2Bkz1	1,5	MEDIA – ALTA	Estimación	1,5	43,40	22,95	11,48	77,49	58,12
2Bkz2	1,5	MEDIA – ALTA	Estimación	1,5	43,40	22,80	11,40	104,31	78,23
RESERVA PERFIL								275,25	206,44

Tabla 4. Propiedades físicas.

Horizontes	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Ap	0,10	0,20	8,40		0,60	2,10	1,10
Bk		0,20	1,10		0,30	1,20	0,20
2Bkz1	0,10	0,10	2,90		0,30	1,30	0,40
2Bkz2		0,10	4,30		0,20	1,50	0,60

Tabla 5. Metales pesados (Mehlich).

5. EVALUACIÓN DEL PERFIL

5.1. MÉTODO DE CLASES DE CAPACIDAD AGROLÓGICA – SCS

Este método fue elaborado por el Soil Conservation Service de USA según el sistema propuesto por Klingebiel y Montgomery (1961)¹. Es un sistema categórico que, en su versión original, utiliza criterios cualitativos. La inclusión de un suelo en una clase se efectúa de una manera inversa, es decir, no buscando de forma directa la idoneidad, sino su grado de limitación respecto de un parámetro en función de un uso concreto. Para clasificar un suelo se utilizan un conjunto de caracteres. En un principio Klingebiel y Montgomery utilizaron unos que definen la capacidad productiva (intrínsecos: profundidad del suelo, textura/estructura, permeabilidad, pedregosidad, rocosidad, salinidad, manejo del suelo; extrínsecos: temperatura y pluviometría) y otros que valoran la pérdida de productividad (pendiente del terreno y grado de erosión). Se consideran cinco sistemas de explotación agrícola:

- Laboreo permanente
- Labores ocasionales
- Pastos
- Bosques
- Reservas naturales

Se trata de un sistema que busca la producción máxima con mínimas pérdidas de potencialidad. Se establecen dos niveles de clasificación:

- a) Clases
- b) Subclases

Se definen 8 clases con limitaciones de utilización crecientes desde la I (la mejor) a la VIII.

Laboreo permanente (o cualquier tipo de explotación). *Clase I*, suelos ideales; *Clase II*, suelos buenos pero con algunas limitaciones; *Clase III*, suelos aceptables pero con severas limitaciones.

Laboreo ocasional (o pastos, bosques, o reservas naturales). *Clase IV*.

No laboreo, solo pastos o bosques (o reservas naturales) no recomendable un uso agrícola por presentar muy severas limitaciones y/o requerir un cuidadoso manejo; *Clases V, VI y VII*.

Reservas naturales (*Clase VIII*).

Dependiendo del tipo de limitación se establecen varias subclases de capacidad, Klingebiel y Montgomery definieron cuatro

- e, para riesgos de erosión.
- w, para problemas de hidromorfía.
- s, para limitaciones del suelo que afectan al desarrollo radicular.
- c, para limitaciones climáticas.

¹ Klingebiel, A. y Montgomery, P. (1961) *Land Capability Classification*. Agric. Handbook. S.C.S.U.S. Gov Printing Office.

En la *Tabla 6* se muestra la evaluación del perfil de terreno según el Método de Clases de Capacidad Agrológica.

CARACTERÍSTICA	CLASE	JUSTIFICACIÓN
Pluviometría (mm)	II	300 – 600
Temperatura	II	Algodón - Maíz
Pendiente (%)	I	< 3
Erosión	I	No hay
Profundidad (cm)	I	> 90
Textura	I	Equilibrada
Pedregosidad (%)	II	< 20%
Rocosidad (%)	I	No hay
Encharcamiento	I	No hay
Salinidad	II	Restringe
Posibilidad cultivar	I	Año y vez con barbecho semillado no leguminosas
CLASE IIsc (salinidad, pedregosidad, pluviometría, temperatura)		

Tabla 6. Evaluación del perfil del suelo según la SCS.

Los suelos de la **Clase II** están sujetos a limitaciones moderadas en el uso. Presentan un peligro limitado de deterioro. Son suelos buenos. Pueden cultivarse mediante labores adecuadas, de fácil aplicación. Estos suelos difieren de los de la clase I en distintos aspectos. La principal diferencia estriba en que presentan pendiente suave, están sujetos a erosión moderada, su profundidad es mediana, pueden inundarse ocasionalmente y pueden necesitar drenaje.

En este caso las principales limitaciones vienen impuestas por la salinidad y la pedregosidad del suelo que, en cualquier caso, son moderadas.

5.2. SISTEMA DE EVALUACIÓN DE TIERRAS PARA RIEGO – USBR

Este sistema, desarrollado por el Bureau of Reclamation de Estados Unidos (USBR, 1953)², se basa en el supuesto de que existe una relación específica entre las propiedades del terreno y la productividad bajo riego del mismo, determinando esta última la capacidad de pago de cada suelo en particular. Según el sistema, la tierra apta para el riego será aquella que pueda soportar una agricultura permanente de riego de manera sostenible.

La capacidad productiva del suelo depende de:

- Clima.
- Suelo.
- Topografía: pendiente, relieve y posición.
- Cantidad y calidad de agua de riego.
- Drenaje del sistema.

El sistema USBR establece 6 clases que agrupan tierras que tienen atributos físicos y económicos similares, lo que afecta a su aptitud para el riego. Las clases establecidas se muestran en la *Tabla 7*.

² USBR (1953) *Bureau of reclamation manual. Vol. V. Irrigated Land Use*. U.S.D. Inter. Washington.

Como sucede en el sistema de clasificación anterior, dependiendo del tipo de limitación se establecen varias subclases.

s, para limitaciones del suelo que afectan al desarrollo radicular.

t, topografía

d, drenaje

CLASE	DENOMINACIÓN	EVALUACIÓN
1	Arable	Muy adecuada para el riego. Nivel más alto de aptitud. Producciones altas dentro del intervalo climatológico a un coste razonable.
2	Arable	Conveniente para el riego. Exige seleccionar los cultivos. Mayores gastos para producir.
3	Arable	Marginalmente apta para el riego. Deficiencias importantes. Restringido número de cultivos.
4	Limitadamente arable	Usos restringidos. Requieren estudios complementarios para verificar si son regables. Puede ser regable para usos especiales (en ciertos casos frutales).
5	No arable	Clase provisional que agrupa los suelos de aptitud dudosa para ser transformados. Requiere estudios posteriores.
6	No transformable	No cumple las condiciones mínimas exigidas. La capacidad de pago estimada se hace menor que los costes previstos de la transformación

Tabla 7. Clasificación de las tierras según la USBR.

A continuación se muestra la evaluación del suelo objeto de estudio:

CARACTERÍSTICA	CLASE	JUSTIFICACIÓN
Suelos		
Textura superficial 0-30 cm	1	Fr – ar. – Fr –ac.
Profundidad efectiva	1	> 100 cm
CRAD a 120 cm	1	> 150 mm
Conductividad hidráulica (cm·h ⁻¹)	1	0,5-12,5
Caliza (%)	1	< 35
Elementos gruesos permitidos: Grava % vol Cantos % vol	1	< 15 <5
Afloramientos rocosos (separación entre ellos en m)	1	> 60
Sodicidad ESP (%)	1	<5
Salinidad (dS·m ⁻¹ a 25°C)	2	4-8
Topografía		
Piedras a remover (m ³ ·ha ⁻¹)	1	< 19
Inclinación (%)	1	< 2
Nivelación	1	Ligera
Drenaje		
Prof. Capa freática (cm)	1	> 150
Drenaje superficial	1	Bueno
Prof. Capa impermeable (cm)	1	> 210
Aireación	1	Sin problemas
CLASE 2s (salinidad)		

Tabla 8. Evaluación de la aptitud para el riego del perfil del suelo según la USBR.

Como se aprecia en la tabla anterior según la USBR, el suelo de la parcela es regable. Según su clasificación (**Clase 2**), se trata de un suelo conveniente para riego que exige seleccionar los cultivos a implantar. En este caso el único factor limitante es la salinidad del suelo.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 3

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. CARTOGRAFÍA GENERAL DE LA ZONA	5
2.1. SISTEMA DE REFERENCIA.....	5
2.2. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	5
2.2.1. Mapas topográficos	5
2.2.2. Ortofotos.....	6
2.3. MAPA DE VISIBILIDAD	6
3. TOPOGRAFÍA DE PARCELA	7
3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO	7
3.1.1. Equipo GPS	7
3.1.2. Red de estaciones permanentes GNSS	7
3.1.3. Levantamiento topográfico.....	8
3.1.4. Tratamiento de los datos.....	8
3.2. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DE LA PARCELA DE ESTUDIO	8
3.3. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	9

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se presenta el estudio de la topografía general que define la zona de estudio y de la topografía de parcela, evaluando las posibles limitaciones que ésta pueda implicar a la hora de acometer una instalación de riego por goteo.

Mientras que la topografía general de la zona ha sido estudiada mediante planos cartográficos ya elaborados, la topografía de parcela ha sido obtenida a partir de un levantamiento topográfico cuyos resultados se adjuntan al final de este Anejo.

2. CARTOGRAFÍA GENERAL DE LA ZONA

2.1. SISTEMA DE REFERENCIA

El sistema de referencia principal del presente proyecto es el European Terrestrial Reference System 89 (ETRS89), definido por los parámetros que se muestran en la *Tabla 1*.

Sistema de Referencia ETRS89

Elipsoide GRS80

$a = 6.378.137$ metros

$f = 1 : 298,257222101$

Origen geocéntrico.

Ejes

- Eje X: Intersección del meridiano de Greenwich y el plano del Ecuador medio; eje Z en la dirección del polo CIO
- Eje Y: Perpendicular y formando un triedro directo con los ejes X y Z

Tabla 1. Definición del sistema de referencia ETRS89.

2.2. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

La información cartográfica general de la zona ha sido extraída de la Infraestructura de Datos Espaciales del Gobierno de La Rioja (IDERioja) a través de su página web. En el desarrollo de este proyecto se han empleado fundamentalmente mapas topográficos y ortofotos.

2.2.1. Mapas topográficos

Los mapas topográficos empleados presentan las siguientes características:

- Fecha de elaboración: 2004
- ETRS 89 UTM Zona 30
- Escala 1:5.000
- Formato “.dwg”

2.2.2. Ortofotos

Las ortofotos empleadas poseen las siguientes características:

- Fecha del vuelo abril-junio 2009
- Escala del vuelo 1:18.000
- ETRS 89 UTM Zona 30
- Tamaño pixel 25 cm/pix
- Formato “.ecw”

En total se han empleado 12 hojas de la cuadrícula definida por el Instituto Geográfico Nacional (*Fig. 1*) que suponen unas dimensiones totales de 10.302x9.253 m.

0243A-0502	0243A-0602	0243A-0702
0243A-0503	0243A-0603	0243A-0703
0243A-0504	0243A-0604	0243A-0704
0243A-0505	0243A-0605	0243A-0705

Figura 1. Hojas empleadas según la cuadrícula del Instituto Geográfico Nacional (2004).

2.3. MAPA DE VISIBILIDAD

El fin de la formación de un mapa topográfico con las dimensiones citadas en el apartado anterior mediante la unión de distintas hojas es la obtención de la cuenca visual de la zona de estudio.

Teniendo en cuenta que el objetivo de este Proyecto es el diseño y dimensionado de una instalación de riego alimentado mediante energía solar fotovoltaica y que el captador se colocará en la parcela de proyecto, es necesario conocer la elevación del horizonte respecto a la horizontal para definir los posibles sombreados que se puedan producir sobre el captador fotovoltaico.

Para ello, a partir de los puntos elevados (con coordenada Z) incluidos en los mapas topográficos disponibles se ha creado un modelo digital del terreno mediante la aplicación MDT para el programa informático AutoCAD. A continuación se ha elaborado un mapa de visibilidad de la zona mediante la utilidad que incorpora el programa fijando el punto del observador (en el que se situará el captador) y su altura respecto al terreno (se han considerado 1 m). La cuenca visual así obtenida se puede apreciar en el **Plano 4**. Finalmente, mediante AutoCAD, se ha realizado una radiación desde el punto de observación hasta los límites visibles, obteniendo así para cada una de las líneas de radiación su longitud proyectada, su cota inicial y su cota final, valores mediante los que se calcula el ángulo de elevación del horizonte. En la siguiente figura se muestra el perfil realzado del horizonte obtenido. Se considera el sur como el origen del acimut (0°).

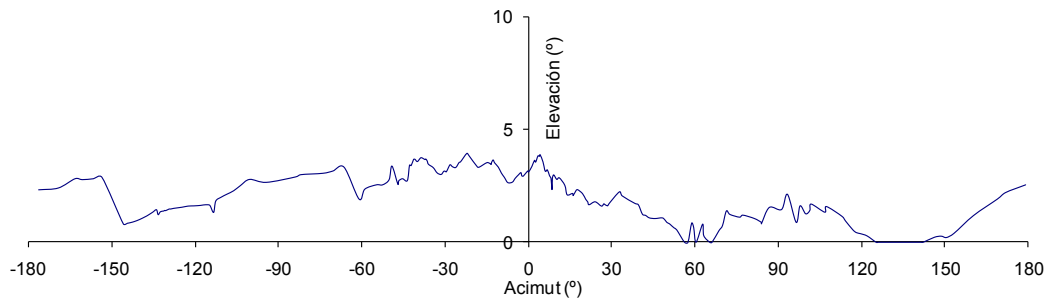


Figura 2. Perfil realizado del horizonte a una altura de 1m sobre la cota del terreno de la parcela de proyecto.

3. TOPOGRAFÍA DE PARCELA

Pese a la calidad y cantidad de la información cartográfica disponible, el conocimiento de la topografía de la parcela de estudio hace necesario un exhaustivo levantamiento topográfico.

3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1.1. Equipo GPS

Para el levantamiento topográfico se ha empleado un equipo GPS modelo AL102 de la marca Settop realizando el posicionamiento mediante la red de estaciones permanentes GNSS del Gobierno de La Rioja y trabajando en tiempo real.

3.1.2. Red de estaciones permanentes GNSS

La Red de Estaciones permanentes del Gobierno de La Rioja es un servicio que permite realizar posicionamientos de precisión centimétrica en tiempo real o en postproceso, utilizando receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) y una conexión a Internet a través de telefonía móvil.

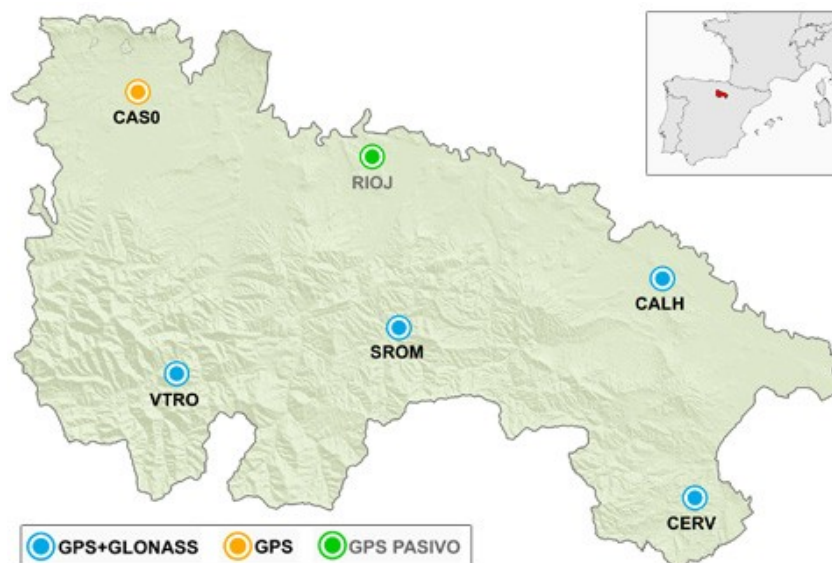


Figura 3. Red de estaciones permanentes GNSS del Gobierno de La Rioja

Consta de cinco estaciones de recepción GPS-GLONASS distribuidas a lo largo de todo el territorio de La Rioja (*Fig.3*), cuyas coordenadas han sido calculadas con precisión en el sistema de referencia ETRS89. Este servicio es accesible desde cualquier punto de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Los datos de la red son accesibles en tiempo real, lo que permite realizar correcciones diferenciales de código (DGPS) y de fase (RTK), o pueden ser descargados de esta página web en formato RINEX para su utilización en postproceso.

3.1.3. Levantamiento topográfico

A la hora de realizar el levantamiento topográfico en parcela se ha prestado especial interés al levantamiento de accidentes característicos del terreno como desmontes, terraplenes, cárcavas, etc. Los códigos empleados en el levantamiento son los siguientes:

- **AT:** alto talud (línea superior de un talud).
- **BT:** bajo talud (línea inferior de un talud).
- **R:** relleno (punto que no forma parte de un accidente concreto).

3.1.4. Tratamiento de los datos

Los resultados del levantamiento topográfico que se adjuntan en el *Apartado 3.3* han sido tratados mediante la aplicación MDT para el programa informático AutoCAD con el fin de obtener las curvas de nivel que definen la topografía de la parcela de estudio. El procedimiento es el siguiente:

- A. Establecimiento de las líneas de rotura.** En primer lugar, se han establecido las líneas de rotura a partir de los puntos tomados con código de alto talud (AT) y bajo talud (BT).
- B. Triangulación.** A partir de las líneas de rotura y los puntos de relleno (R) se ejecuta una triangulación, creando así una superficie elevada.
- C. Curvado.** A partir de la superficie creada se lleva a cabo un curvado en el fin de obtener las curvas de nivel de la parcela. En este caso se han representado cada 25 cm, lo que permite tener una información muy precisa de la topografía de la parcela.

En el *Plano 3* (Topografía de parcela) se puede observar esta representación gráfica.

3.2. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DE LA PARCELA DE ESTUDIO

Tras la visita a la parcela de proyecto y el estudio de información topográfica obtenida y tratada, se puede concluir que la parcela de proyecto presenta un talud de 2 m de altura media prácticamente vertical que la atraviesa en sentido NO-SE y la divide en dos subparcelas.

Las subparcelas formadas poseen una pendiente uniforme que toma un valor medio del 1% no apreciándose pendientes puntuales superiores al 1,8% por lo que, no supondrá ninguna limitación respecto a la implantación de un sistema de riego por goteo.

3.3. RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Nombre	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Código
1	585077,79	4681100,32	341,82	AT
2	585092,855	4681093,03	341,95	AT
3	585104,859	4681086,602	341,97	AT
4	585106,47	4681085,43	341,92	AT
5	585107,64	4681083,854	341,85	AT
6	585108,428	4681082,28	341,80	AT
7	585108,973	4681080,282	341,78	AT
8	585110,063	4681078,829	341,75	AT
9	585114,181	4681077,377	341,67	AT
10	585121,593	4681074,938	341,50	AT
11	585133,187	4681070,621	341,43	AT
12	585062,781	4681107,705	341,84	AT
13	585036,246	4681120,815	341,83	AT
14	585023,907	4681126,918	341,80	AT
15	585008,185	4681133,212	341,75	AT
16	584992,848	4681140,167	341,81	AT
17	584975,361	4681148,274	341,80	AT
18	584955,832	4681155,72	341,78	AT
19	584943,304	4681159,306	341,76	AT
20	584949,611	4681159,176	339,50	BT
21	584957,748	4681156,519	339,65	BT
22	584976,176	4681149,966	339,80	BT
23	584986,333	4681145,236	339,83	BT
24	584997,583	4681140,38	339,82	BT
25	585010,794	4681134,417	339,77	BT
26	585024,036	4681128,836	339,78	BT
27	585033,848	4681124,303	339,80	BT
28	585044,431	4681119,2	339,84	BT
29	585059,037	4681111,844	339,82	BT
30	585082,625	4681101,515	339,81	BT
31	585098,128	4681093,138	339,86	BT
32	585108,164	4681087,698	339,90	BT
33	585110,029	4681085,568	339,91	BT
34	585110,496	4681083,283	339,89	BT
35	585113,181	4681081,578	339,88	BT

Nombre	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Código
36	585119,305	4681079,198	339,86	BT
37	585140,428	4681070,758	339,10	BT
38	585116,566	4681356,018	337,84	R
39	585043,127	4681064,207	342,29	R
40	584794,067	4681142,226	343,10	R
41	584968,238	4680959,416	343,00	R
42	584829,746	4681233,026	342,12	R
43	584926,366	4681323,297	338,60	R
44	585057,587	4681219,267	338,98	R
45	584942,546	4681369,457	339,27	R
46	585105,757	4681153,478	339,48	R
47	585144,607	4681282,268	337,79	R
48	585207,687	4681198,248	338,79	R
49	584842,566	4681344,417	339,13	R
50	584925,146	4681261,057	338,85	R
51	584879,826	4681242,937	339,40	R
52	584951,707	4681079,037	342,44	R
53	585182,038	4681009,348	341,51	R
54	585122,338	4680953,777	342,69	R
55	584866,747	4680979,086	342,93	R
56	584913,848	4680922,886	343,83	R
57	585209,108	4681112,978	339,35	R
58	584904,717	4681122,796	342,27	R
59	584997,13	4681090,223	342,28	R
60	584965,258	4681125,658	342,05	R
61	585033,362	4681103,219	341,90	R
62	585074,487	4681071,358	342,15	R
63	584949,026	4681109,917	342,25	R
64	584927,194	4681069,848	342,50	R
65	584969,217	4681050,576	342,55	R
66	585005,761	4681065,276	342,36	R
67	585023,559	4681034,454	342,51	R
68	585060,816	4681035,639	342,45	R
69	584924,777	4681042,473	342,70	R
70	584995,318	4681013,218	342,72	R

Nombre	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Código
71	585059,737	4680998,59	342,61	R
72	585030,824	4680971,102	342,72	R
73	584942,033	4680990,258	342,75	R
74	584891,79	4681015,023	342,77	R
75	585076,183	4681190,836	339,20	R
76	585048,184	4681149,005	339,71	R
77	585096,916	4681119,668	339,77	R
78	584992,281	4681154,098	339,75	R
79	584989,783	4681197,491	339,46	R
80	585039,245	4681188,154	339,47	R
81	585026,7	4681237,183	338,92	R
82	585079,706	4681167,054	339,50	R
83	585110,203	4681186,611	339,30	R
84	585100,339	4681214,383	338,95	R
85	585134,264	4681213,569	338,82	R
86	585063,186	4681256,59	338,79	R
87	585017,571	4681288,428	338,77	R
88	585065,438	4681296,772	337,92	R
89	584981,59	4681246,822	338,87	R
90	584896,829	4681094,476	342,60	R
91	584904,887	4681062,999	342,62	R
92	584870,515	4681066,427	342,76	R
93	584926,346	4681195,111	339,63	R
94	584892,41	4681176,802	341,10	R
95	584927,539	4681229,015	339,50	R
96	584945,24	4681294,948	338,80	R
97	585163,179	4681152,806	339,41	R
98	585153,217	4681102,844	339,76	R
99	585116,161	4681051,726	342,18	R
100	585116,161	4681016,118	342,43	R
101	584997,558	4681349,882	337,78	R
102	584984,967	4681303,416	338,64	R
103	585185,76	4681252,41	337,65	R
104	585054,813	4681341,448	337,86	R
105	585181,472	4681057,37	339,82	R
106	584967,374	4681153,117	339,76	R

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 4

ESTUDIO DE RECURSOS HÍDRICOS

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD DE REGADÍOS DE CALAHORRA	5
2.1. HISTORIA DE LA COMUNIDAD DE REGADÍOS.....	5
2.2. DATOS GENERALES DE LA COMUNIDAD DE REGADÍOS	5
2.3. ESTRUCTURA DEL REGADÍO.....	6
2.3.1. <i>Regadío del río Ebro</i>	6
2.3.2. <i>Regadío del río Cidacos</i>	6
3. REGADÍO DE LA PRESA DE LOS MOLINOS	7
3.1. DATOS GENERALES DEL REGADÍO DE LA PRESA DE LOS MOLINOS	7
3.2. INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	8
3.2.1. <i>Acequia Madre de los Molinos</i>	8
3.2.2. <i>Acequia de la Torrecilla</i>	8
3.2.3. <i>Acequia del Perdiguero (salida del embalse)</i>	8
3.3. DERECHOS DE RIEGO	8
3.4. ORGANIZACIÓN DE LOS TURNOS DE RIEGO.....	9
4. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DISPONIBLE	9
4.1. METODOLOGÍA EMPLEADA	10
4.2. RESULTADOS OBTENIDOS	10
5. CALIDAD AGRONÓMICA DEL AGUA DE RIEGO	11
5.1. INTRODUCCIÓN.....	11
5.2. PUNTO DE MUESTREO	11
5.3. ÍNDICES DE PRIMER GRADO	13
5.3.1. <i>pH del agua de riego</i>	13
5.3.2. <i>Conductividad eléctrica</i>	13
5.3.3. <i>Contenido total de sales</i>	13
5.3.4. <i>Iones</i>	14
5.3.5. <i>Criterio de fitotoxicidad</i>	15
5.4. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO	16
5.4.1. <i>Índice de Relación de Absorción de Sordio (S.A.R.)</i>	16
5.4.2. <i>Índice de Carbonato Sódido Residual (C.S.R.)</i>	16
5.4.3. <i>Dureza de agua</i>	17

5.4.4.	<i>Coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott)</i>	18
5.4.5.	<i>Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)</i>	18
5.5.	NORMAS	18
5.5.1.	<i>Normas Riverside</i>	19
5.5.2.	<i>Normas H. Green</i>	20
5.5.3.	<i>Normas Wilcox</i>	21
5.5.4.	<i>Normas FAO</i>	21
5.6.	CONCLUSIONES	22

1. INTRODUCCIÓN

En este Anejo se presenta una descripción pormenorizada de las condiciones de abastecimiento de agua de riego para la parcela con objeto de conocer su aptitud para el riego y los caudales disponibles y su distribución en el tiempo.

La gestión de las aguas que riegan la parcela objeto de proyecto es responsabilidad de la Comunidad General de Regadíos de Calahorra, por lo que este estudio comenzará con una descripción de la misma.

2. DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD DE REGADÍOS DE CALAHORRA

2.1. HISTORIA DE LA COMUNIDAD DE REGADÍOS

Pesa a que la red de acequias existente se remonta la época del Imperio Romano, asumiendo posteriormente técnicas de riego y cultivo de la cultura árabe, es en 1965 cuando se constituye provisionalmente la Comisión Provincial de la Comunidad General de Regadíos de Calahorra, que se encarga de redactar las Ordenanzas que regirán la organización del regadío, de dar forma al conjunto de derechos y obligaciones de sus partícipes y de establecer la organización y funciones de sus órganos de participación (Junta General o Asamblea), dirección (Junta de Gobierno) y sancionadores (Junta de Riego).

En 1969 cuando la Dirección General de Obras Hidráulicas, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, declara constituida la Comunidad General de Regadíos de Calahorra aprobando sus Ordenanzas y Reglamentos.

Dichas Ordenanzas fueron posteriormente adaptadas a lo prevenido en la Ley de Aguas de 2 de agosto de 1.985, aprobándose las mismas por Resolución de la Confederación Hidrográfica del Ebro de fecha 2 de noviembre de 1.990, estando vigentes en la actualidad.

La Comunidad General de Regadíos de Calahorra es vocal electa del Consejo del Agua y de las Juntas de Explotación números 1 (cuenca del río Ebro) y 4 (cuenca que abarca la zona comprendida por los afluentes del Ebro: desde el río Leza hasta el río Huecha, en la cual está incluido el río Cidacos) de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Como miembro de las citadas Juntas de Explotación está integrada en la Asamblea de Usuarios de la Confederación.

Además, forma parte de la Federación de Comunidades de Regantes de la Cuenca del Ebro (FEREBRO), en la que ocupa una vocalía de su Junta de Gobierno, y además es miembro de la Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España (FENACORE).

La Comunidad General de Regadíos de Calahorra tiene su sede en la calle Cavas 23, 1º, 26500 Calahorra (La Rioja).

2.2. DATOS GENERALES DE LA COMUNIDAD DE REGADÍOS

La Comunidad General de Regadíos de Calahorra administra el riego de una superficie total de 5.140 ha destinadas fundamentalmente al cultivo hortofrutícola aunque, actualmente, los cultivos como la vid, el olivo, la cereza y la pera se encuentran en expansión.

Se trata, en su mayoría de un regadío tradicional en el que, la mayoría de las conducciones son acequias tanto de tierra como de hormigón.

Los datos generales de la Comunidad son:

- Superficie regada 5.140 ha
 - Aspersión 80 ha
 - Goteo 400 ha
 - Gravedad..... 4.660 ha
- Número de parcelas catastrales regables 15.993
- Número de regantes inscritos 2.600

Al referirse al número de parcelas, se haya que, en realidad, cada explotación o unidad de cultivo estará formada normalmente por más de una parcela catastral.

Como se puede observar en los datos la aplicación de riegos mediante sistemas de presión apenas supone un 10% de la superficie regable de la zona. Pese a que se han modernizado pequeñas zonas del regadío suministrando riego a presión y “a la demanda”, en la mayor parte de las explotaciones que riegan de esta forma ha sido necesaria la instalación de un equipo de presión.

2.3. ESTRUCTURA DEL REGADÍO

La red general está configurada por acequias de gran longitud que van tomando agua desde los azudes y que se interconectan entre sí dando lugar a un mecanismo de aprovechamiento del agua en cascada. De modo que se puede dividir el propio regadío en dos grandes sectores: el regadío del río Ebro y el regadío del río Cidacos, haciendo referencia a los cauces de los que se toma el agua en cada caso.

2.3.1. Regadío del río Ebro

Supone una superficie de 1.433 ha regables mediante una concesión de $2.800 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (otorgada por la Confederación Hidrográfica del Ebro). Este regadío está integrado por la presa de La Ribera.

2.3.2. Regadío del río Cidacos

Supone una superficie total de 3.707 ha regables mediante tres concesiones por un total de $2.570 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (otorgadas por la Confederación Hidrográfica del Ebro, una de $430 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, otra de $2.000 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ y otra de $140 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$).

De dichas concesiones, dado que el río Cidacos tiene un acusado estiaje anual, la propia Confederación Hidrográfica del Ebro estima lo siguiente:

1. De la Concesión concedida de $430 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, el volumen efectivamente empleado equivale a un caudal medio anual de $226 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.
2. De la Concesión concedida de $2.000 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, el volumen efectivamente empleado equivale a un caudal medio anual de $493 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

Este regadío está integrado por las siguientes Presas:

1. Presa de Sorbán:.....982 ha
2. Presa de Los Molinos:2.467 ha
3. Presa de Melero-Presillas:57 ha
4. Presa de Perenzano:66 ha
5. Presa de Valroyuelo:95 ha
6. Presa de Mencabla:.....40 ha

Además, 466 ha del total del Regadío del Río Cidacos tienen derecho de riego del Pantano Estanca – Perdiguero, propiedad de la Comunidad de Regadíos, con una capacidad de 2,5 hm³ y que suministra agua de riego a las fincas al él adscritas. Este embalse capta agua del río Cidacos a través de la acequia madre de Los Molinos, como se detallará en el siguiente punto.

La parcela objeto de proyecto se enmarca en el Regadío del Río Cidacos y la captación de agua se realiza mediante la Presa de Los Molino. Asimismo se incluye dentro de las 466 ha que tienen derecho de riego del Pantano del Perdiguero.

3. REGADÍO DE LA PRESA DE LOS MOLINOS

3.1. DATOS GENERALES DEL REGADÍO DE LA PRESA DE LOS MOLINOS

Como se ha explicado, la parcela pertenece al regadío de la Presa de Los Molinos, de modo que, en este apartado, se realizará una descripción minuciosa de esta red de riego desde su toma en el río Cidacos hasta la parcela.

La superficie total del regadío de La Presa de Los Molinos asciende a 2.467 ha que actualmente se abastecen por un sistema de transporte tradicional de acequias

La principal fuente de suministro de agua con que cuenta el regadío es el río Cidacos que, a través de un azud y la conducción hasta el Embalse del Perdiguero, se tiene un posible volumen acumulado de 2,5 hm³ y que está bajo la jurisdicción administrativa de la propia Comunidad de Regadíos de Calahorra.

La concesión de aprovechamiento del río Cidacos es de 2.000 l/s, con un aprovechamiento efectivo de 493 l/s.

El río Cidacos, es un río de acusado estiaje (no es inusual que permanezca seco durante meses), por lo que para el regadío actual, se obtiene un abastecimiento complementario de agua de 1.162 l/s, que procede del Canal de Lodosa, bajo jurisdicción de la confederación Hidrográfica del Ebro.

Otro aporte extraordinario es que se consigue del manantial del Caricente, con un aprovechamiento de 80 l/s aproximadamente en los meses de invierno (conducidos por gravedad) y 50 l/s aproximadamente en los meses de verano, bajo la necesidad de un bombeo.

Las acequias principales que conforman el Regadío de Los Molinos, suman un total de 65.771,97 m.l. De esta longitud total, se van a excluir los tramos que ya han sido reformados o actualizados.

3.2. INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

El agua que riega la parcela se toma directamente del río Cidacos a través del azud de Los Molinos y es conducida por la acequia Madre de Los Molinos hasta el Embalse de El Perdiguero. Antes de entrar al embalse se produce una derivación de agua que conforma la acequia de la Torrecilla que riega la parcela de estudio. Además, durante el verano, la acequia de El Perdiguero, que conduce el agua de una de la salida del embalse, suministra agua a la acequia de la Torrecilla con el fin de compensar el bajo caudal estival del río Cidacos. Las mencionadas acequias presentan las siguientes características:

3.2.1. *Acequia Madre de los Molinos*

El primer tramo tiene un longitud de 1.060 m, comprendido entre el Azud del río Cidacos y el comienzo de la canalización de hormigón ejecutada, esta zona presenta una sección en tierras de aproximadamente 3x1,5 m, la cual se encuentra en mal estado con zonas completamente erosionadas provocando pérdidas de caudal por infiltraciones. Los siguientes 1.972 m se encuentra en buen estado, puesto que se trata de una longitud completamente canalizada en cajero de hormigón de dimensiones 2,20x1,30 m en su punto final atraviesan un túnel revestido de hormigón hasta llegar a la Balsa del Perdiguero. La pendiente media es de 0,48%.

3.2.2. *Acequia de la Torrecilla*

La acequia tiene una longitud de 2.800 m comprendida entre el inicio en el embalse del Perdiguero y la parcela de proyecto. Se encuentra canalizada en cajero de hormigón de reciente ejecución con una sección de dimensiones 0,7x1 m. Su pendiente media es de 0,48%. A la altura de la parcela se ejecutará una toma cuya configuración se describe en el **Anejo 10** (Obra Civil).

3.2.3. *Acequia del Perdiguero (salida del embalse)*

La acequia tiene un longitud total de 3.3003 m, comprendiendo entre el inicio en el embalse del Perdiguero y el final producido por la unión a la acequia de la Torrecilla, para su salida del embalse presenta un sistema de tuberías que vierten en la acequia la cual en prácticamente toda la longitud tiene sección en cajero de hormigón de 0,7x1 m. La pendiente media es de 1,04%.

3.3. DERECHOS DE RIEGO

El derecho a riego de las fincas regadas por la presa de Los Molinos depende del tipo de cuota que el propietario pague:

- **Media cuota:** riego sólo en invierno (26 septiembre – 26 junio).
- **Cuota entera:** riego en invierno y en verano (27 junio – 25 septiembre).
- **Cuota Estanca – Perdiguero:** como se ha explicado, permite complementar la falta de agua debido al estiaje del río Cidacos.

Se va a considerar que la parcela de estudio está adscrita a las tres cuotas y que dispone de un caudal homogéneo durante todo el año.

3.4. ORGANIZACIÓN DE LOS TURNOS DE RIEGO

Los sistemas de transporte tradicional de acequias no permiten un riego “a la demanda” de modo que se deben establecer turnos de riego.

Los turnos de riego se organizan en coseras, entendiéndose por cosera la porción de tierra que se riega en una tanda, de modo que el riego de una cosera no comienza hasta que haya terminado la anterior.

El ámbito regable de la presa de Los Molinos se divide en 11 coseras. Estas 11 coseras se riegan en un total de 7 días, asignándose para cada una de ellas un intervalo de tiempo de riego.

En la siguiente tabla se puede observar la organización de las coseras:

COSERAS	HORAS	LÍMITES
Primera	3	Desde la Presa, hasta el arbullón de Oliván; desde las 12 de la noche del sábado, hasta las 3 de la mañana del domingo.
Segunda	4	Desde el arbullón de Oliván, hasta el paradero de la Estanca; desde las 3 de la mañana del domingo, hasta las 7 de la mañana del mismo día.
Tercera	6	Desde el paradero de la Estanca, hasta el Royal; desde las 7 de la mañana del domingo, hasta la 1 de la tarde del mismo día, partiendo esta cosera las aguas a partes iguales en el paradero de la Estanca.
Cuarta	7	Paradero de la Estanca, desde el camino de la Marcú, hasta el camino del corral de los Canónigos, desde la 1 de la tarde del domingo, hasta las 8 de la tarde del mismo día.
Quinta	6	Desde el corral del Royal, hasta el sendero de la Barguilla; desde las 8 de la tarde del domingo, hasta las 2 de la mañana del lunes.
Sexta	13	Sendero de la Barguilla, por las mugas hasta el Río Alto; desde las 2 de la mañana del lunes, hasta la 3 de la tarde del mismo día.
Séptima	13	Desde el Río Alto hasta las últimas mugas de esta cosera o primeras de la quinta; desde las 3 de la tarde del lunes, hasta las 4 de la mañana del martes.
Octava	13	Desde las primeras mugas de esta cosera, hasta las finales de la misma o primeras de la sexta; desde las 4 de la mañana del martes, hasta las 5 de la tarde del martes.
Novena	13	Desde las primeras mugas de esta cosera, hasta la terminación; desde las 5 de la tarde del martes, hasta las 6 de la mañana del miércoles.
Planilla	3	Desde las 6 de la mañana del miércoles, hasta las 9 de la mañana del mismo día.
Agudos	3	Desde las 9 de la mañana del miércoles, hasta las 12 de la mañana del mismo día.

Tabla 1. Organización de las coseras del área regable de la presa de Los Molinos.

La parcela objeto de estudio se encuentra en la décima cosera (Planilla de la Estanca) y dispone de un tiempo de riego de 3 horas cada 3,5 días (6 horas semanales) durante el cual podrá estar entrando agua a la parcela.

4. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DISPONIBLE

La falta de información por parte de la Comunidad de Regadíos sobre el caudal que transporta la acequia de la Torrecilla hace necesaria la estimación del mismo. En diversas visitas a la parcela de proyecto se han realizado mediciones del tamaño de la acequia y la altura del agua que transporta con objeto de conocer el caudal y la velocidad del flujo que discurre por ella.

4.1. METODOLOGÍA EMPLEADA

Por tratarse de un flujo en superficie libre y en régimen uniforme, se ha empleado la fórmula de Manning – Strickler para estimar el caudal y la velocidad del flujo en la acequia de la que se extraerá el agua necesaria para el riego de la parcela.

La velocidad resulta:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad [1]$$

donde:

V	velocidad media del flujo en la sección[m·s ⁻¹]
R	radio hidráulico [m]
i	inclinación del fondo [m·m ⁻¹]
n	coeficiente de rugosidad del cauce (n de Manning) [-]

Y el caudal:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad [2]$$

donde:

Q	caudal [m ³ ·s ⁻¹]
S	sección mojada [m ²]
R	radio hidráulico [m]
i	inclinación del fondo [m·m ⁻¹]
n	coeficiente de rugosidad del cauce (n de Manning) [-]

En cunetas y canales revestidos el coeficiente de rugosidad de Manning toma un valor comprendido entre 0,013 – 0,017, por lo que se empleará un valor de 0,015.

El radio hidráulico resulta del cociente entre la superficie mojada y el perímetro mojado, como se muestra en la siguiente expresión:

$$R = \frac{S}{P} \quad [3]$$

donde:

R	radio hidráulico [m]
S	sección mojada [m ²]
P	perímetro mojado [m]

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS

En las visitas realizadas a la parcela de proyecto se observó una altura de agua o calado variable en la acequia comprendida entre los 45 y 65 cm. De modo que el caudal circulante por la acequia y la velocidad de flujo tomarán los valores que se muestran a continuación:

MATERIAL	BASE	ALTURA	i	n	CALADO	RESGUARDO	S	P	R	V	Q
	m	m	m/m	-	m	m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s
hormigón	1	0,7	0,0048	0,015	0,40	0,30	0,4000	1,8000	0,2222	1,69	0,68
hormigón	1	0,7	0,0048	0,015	0,45	0,25	0,4500	1,9000	0,2368	1,77	0,80
hormigón	1	0,7	0,0048	0,015	0,50	0,20	0,5000	2,0000	0,2500	1,83	0,92
hormigón	1	0,7	0,0048	0,015	0,55	0,15	0,5500	2,1000	0,2619	1,89	1,04
hormigón	1	0,7	0,0048	0,015	0,60	0,10	0,6000	2,2000	0,2727	1,94	1,17
hormigón	1	0,7	0,0048	0,015	0,65	0,05	0,6500	2,3000	0,2826	1,99	1,29
hormigón	1	0,7	0,0048	0,015	0,70	0,00	0,7000	2,4000	0,2917	2,03	1,42

Tabla 2. Caudales disponibles y velocidad del flujo.

Se puede observar en los resultados obtenidos que esta acequia transportará un caudal medio de $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ que podría variar entre los $0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y los $1,30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La velocidad del flujo en la sección oscilará entre los $1,77$ y $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

5. CALIDAD AGRONÓMICA DEL AGUA DE RIEGO

5.1. INTRODUCCIÓN

Es fundamental determinar la calidad agronómica del agua que se pretende utilizar en el riego para poder, en primer lugar, definirla como agua viable o no para el riego del cultivo y para conocer cuáles son los posibles efectos que el uso de dicho agua puede provocar sobre la plantación. Para ello se fijan unos criterios que permitan clasificar la calidad de dicha agua, estudiando los diferentes efectos que pueden tener sobre el cultivo y el sistema de riego. Valorando los parámetros mediante el análisis del agua de riego. Existen diversos factores que pueden limitar el uso del agua para el riego. Los principales factores a tener en cuenta son:

- **Salinidad:** las sales del agua reducen la disponibilidad del agua para las plantas, reduciendo los rendimientos del cultivo.
- **Alcalinidad:** altos niveles de sodio y bajos de calcio y magnesio en el agua de riego, alteran el complejo de cambio del suelo. Como consecuencia se produce un deterioro de la estructura del suelo y una pérdida de permeabilidad.
- **Toxicidad:** ciertos iones, como son el sodio, cloro y boro, se acumulan en los cultivos en concentraciones suficientemente altas para causar daños y reducir los rendimientos de los cultivos sensibles.

5.2. PUNTO DE MUESTREO

Punto de muestreo nº0242 – Cidacos/Autol perteneciente a la Red de Control del Estado de las Masas de Agua Superficiales (C.E.M.A.S.) de la Confederación Hidrográfica del Ebro (C.H.E.). El punto de muestreo se ubica en las siguientes coordenadas UTM ED50: 580510/ 4674930 Huso 30.

Está ubicado en el pK 19,45 del río Cidacos próximo a la localidad de Autol y a unos 9 km aguas arriba del azud de Los Molinos desde donde se toma el agua que riega la parcela de proyecto.

En la *Tabla 3* se muestran los resultados del análisis físico – químico de las aguas.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
pH	-	7,3
Conductividad a 20 °C	µS/cm	343
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	11,6
Oxígeno disuelto (% sat.)	% sat.	103,4
Demanda química de O ₂	mg/L O ₂	<10
DBO ₅	mg/L O ₂	<5
Amonio total	mg/L NH ₄	<0,1
Bicarbonatos	mg/L CO ₃ Ca	146,4
Carbonatos	mg/L CO ₃ Ca	8,1
Cianuros	mg/L CN	<0,005
Cloruros	mg/L Cl	25,5
Fenoles	mg/L C ₆ H ₅ OH	<0,005
Fenoles examen gustativo	mg/L C ₆ H ₅ OH	Ausencia
Fluoruros	mg/L F	<0,1
Fosfatos	mg/L PO ₄	<0,1
Sulfatos	mg/L SO ₄	48,4
Nitratos	mg/L NO ₃	<1,0
Nitrógeno Total	mg N/L	<0,5
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L N	<1,0
Hidrocarburos Método I.R.	mg/L	<0,01
Tensoactivos aniónicos	mg/L L.A.	<0,05
Salmonelas	En 1 L.	Ausencia
Coliformes fecales	UFC/100 mL.	0
Coliformes totales a 37°C.	UFC/100 mL.	0
Arsénico	mg·l ⁻¹	<0,002
Bario	mg·l ⁻¹	0,023
Boro	mg·l ⁻¹	0,018
Cadmio	mg·l ⁻¹	<0,001
Calcio	mg·l ⁻¹	53,9
Cromo	mg·l ⁻¹	<0,002
Cobre	mg·l ⁻¹	<0,002
Hierro	mg·l ⁻¹	0,057
Magnesio	mg·l ⁻¹	10,2
Manganeso	mg·l ⁻¹	0,024
Mercurio	mg·l ⁻¹	<0,0001
Plomo	mg·l ⁻¹	<0,002
Potasio	mg·l ⁻¹	<1,0
Selenio	mg·l ⁻¹	<0,001
Sodio	mg·l ⁻¹	17,6
Zinc	mg·l ⁻¹	0,005
Sólidos en suspensión	mg·l ⁻¹	10

Tabla 3. Resultados del análisis de parámetros físico – químicos (punto de muestreo nº0242, años 2008 y 2009).

5.3. ÍNDICES DE PRIMER GRADO

5.3.1. pH del agua de riego

El pH mide la acidez o basicidad del agua. Sus valores entre 6,5 y 8 son los considerados como óptimos. En este caso el pH es de 7,3 por lo que está dentro de los valores normales.

ÁCIDA	NEUTRA	BÁSICA	NO BUENA
< 6	6,5-7,3	> 7,3	> 8

Tabla 4. Valoración de la acidez del agua de riego.

5.3.2. Conductividad eléctrica

Este parámetro indica, de manera indirecta, la salinidad que existe en el agua. La conductividad eléctrica indica la capacidad de corriente eléctrica a través del agua, de tal forma que cuanto más alto sea el contenido en sales, mejor se conducirá la electricidad, de manera que, si el valor de la conductividad es elevado, la salinidad y por tanto el contenido en sales serán altos. A continuación, se presenta una tabla que refleja la calidad del agua de riego respecto a su conductividad eléctrica.

C.E. ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	CALIFICACIÓN
0 - 1000	Excelente
1000 – 3000	de Buena a Marginal
> 3000	Inaceptable

Tabla 5. Valoración de la conductividad eléctrica del agua de riego.

En este caso la conductividad del agua de riego es de $343 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, correspondiéndose a un nivel de calidad de agua igual a excelente.

5.3.3. Contenido total de sales

Este parámetro es de gran importancia pues puede dar graves problemas por salinidad. De forma general se estima que un contenido superior a $1 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ de sales en agua generará problemas en el cultivo. El contenido en sales del agua de riego viene determinada por la conductividad eléctrica (C.E.) expresada en milimhos/cm a partir de una fórmula que establece una relación entre ambos valores.

$$ST = CE \cdot K = 343 \cdot 0,64 = 219,52 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \Rightarrow 0,219 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1} \quad [4]$$

donde:

ST	concentración de sales [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
K	constante de proporcionalidad = 0,64 [-]
CE	conductividad eléctrica a 20°C [$\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$]

El valor de sales disueltas obtenido, no supera el valor límite de $1 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, por lo que se puede afirmar que el agua analizada, es apta para su uso como agua de riego, en relación a la salinidad.

5.3.4. Iones

Podemos tener problemas en algunos de ellos si se encuentran en altas concentraciones ya que pueden llegar a ser tóxicos para la planta.

- **Calcio** (Ca^{2+}): La presencia de este catión en el agua de riego hay que tenerla en cuenta a la hora de abonar. Su presencia no supone ningún riesgo tóxico para la planta, además contribuye a contrarrestar la toxicidad que puede generar un exceso de sodio o magnesio en la solución del suelo. El principal problema que puede generar el calcio se refiere a un problema físico de obturación de goteros o tuberías por lo que es necesario tener controlada la cantidad de calcio del agua para saber cuándo puede ser necesario realizar tratamientos que solubilizan el exceso de calcio. El análisis de agua del proyecto indica un valor para el contenido en calcio de $2,67 \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$. Atendiendo a la tabla se puede afirmar que el agua que se quiere utilizar para el riego tiene un contenido en calcio bajo y por tanto no será necesario prestar atención a los posibles problemas de obturación que genere.

CALCIO ($\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$)	CALIFICACIÓN
< 10	Bajo
10-20	Alto
> 20	Muy alto

Tabla 6. Valoración del contenido en calcio del agua de riego.

- **Potasio** (K^+): La presencia de este elemento no es perjudicial pero se debe tener en cuenta en el abonado. El análisis de agua muestra un valor para el contenido de potasio menor de $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.
- **Sodio** (Na^+): Es uno de los elementos responsable de las toxicidades del cultivo, debido a su presencia en concentraciones inadecuadas en el agua de riego. Concentraciones superiores a $0,2$ ó $0,3 \text{ g/l}$ (*Cánovas Cuenca*) pueden provocar problemas. El análisis de agua indica un valor para el contenido en sodio de $17,6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Pasados a g/l , da lugar a $0,0176 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, de tal forma que las plantas están exentas de fitotoxicidad por sodio.
- **Sulfatos** (SO_4^{2-}): Los problemas que puede ocasionar este anión es que puede ocasionar problemas de corrosión en las tuberías, si estas son de hormigón. Se considera riesgo de corrosión alto para concentraciones de sulfatos del orden de $300 - 400 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Calculamos si el agua analizado puede presentar algún riesgo para las instalaciones. El agua objeto del proyecto presenta un valor de $48,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de sulfatos de tal manera, que no presentara problemas iniciales de corrosión de las instalaciones.
- **Nitratos** (NO_3^-): El nitrógeno es un elemento esencial para las plantas, ya que forma parte de un gran número de compuestos orgánicos como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y clorofila. El aporte de nitrógeno puede ser beneficioso para los cultivos, pero un aporte excesivo de este elemento puede originar importantes desarreglos nutricionales, lo que se puede traducir en manifestaciones tales como desarrollo excesivo, retraso de la época de maduración, pérdida de calidad de las cosechas, disminución de la productividad, etc. Los cultivos sensibles resultan perjudicados por concentraciones superiores a 5 ppm , mientras que la mayor parte de los mismos toleran valores de al menos 30 ppm . En el análisis sólo

aparece la cantidad de nitratos, pero debido al origen del agua, se considera que la cantidad de nitrógeno puede ser equivalente a la de nitratos. La cantidad de nitratos es inferior a $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, lo que es lo mismo 1ppm. El cultivo no se verá afectado por esta cantidad. Si no que precisara de aplicaciones de nitrógeno para cubrir exigencias del cultivo del olivo.

- **Cloruros** (Cl⁻): Este anión tiene una gran influencia sobre los cultivos, y por ello, es conveniente controlar su concentración en el agua de riego, ya que un exceso del mismo puede dar lugar a la clorosis foliar sobre todo en zonas de mayor iluminación además de generar condiciones adversas para el cultivo. El problema que puede presentar una alta concentración, es el aumento de la salinidad ya que es muy soluble, provocando un aumento del potencial osmótico con lo que ello conlleva. El agua de este proyecto presenta un valor de 0,0255 g/l de cloruros, siendo su presencia no toxica para la planta.

CLORUROS (g·l ⁻¹)	CLASIFICACIÓN
< 0,3	No tóxico
0,3 – 0,7	Toxicidad media
> 0,7	Toxicidad alta

Tabla 7. Valoración del contenido en cloruros del agua de riego.

El agua nos presenta un riesgo moderado en cuanto a la concentración de cloruros pero no nos proporciona ningún impedimento para su uso.

- **Magnesio** (Mg²⁺): El magnesio es un elemento esencial en la nutrición vegetal. Por eso, el aporte que pueda producirse por parte del agua de riego será favorable para el cultivo, ya que debido a la procedencia de ésta, no es probable que el exceso de este elemento dañe al cultivo. La cantidad de magnesio presente en el agua de riego es de $0,0102 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$. El resultado nos indica que el magnesio aunque presente en el agua, se encuentra en unos niveles muy bajos por lo que no nos presentara ningún problema.

5.3.5. Criterio de fitotoxicidad

Para evaluar el riesgo de inducir toxicidad de un agua de riego, y siguiendo la clasificación de la F.A.O. (Ayers y Westcott, 1976)¹, en cuanto a sodio, cloruro y boro se refiere, se obtienen las siguientes conclusiones:

ION	RIESGO DE FITOTOXICIDAD		
	Inexistente	Problema creciente	Problema grave
Na ⁺ (meq·l ⁻¹)	< 3	3 – 9	> 9
Cl ⁻ (meq·l ⁻¹)	< 4	4 – 10	> 10
SO ₄ ⁻² (g·l ⁻¹)	< 1,0	1,0 – 1,5	> 1,5
B ⁺ (mg·l ⁻¹)	< 0,7	0,7 – 2,0	> 2,0

Tabla 8. Evaluación del riesgo de fitotoxicidad del agua de riego.

¹ Ayers, R.S. y Westcott, D.W. (1976) *Laboratory studies on salt distribution in furrow irrigated soil with special reference to the pre-emergence period*. Soil Science, Vol. 83, 249-263.

En este caso, como se tiene unas cantidades de $1,305 \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$ de Na^+ , $0,719 \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$ de Cl^- , $0,0484 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ de SO_4^{2-} y $0,018 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de B^+ , se puede considerar que no hay problemas de fitotoxicidad.

5.4. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO

Estos índices miden el efecto combinado de dos o más sustancias que se hallen disueltas en el agua de riego. Tienen gran importancia aquellos que relacionan la interacción entre el calcio y el sodio, y su influencia en la estructura del suelo. En nuestro caso se necesitara saber cómo interactuaran con otros elementos para evitar toxicidades.

5.4.1. Índice de Relación de Absorción de Sodio (S.A.R.)

El índice S.A.R. (Relación de absorción del sodio) da la idea del riesgo de sodificación del complejo de cambio, es decir, de la degradación de la estructura del suelo. Este índice hace referencia a la proporción relativa del ion sodio y los iones de calcio y magnesio, calculándose mediante la siguiente fórmula.

$$\text{S.A.R.} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\frac{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}{2}}} \quad [5]$$

donde:

S.A.R. relación de absorción de sodio
 $[\text{Na}^+]$ concentración de sodio $[\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}]$
 $[\text{Ca}^{2+}]$ concentración de calcio $[\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}]$
 $[\text{Mg}^{2+}]$ concentración de magnesio $[\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}]$

S.A.R. (-)	RIESGO DE SODIFICACIÓN
0 - 10	Bajo
10 - 18	Medio
18 - 26	Alto
> 26	Muy alto

Tabla 9. Valoración del riesgo de sodificación del agua de riego.

En este caso, como se tiene un índice de 0,985 se puede decir que el agua tiene un riesgo bajo de sodificación.

5.4.2. Índice de Carbonato Sódico Residual (C.S.R.)

El índice C.S.R. (Carbonato sódico residual) habla sobre la acción degradante del agua, esta vez, relacionado con las cantidades de carbonatos en el agua. Así pues, indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes de calcio y magnesio con los aniones de carbonato y bicarbonato. Se calcula mediante la siguiente expresión, los iones están en expresados en $\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$.

$$\text{C.S.R.} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_3\text{H}^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \quad [6]$$

donde:

[CO₃²⁻] concentración de carbonatos [meq·l⁻¹]
 [Ca⁺] concentración de sodio [meq·l⁻¹]
 [Mg⁺] concentración de magnesio [meq·l⁻¹]

C.S.R. (meq·l ⁻¹)	RIESGO DEGRADACIÓN	CALIDAD
< 1,25	BAJO	Recomendable
1,25 – 2,50	MEDIO	Poco Recomendable
> 2,50	ALTO	No Recomendable

Tabla 10. Valoración del riesgo de degradación a partir del CSR.

En este caso, como se tiene un índice de 1,016 el agua es recomendable, el riesgo de degradación es inapreciable.

5.4.3. Dureza de agua

El grado de dureza se refiere al contenido en calcio del agua. A pesar de que son varios los iones metálicos que influyen en este parámetro, sólo son dos los que definen la dureza del agua, el calcio y el magnesio. Las aguas de riego pueden considerarse duras o blandas en función del contenido de dichos iones metálicos. Las aguas duras son aquellas cuyos contenidos en estos iones es muy alto mientras que las aguas blandas tienen un bajo contenido de iones metálicos. Las aguas duras son poco recomendables para el riego pues pueden dar lugar a un exceso de salinidad del agua provocando toxicidad al cultivo, así como pueden provocar obstrucciones que deterioran la instalación de riego. Se expresa en grados hidrométricos franceses (°F) y se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Dureza} = \frac{(2,5\text{Ca}^{2+}) + (4,12\text{Mg}^{2+})}{10} \quad [7]$$

donde:

[Ca⁺] concentración de sodio [meq·l⁻¹]
 [Mg⁺] concentración de magnesio [meq·l⁻¹]

DUREZA (°F)	CATEGORÍA
≤ 7	Muy blanda
7 – 14	Blanda
14 – 22	Semiblanda
22 – 32	Semidura
32 – 54	Dura
> 54	Muy dura

Tabla 11. Clasificación de la dureza del agua.

En este caso, como se tiene un índice de dureza de 17,67 °F, el agua se enmarca dentro de la categoría de blanda, por lo que los riegos por precipitación y posible obstrucción de las tuberías son bajos.

5.4.4. Coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott)

Este índice se define como la altura de agua que al evaporarse dejaría en un terreno vegetal álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles. Para el cálculo del mismo, se diferencia según los diferentes casos:

- **Caso 1:** $([Na^+] - 0,65 \cdot [Cl^-]) \leq 0$

$$K = \frac{2046}{[Cl^-]} \quad [8]$$

- **Caso 2:** $0 < ([Na^+] - 0,65 \cdot [Cl^-]) < (0,48 \cdot [SO_4^{2-}])$

$$K = \frac{6620}{[Na^+] + 2,6[Cl^-]} \quad [9]$$

- **Caso 3:** $0 < ([Na^+] - 0,65 \cdot [Cl^-]) > (0,48 [SO_4^{2-}])$

$$K = \frac{6620}{[Na^+] - 0,32[Cl^-] - 0,48[SO_4^{2-}]} \quad [10]$$

En este caso el agua objeto de estudio se sitúa en la condición expuesta en el *Caso 1*. Expresando las concentraciones de los distintos iones en $mg \cdot l^{-1}$ se obtiene un valor de Índice de Scott de 80,23, por lo que, según la *Tabla 12* el agua analizada se enmarca dentro de la categoría de buena, por lo que no es necesario tomar precauciones.

K	CALIDAD	RECOMENDACIONES
> 18	BUENA	No es necesario.
6 – 18	TOLERABLE	Emplear con precaución.
1,2 – 6	MEDIOCRE	Sólo en suelos con muy buen drenaje.
< 1,2	MALA	No utilizable.

Tabla 12. Evaluación de la calidad del agua según el Índice de Scott.

5.4.5. Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

El PSI ha de ser menor del 10% para evitar posibles dificultades. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$PSI = \frac{100(0.01475 \cdot SAR - 0.0126)}{1 + (0.01475 \cdot SAR - 0.0126)} = \frac{100(0.01475 \cdot 0,985 - 0.0126)}{1 + (0.01475 \cdot 0,985 - 0.0126)} = 0,192\% \quad [11]$$

El valor obtenido no llega al valor indicado como índice de riesgo por lo que no tendremos problemas con el sodio.

5.5. NORMAS

Utilizando todos los datos analizados en el apartados anteriores, se pueden calcular y tomar las decisiones finales que determinen tanto la viabilidad del agua analizada para el riego, como las medidas necesarias que hay que tomar (en el caso de que fuesen necesarias), para la corrección de algún parámetro. Las más comunes son: Norma Riverside, Normas Green, Norma FAO, Normas Wilcox.

5.5.1. Normas Riverside

Esta norma, apoyándose en los valores de conductividad eléctrica y SAR, establece diferentes categorías de aguas. Se establecen categorías de la forma CISJ, donde C hace referencia al riesgo de salinidad y S al peligro de fitotoxicidad por sodio. Los valores de (I) y (J) varían de 1 – 4. Cuanto más alto sea el subíndice más riesgo existe.

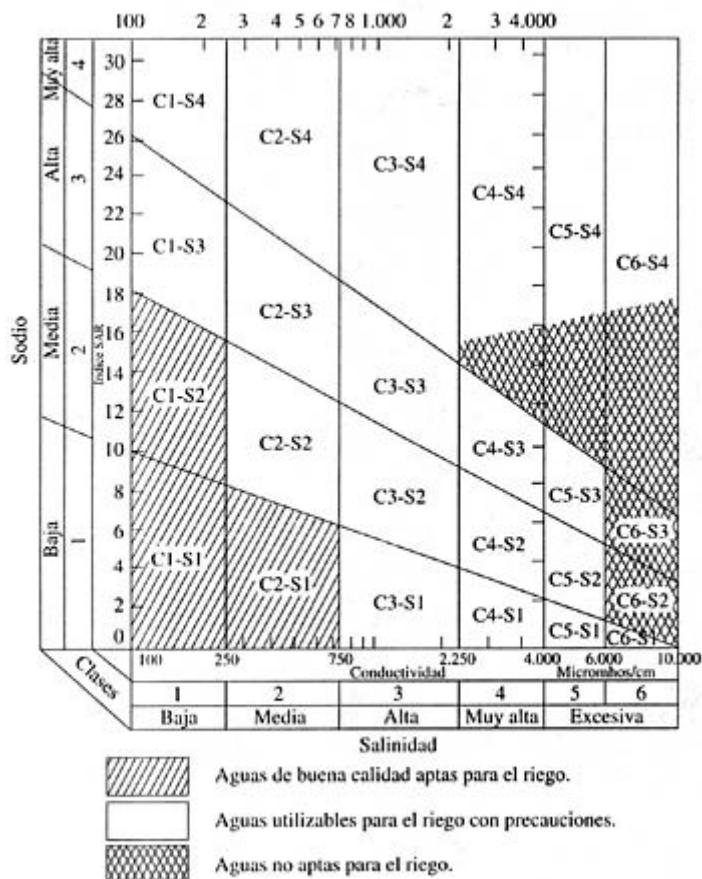


Figura 1. Clasificación del agua de riego según las Normas Riverside (Cánovas, 1986)².

A continuación se presenta una tabla donde se describen los diferentes tipos.

TIPO	CALIDAD Y NORMAS DE USO
C 1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad.
C 2	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C 3	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad.
C 4	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C 5	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.

² Cánovas, J. (1986) *Calidad agronómica de las aguas de riego*. Servicio de extensión agraria. Madrid.

C 6	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S 1	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S 2	Agua con contenido medio de sodio, y por tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
S 3	Agua con alto contenido de sodio y gran peligro de acumulación del sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y el empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S 4	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Tabla 13. Categorías de agua y normas de uso según la Norma Riverside.

Según el gráfico anterior, la tabla de clasificación y teniendo en cuenta nuestros datos, la clasificación del agua de riego es C2 – S1, por lo que presenta un peligro de salinización medio y un peligro de sodificación bajo. En este sentido el agua es apta para el riego.

5.5.2. Normas H. Green

Fueron establecidas por H. Green teniendo en cuenta la concentración total de sales, y el porcentaje de sodio existente, en relación al total de cationes. Si el resultado obtenido del gráfico indica que la calidad del agua es buena no se tendrá la total certeza de que es buena, pero si indica que la calidad del agua es mala, realmente habrá que considerarla como mala y desaconsejar su uso. Es decir, este parámetro no sirve tanto para afirmar con rotundidad que un agua es buena para el riego, sino más bien para desecharla en el caso de que esta quede dentro del rango de calidad mala o regular.

$$[\text{Sales totales}] = [\text{Aniones}] + [\text{Cationes}] = 4,839 + 1,752 = 6,615 \text{ meq l}^{-1} \quad [12]$$

$$\% \text{ Sodio} = \frac{[\text{Na}^{+2}]}{[\text{Cationes}]} \cdot 100 = \frac{1,305}{4,839} \cdot 100 = 26,96\% \quad [13]$$

donde:

$\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{Cationes}]}$ concentración de sodio $[\text{meq} \cdot \text{l}^{-1}]$
concentración de cationes $[\text{meq} \cdot \text{l}^{-1}]$

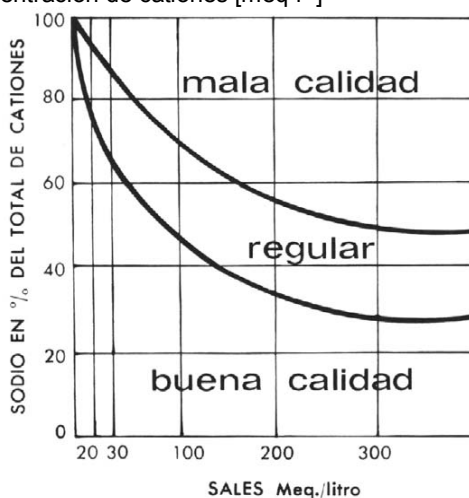


Figura 2. Clasificación del agua de riego según la Normas H. Green (Cánovas, 1986).

Dados los resultados obtenidos en los análisis, observamos en el diagrama, que nuestro agua queda dentro del rango de agua con buena calidad. De este modo y sin tener en cuenta el resto de parámetros afirmaremos que se trata de un agua apta para el riego.

5.5.3. Normas Wilcox

Según L. V. Wilcox se establecen unos principios de sistematización de las aguas, en función de la conductividad eléctrica ($343 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) y el % de sodio respecto del total de cationes analizados (26,96%) mediante un sencillo diagrama. Llevando estos resultados al diagrama Wilcox, se obtiene, que la calidad del agua del riego es de excelente a buena.

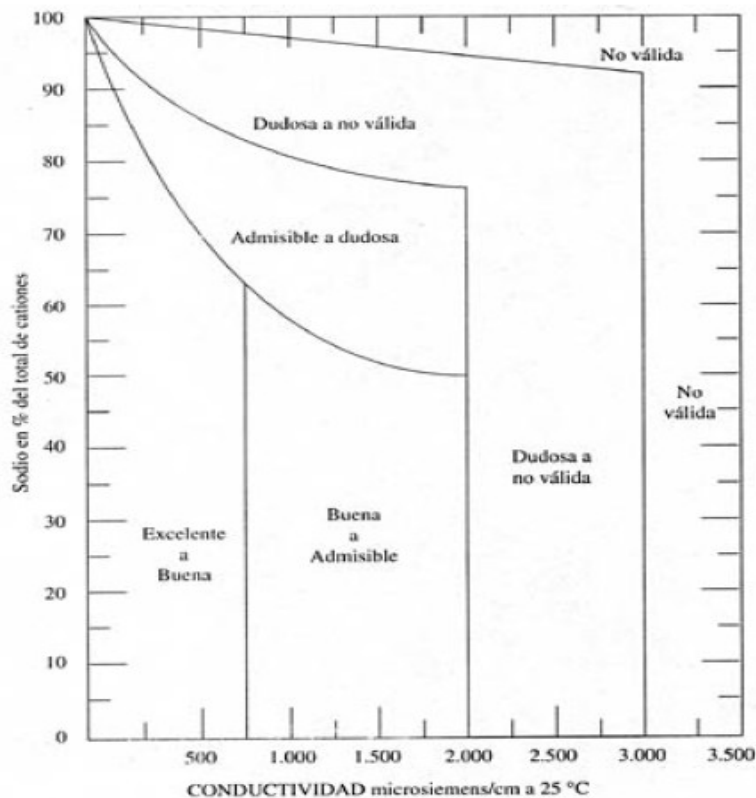


Figura 3. Clasificación del agua de riego según las Normas Wilcox (Cánovas, 1986).

5.5.4. Normas FAO

Para determinar los riesgos de salinización debido al agua de riego, FAO en función de la conductividad eléctrica propone la siguiente tabla:

C.E. ($\text{mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	RIESGO DE SALINIZACIÓN
< 0,7	No hay problemas
0,7 < CE < 3,0	Problema creciente
> 3,0	Problema grave

Tabla 14. Evaluación del riesgo de salinización en función de la CE.

El agua objeto de estudio muestra una conductividad eléctrica de $0,343 \text{ mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$, por lo que atendiendo a las normas FAO, presenta un riesgo de salinización nulo.

5.6. CONCLUSIONES

En vista a los resultados obtenidos en los diferentes parámetros se puede concluir que el agua analizada reúne unas condiciones de calidad que la hacen APTA para el uso como agua de riego para el cultivo del olivo, así como se prevé que no perjudicará la instalación de riego.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 5

ESTUDIO DE NECESIDADES HÍDRICAS

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA	5
2.1. EL MÉTODO FAO PENMAN - MONTEITH.....	5
2.2. FACTORES METEOROLÓGICOS QUE DETERMINAN LA ET_0	5
2.2.1. <i>Radiación solar</i>	6
2.2.2. <i>Temperatura del aire</i>	6
2.2.3. <i>Humedad del aire</i>	6
2.2.4. <i>Velocidad del viento</i>	6
2.3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	6
2.3.1. <i>Parámetros atmosféricos</i>	7
2.3.2. <i>Humedad del aire</i>	7
2.3.3. <i>Radiación</i>	8
2.3.4. <i>Velocidad del viento</i>	11
2.4. RESULTADOS OBTENIDOS.....	12
3. DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO	14
3.1. COEFICIENTE DE CULTIVO.....	14
3.2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	14
3.2.1. <i>Transpiración del olivar</i>	15
3.2.2. <i>Evaporación desde la superficie del suelo</i>	16
3.2.3. <i>Evaporación desde la superficie humedecida por los goteros</i>	17
3.3. RESULTADOS OBTENIDOS	17
4. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA	19
4.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	19
4.2. RESULTADOS OBTENIDOS	19
5. ESTABLECIMIENTO DEL RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO.....	20
5.1. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DISPONIBLE	20
5.2. ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA ÚTIL	21

6. ESTUDIO DE ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO	22
6.1. CICLO DEL CULTIVO.....	22
6.2. ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN OLIVAR EN ACEITUNA DE MESA EN CALIFORNIA.....	23
6.2.1. <i>Estrategias de riego</i>	23
6.2.2. <i>Resultados</i>	23
6.3. ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN CATALUÑA	23
6.3.1. <i>Estrategias de riego</i>	23
6.3.2. <i>Resultados</i>	24
6.4. ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN ANDALUCÍA.....	24
6.4.1. <i>Estrategias de riego</i>	24
6.4.2. <i>Resultados</i>	24
6.5. ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN ANDALUCÍA.....	25
6.5.1. <i>Estrategias de riego</i>	25
6.5.2. <i>Resultados</i>	25
6.6. CONCLUSIONES.....	26
7. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.....	27
7.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	27
7.2. PROGRAMACIÓN 1	28
7.3. PROGRAMACIÓN 2	29
8. BIBLIOGRAFÍA.....	31

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del riego es completar el aporte hídrico del agua de lluvia para satisfacer las necesidades de las plantas, tratando de realizar la aplicación de una manera eficiente y racional y sin alterar la fertilidad del suelo.

El estudio de necesidades hídricas es el componente fundamental de todo proyecto de riego y es la parte del mismo en la que los errores tienen consecuencias más graves.

El objetivo de este Anejo es el de conocer las necesidades hídricas totales del cultivo así como su distribución a la largo del año con el fin de optimizar el diseño hidráulico de la instalación de riego.

2. DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

2.1. EL MÉTODO FAO PENMAN - MONTEITH

La evapotranspiración de referencia o evapotranspiración potencial del cultivo (ET_0) ha sido determinada mediante el método descrito en la publicación de la Serie de Riego y Drenaje de la FAO nº56 "Evapotranspiración del cultivo" (Allen et al., 1998 o Allen et al., 2006 en la edición en castellano) ya que es considerado un método de referencia mundial por ser el que mejor se adapta a las diferentes condiciones climáticas existentes en todo el planeta. No obstante, la aplicación de este método requiere una serie de variables climáticas que, en muchos casos, no se encuentran a disposición del proyectista.

Este método es el denominado de FAO Penman – Monteith y es el resultado de los trabajos realizados por un panel de expertos e investigadores del riego organizado por la FAO en 1990 en colaboración con la Comisión Internacional para el Riego y Drenaje y con la Organización Meteorológica Mundial con el fin de revisar las metodologías previamente propuestas por la propia FAO para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos.

El método FAO Penman – Monteith fue seleccionado por la FAO para calcular la ET_0 por su capacidad para proporcionar resultados similares a los que se obtienen recurriendo a las mediciones directas e indirectas de ET en cubiertas cespitosas, por tener una base física sólida y por incorporar tanto parámetros fisiológicos como aerodinámicos.

El método ha sido desarrollado haciendo uso de la definición del cultivo de referencia como un cultivo hipotético con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial de $70 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y un albedo de 0,23 y que representa a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado.

2.2. FACTORES METEOROLÓGICOS QUE DETERMINAN LA ET_0

Los factores meteorológicos que determinan la evapotranspiración son los componentes del clima que proporcionan energía para la vaporización y extraen vapor de agua de una superficie evaporante.

A continuación se presentan los principales parámetros meteorológicos que se considerarán a la hora de determinar la evapotranspiración potencial:

2.2.1. Radiación solar

El proceso de la evapotranspiración está determinado por la cantidad de energía disponible para evaporar el agua. La cantidad potencial de radiación que puede llegar a una superficie evaporante viene determinada por su localización y época del año. Esta cantidad potencial de radiación es diferente para cada latitud y para las diversas estaciones del año.

La radiación solar real que alcanza la superficie evaporante depende de la claridad de la atmósfera y de la presencia de nubes que reflejan y absorben cantidades importantes de la radiación. Cuando se determina el efecto de la radiación solar en la evapotranspiración se debe también considerar que no toda la energía disponible se utiliza para evaporar el agua. Parte de la energía solar se utiliza también para calentar la atmósfera y el suelo.

2.2.2. Temperatura del aire

La radiación solar absorbida por la atmósfera y el calor emitido por la tierra elevan la temperatura del aire. El calor sensible del aire circundante transfiere energía al cultivo y entonces ejerce un cierto control en la tasa de evapotranspiración. En un día soleado y cálido, la pérdida de agua por evapotranspiración será mayor que en un día nublado y fresco.

2.2.3. Humedad del aire

Mientras que el aporte de energía del sol y del aire circundante es la fuerza impulsora principal para la evaporación del agua, la diferencia entre la presión de vapor de agua en la superficie evaporante y el aire circundante es el factor determinante para la pérdida de vapor por parte del cultivo.

2.2.4. Velocidad del viento

El proceso de pérdida de vapor depende en gran medida del viento y de la turbulencia del aire, los cuales transfieren grandes cantidades de aire hacia la superficie evaporante. Con la evaporación del agua, el aire sobre la superficie evaporante se satura gradualmente con vapor. Si este aire no se sustituye continuamente por un aire más seco, disminuye la intensidad de pérdida de vapor de agua y la tasa de evapotranspiración disminuye.

2.3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La ecuación general propuesta por el método es la siguiente:

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad [1]$$

donde:

ET_0	evapotranspiración de referencia ($\text{mm} \cdot \text{día}^{-1}$)
R_n	radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)
G	flujo de calor desde el suelo ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)
T	temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)
u_2	velocidad del viento a 2 m de altura ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
e_s	presión de vapor de saturación (kPa)
e_a	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
Δ	pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$)
γ	constante psicrométrica ($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

A continuación se muestra el procedimiento del cálculo de cada uno de los parámetros implicados en la *Ecuación 1*. Mediante la aplicación de esta ecuación se obtendrá un valor diario de evapotranspiración para cada mes (día 15 de cada mes). El producto de este valor por el número de días de mes permitirá obtener la evapotranspiración potencial mensual.

2.3.1. Parámetros atmosféricos

Constante psicrométrica

La constante psicrométrica que relaciona la presión de vapor de saturación a temperatura de bulbo húmedo con la temperatura y presión de vapor actual del aire viene dada por la expresión:

$$\gamma = \frac{c_p \cdot P}{\varepsilon \cdot \lambda} = 0,66510^{-3} \quad [2]$$

donde:

γ	constante psicrométrica [kPa·°C ⁻¹]
P	presión atmosférica [kPa]
λ	calor latente de vaporización [MJ·kg ⁻¹]
c_p	calor específico a presión constante [MJ·kg ⁻¹ ·°C ⁻¹]
ε	cociente del peso molecular vapor de agua/aire seco [0,622]

El calor latente de vaporización es la energía necesaria para evaporar una unidad de masa de agua. Su valor sufre apenas variaciones ligeras para las temperaturas por encima de 20°C, por lo que es usual tomar el valor de 2,45 MJ·kg⁻¹.

Presión atmosférica

La presión atmosférica (P) puede calcularse por medio de una ecuación simplificada, obtenida a partir de la ley de un gas perfecto:

$$P = 1013 \cdot \left(\frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26} \quad [3]$$

donde:

P	presión atmosférica [kPa]
z	elevación sobre el nivel del mar [m]

2.3.2. Humedad del aire

Presión de vapor de saturación (e_s)

La presión de saturación de vapor puede ser calculada en función de la temperatura del aire, pues depende de ella. La relación entre ambas variables se expresa como:

$$e^o(T) = 0,6108 \exp \left[\frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3} \right] \quad [4]$$

donde:

$e^o(T)$	presión de vapor de saturación a la temperatura del aire [kPa]
T	temperatura del aire [°C]

Debido a la característica no-lineal de la *Ecuación 4*, la presión media de saturación de vapor para un periodo de tiempo, debe ser calculada como el promedio de la presión de saturación de vapor a la temperatura máxima media y la presión de saturación de vapor a la temperatura mínima media del aire para este periodo:

$$e_s = \frac{e^{\circ}(T_{\max}) + e^{\circ}(T_{\min})}{2} \quad [5]$$

Pendiente de la curva e presión de saturación de vapor (Δ)

Para el cálculo de la evapotranspiración, se requiere calcular la pendiente de la relación entre la presión de saturación de vapor y la temperatura. La pendiente de la curva a una temperatura dada viene expresada por:

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 \exp\left(\frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3}\right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad [6]$$

donde:

Δ	pendiente de la curva de la presión de saturación de vapor a la temperatura del aire [kPa·°C ⁻¹]
T	temperatura del aire [°C]

Presión real de vapor

$$e_a = \frac{e^{\circ}(T_{\min}) \cdot \frac{HR_{\max}}{100} + e^{\circ}(T_{\max}) \cdot \frac{HR_{\min}}{100}}{2} \quad [7]$$

donde:

e_a	presión real de vapor [kPa]
$e^{\circ}(T_{\min})$	presión de saturación de vapor a la temperatura mínima [kPa]
$e^{\circ}(T_{\max})$	presión de saturación de vapor a la temperatura máxima [kPa]
HR_{\max}	humedad relativa máxima [%]
HR_{\min}	humedad relativa mínima [%]

Déficit de presión de vapor ($e_s - e_a$)

El déficit de presión de vapor es la diferencia entre la presión de saturación de vapor (e_s) y la presión real de saturación de vapor (e_a) durante un determinado periodo.

2.3.3. Radiación

Radiación extraterrestre media diaria mensual sobre el plano horizontal (R_a)

La radiación extraterrestre, R_a , para cada día del año y para diversas latitudes se puede estimar a partir de la constante solar, la declinación solar y la época del año:

$$R_a = \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r \cdot [\omega_s \cdot \text{sen}(\varphi) \cdot \text{sen}(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \text{sen}(\omega)] \quad [8]$$

donde:

R_a	radiación extraterrestre [$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$]
G_{sc}	constante solar = $0,082 \text{ [MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}]$
d_r	distancia relativa inversa Tierra-Sol
ω_s	ángulo de radiación a la puesta del sol [rad]
φ	latitud [rad]
δ	declinación solar [rad]

La distancia relativa inversa Tierra-Sol y la declinación están dadas por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot J}{365}\right) \quad [9]$$

$$\delta = 0,409 \text{sen}\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot J}{365} - 1,39\right) \quad [10]$$

Donde J es el número del día del año entre 1 (1 de enero) y 365 (31 de diciembre). Para cálculos mensuales, J en el día 15 de cada mes viene dado aproximadamente por:

$$J = \text{ENT} (30,4m - 15) \quad [11]$$

donde:

M	mes del año
---	-------------

El ángulo de radiación a la hora de la puesta del sol se da por:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)] \quad [12]$$

Duración máxima de la insolación (N)

La duración máxima de la insolación está dada por:

$$N = \frac{24}{\pi} \cdot \omega_s \quad [13]$$

Radiación media diaria mensual global sobre el plano horizontal (R_s)

Pese a que el método proporciona una expresión para su cálculo, en este proyecto contamos con mediciones directas de radiación media diaria mensual global sobre el plano horizontal.

Radiación media diaria mensual global sobre el plano horizontal en un día despejado (R_{so})

La radiación en días despejados, cuando la insolación es máxima, puede ser calculada de la siguiente forma:

$$R_{s0} = (0,75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) R_a \quad [14]$$

donde:

z elevación de la ubicación sobre el nivel del mar [m]

Radiación neta de onda corta

La radiación neta de onda corta resultante del equilibrio entre la radiación solar entrante y la reflejada está dada por:

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad [15]$$

donde:

R_{ns} radiación neta de onda corta [$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$]
 α Albedo del cultivo que es 0,23 para el cultivo de referencia [-]
 R_s Radiación solar entrante [$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$]

Radiación neta de onda larga (R_{nl})

La cantidad de emisión de energía de onda larga es proporcional a la temperatura absoluta de la superficie elevada a la cuarta potencia. Esta relación se expresa cuantitativamente por la ley de Stefan-Boltzmann. Se debe tener en cuenta que el flujo de energía neta que sale de la superficie de la terrestre es menor que la calculada y dada por la ley de Stefan-Boltzmann debido a la absorción y radiación devuelta del cielo. El vapor de agua, las nubes, el dióxido de carbono y el polvo absorben y emiten radiación de onda larga. Por ello se deben conocer sus concentraciones para determinar el flujo saliente neto. Como la humedad y la nubosidad tienen un papel importante, la ley de Stefan-Boltzmann se corrige por estos dos factores cuando se estima el flujo saliente neto de la radiación de onda larga. De tal modo que se asume que las concentraciones de los otros factores de absorción de radiación son constantes:

$$R_{nl} = \sigma \cdot \left[\frac{T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4}{2} \right] \cdot \left(0,34 - 0,14 \cdot \sqrt{e_a} \right) \cdot \left(1,35 \cdot \frac{R_s}{R_{s0}} - 0,35 \right) \quad [16]$$

donde:

R_{nl} radiación neta o de onda larga [$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$]
 σ constante de Stefan-Boltzman [$4,903 \cdot 10^{-9} \text{ MJ} \cdot \text{K}^{-4} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$]
 $T_{\max,K}$ temperatura máxima absoluta durante un periodo de 24 h [K]
 $T_{\min,K}$ temperatura mínima absoluta durante un periodo de 24 h [K]
 e_a presión de vapor [kPa]
 R_s/R_{s0} radiación relativa de onda corta [-]

Radiación neta (R_n)

La radiación neta es la diferencia entre la radiación de onda corta y la radiación neta de onda larga. Es el equilibrio entre la energía absorbida, reflejada y emitida por la superficie terrestre o la diferencia entre la radiación de onda corta entrante neta (R_{ns}) y la radiación de onda larga saliente neta (R_{nl}).

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad [17]$$

2.3.4. Velocidad del viento

Para el cálculo de la evapotranspiración, se requiere la velocidad del viento medida a 2 m sobre la superficie. Para ajustar los datos de velocidad del viento obtenidos de instrumentos situados a elevaciones diferentes a la altura estándar de 2 m, se puede usar la siguiente relación logarítmica:

$$u_2 = u_z \cdot \frac{4,87}{\ln(67,8 \cdot z - 5,42)} \quad [18]$$

donde:

u_2	velocidad del viento a 2 m sobre la superficie [m/s]
u_z	velocidad del viento a z m sobre la superficie [m/s]
z	altura de medición sobre la superficie [m]

No obstante disponemos de datos de velocidad de viento medido a 2 m de altura, por lo que no será necesario el empleo de esta expresión.

2.4. RESULTADOS OBTENIDOS

	T _{max} °C	T _{min} °C	T _{media} °C	Altitud m	Presión kPa	u ₂ m·s ⁻¹	Δ kPa·°C ⁻¹	γ kPa·°C ⁻¹
Enero	9,5	1,4	5,2	365	97,06	2,8	0,0615	0,0645
Febrero	11,8	2,1	6,7	365	97,06	3,3	0,0676	0,0645
Marzo	15,8	4,5	9,8	365	97,06	3,6	0,0812	0,0645
Abril	18,7	7,6	12,8	365	97,06	3,2	0,0967	0,0645
Mayo	23,2	11,2	16,9	365	97,06	2,5	0,1219	0,0645
Junio	28,1	14,5	21,0	365	97,06	2,3	0,1527	0,0645
Julio	31,0	16,2	23,2	365	97,06	2,3	0,1715	0,0645
Agosto	29,4	15,7	22,0	365	97,06	2,5	0,1612	0,0645
Septiembre	25,7	13,3	19,1	365	97,06	2,2	0,1378	0,0645
Octubre	20,7	10,3	15,1	365	97,06	2,1	0,1104	0,0645
Noviembre	13,9	5,7	9,6	365	97,06	2,7	0,0804	0,0645
Diciembre	8,9	1,2	4,9	365	97,06	2,7	0,0604	0,0645

Tabla 1. Resultados relativos a los parámetros atmosféricos.

	e ^o (T _{max}) kPa	e ^o (T _{min}) kPa	e _s kPa	HR _{max} %	HR _{min} %	e ^o (T _{min})·HR _{max} /100 kPa	e ^o (T _{max})·HR _{min} /100 kPa	e _a kPa	e _s -e _a kPa
Enero	1,1847	0,6748	0,9298	91,9	63,1	0,6202	0,7475	0,6838	0,2459
Febrero	1,3818	0,7111	1,0465	87,2	49,0	0,6201	0,6765	0,6483	0,3982
Marzo	1,7971	0,8425	1,3198	83,0	39,2	0,6991	0,7039	0,7015	0,6183
Abril	2,1614	1,0403	1,6009	85,2	39,8	0,8866	0,8601	0,8733	0,7275
Mayo	2,8381	1,3265	2,0823	83,5	37,1	1,1072	1,0536	1,0804	1,0019
Junio	3,8119	1,6507	2,7313	80,7	30,7	1,3321	1,1702	1,2512	1,4801
Julio	4,5012	1,8440	3,1726	77,3	26,5	1,4246	1,1950	1,3098	1,8628
Agosto	4,0904	1,7851	2,9377	76,6	29,6	1,3672	1,2102	1,2887	1,6490
Septiembre	3,2973	1,5307	2,4140	80,6	34,8	1,2339	1,1481	1,1910	1,2230
Octubre	2,4348	1,2561	1,8454	86,7	45,8	1,0884	1,1158	1,1021	0,7433
Noviembre	1,5840	0,9142	1,2491	86,6	54,4	0,7913	0,8610	0,8261	0,4230
Diciembre	1,1380	0,6670	0,9025	89,7	61,4	0,5983	0,6988	0,6485	0,2540

Tabla 2. Resultados relativos a la humedad del aire.

	Latitud (°) °	Latitud (rad) rad	Día -	G_{sc} $MJ \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$	d_r	δ rad	ω_s rad	n h/día	R_a $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	N h/día	n/N -	R_s $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	R_{so} $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	R_g/R_{so} $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$
Enero	42,22	0,7369	15	0,082	1,0319	-0,3702	1,2109	5,28	13,6429	9,3	0,5705	6,2263	10,3318	0,6026
Febrero	42,22	0,7369	45	0,082	1,0236	-0,2361	1,3507	7,10	18,8650	10,3	0,6881	9,6287	14,2864	0,6740
Marzo	42,22	0,7369	76	0,082	1,0086	-0,0334	1,5405	9,01	26,7351	11,8	0,7653	14,4297	20,2465	0,7127
Abril	42,22	0,7369	106	0,082	0,9917	0,1722	1,7293	9,95	34,2790	13,2	0,7534	18,0857	25,9595	0,6967
Mayo	42,22	0,7369	137	0,082	0,9766	0,3370	1,8943	11,27	39,7743	14,5	0,7788	21,4984	30,1211	0,7137
Junio	42,22	0,7369	167	0,082	0,9682	0,4075	1,9732	12,02	41,8880	15,1	0,7974	25,1041	31,7218	0,7914
Julio	42,22	0,7369	197	0,082	0,9680	0,3717	1,9323	12,15	40,6411	14,8	0,8234	25,6308	30,7775	0,8328
Agosto	42,22	0,7369	228	0,082	0,9766	0,2332	1,7880	11,04	36,0194	13,7	0,8081	21,7938	27,2775	0,7990
Septiembre	42,22	0,7369	258	0,082	0,9912	0,0369	1,6043	9,79	29,0362	12,3	0,7991	16,6439	21,9891	0,7569
Octubre	42,22	0,7369	289	0,082	1,0086	-0,1754	1,4093	7,67	21,0171	10,8	0,7125	10,8891	15,9163	0,6842
Noviembre	42,22	0,7369	319	0,082	1,0232	-0,3350	1,2494	5,96	14,9052	9,5	0,6244	7,2334	11,2877	0,6408
Diciembre	42,22	0,7369	349	0,082	1,0318	-0,4072	1,1687	4,66	12,2072	8,9	0,5224	5,3829	9,2445	0,5823

Tabla 3.1. Resultados relativos a la radiación.

	$\sigma T_{max}, K^4$ $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	$\sigma T_{min}, K^4$ $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	$(\sigma T_{max}, K^4 + \sigma T_{min}, K^4) / 2$ $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	T_{mes} °C	T_{mes-1} °C	R_{ns} $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	R_{nl} $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	R_n $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	$G_{día}$ $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	G_{mes} $MJ \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$
Enero	31,29	27,85	29,56985427	5,2	4,9	4,7942	3,0736	1,7207	0,0000	0,0396
Febrero	32,32	28,15	30,23583938	6,7	5,2	7,4141	3,8474	3,5667	0,0000	0,2175
Marzo	34,19	29,14	31,66891161	9,8	6,7	11,1109	4,3181	6,7928	0,0000	0,4294
Abril	35,60	30,45	33,02047198	12,8	9,8	13,9260	4,0787	9,8473	0,0000	0,4200
Mayo	37,81	32,04	34,92395646	16,9	12,8	16,5538	4,1672	12,3866	0,0000	0,5727
Junio	40,41	33,57	36,99210992	21,0	16,9	19,3301	4,8737	14,4565	0,0000	0,5778
Julio	41,98	34,38	38,1844668	23,2	21,0	19,7357	5,3149	14,4208	0,0000	0,3052
Agosto	41,07	34,14	37,60650694	22,0	23,2	16,7813	4,9613	11,8199	0,0000	-0,1645
Septiembre	39,10	33,03	36,06789369	19,1	22,0	12,8158	4,5365	8,2793	0,0000	-0,4063
Octubre	36,54	31,67	34,10725533	15,1	19,1	8,3846	3,7764	4,6082	0,0000	-0,5609
Noviembre	33,28	29,64	31,45754595	9,6	15,1	5,5697	3,4474	2,1223	0,0000	-0,7687
Diciembre	31,02	27,79	29,40559451	4,9	9,6	4,1449	2,9142	1,2307	0,0000	-0,6619

Tabla 3.2. Resultados relativos a la radiación.

En la *Tabla 4* se muestran los resultados relativos al cálculo de la ET_0 , que asciende a un valor total anual de 1.249,5 mm.

	ET_0 (mm/día)	ET_0 (mm/mes)
Enero	0,9988	31,0
Febrero	1,7828	49,9
Marzo	2,9829	92,5
Abril	3,6656	110,0
Mayo	4,5248	140,3
Junio	5,7118	171,4
Julio	6,4066	198,6
Agosto	5,6681	175,7
Septiembre	4,0769	122,3
Octubre	2,4946	77,3
Noviembre	1,6190	48,6
Diciembre	1,0341	32,1
		1249,5

Tabla 4. Evapotranspiración potencial.

3. DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

3.1. COEFICIENTE DE CULTIVO

La evapotranspiración del cultivo es el producto de la evapotranspiración potencial (ET_0) por el coeficiente de cultivo (K_c).

El valor del coeficiente de cultivo de olivar no es constante a lo largo del año, variando entre valores máximos en primavera y otoño y valores mínimos en verano. Esta sensibilidad del K_c a las condiciones ambientales está relacionada con la sensibilidad de los estomas al déficit de presión de vapor (DPV), los cuales cierran parcialmente a medida que la DPV aumenta.

La ET_c del olivar objeto de proyecto ha sido calculada siguiendo el modelo descrito por Orgaz (2006).

3.2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Para una determinada demanda evaporativa (ET_0), la cantidad de agua perdida por evapotranspiración en un olivar es la suma de tres procesos:

$$ET_0 = E_p + E_s + E_{ws} \quad [19]$$

- TRANSPIRACIÓN DEL OLIVAR (E_p): que depende de su tamaño y de la época del año.
- EVAPORACIÓN DESDE LA SUPERFICIE DEL SUELO (E_s): que depende de la energía disponible y de su contenido en humedad.
- EVAPORACIÓN DESDE LA SUPERFICIE HUMEDECIDA POR LOS GOTEROS (E_{ws}): en el caso de la aplicación de riego localizado depende de la nivel de exposición al sol de la superficie humedecida, del tamaño de los bulbos y de la frecuencia de riegos.

De modo que el coeficiente de cultivo resulta la suma de tres componentes:

$$K_c = \frac{ET}{ET_0} = \frac{E_p + E_s + E_{ws}}{ET_0} = K_p + K_{s1} \cdot (1 - F_w) + K_{s2} \cdot (F_w) \quad [20]$$

- Coeficiente de transpiración (K_p)
- Coeficiente de evaporación desde la superficie del suelo (K_{s1})
- Coeficiente de evaporación desde la superficie humedecida por los goteros (K_{s2})

Todos estos factores están incluidos en el coeficiente de cultivo, por lo que este coeficiente es extraordinariamente variable a lo largo de los meses del año para las distintas combinaciones de marco de plantación, tamaño de los olivos, frecuencia de lluvias y sistema de riego empleado. A continuación se describe el procedimiento de cálculo de cada uno de tres procesos:

3.2.1. Transpiración del olivar

La transpiración del olivar está fundamentalmente controlada por su conductancia estomática. La conducción estomática del olivar presenta una variación estacional siguiendo un patrón específico, con valores más bajos en primavera y mayores en otoño.

A partir del complejo modelo de Testi et al. (2006) se ha parametrizado un modelo simple que calcula el coeficiente de transpiración como:

$$K_p = Q_d \cdot F_1 \cdot F_2 \quad [21]$$

donde:

Q_d	fracción de radiación solar interceptada por la copa del olivo [-]
F_1	parámetro de ajuste dependiente de la densidad de plantación [-]
F_2	parámetro de ajuste dependiente de la época del año [-]

En las siguientes tablas se muestran los valores de los parámetros de ajuste empleados en la expresión anterior (Ec. 21).

Mes	F_2
Enero	0,70
Febrero	0,75
Marzo	0,80
Abril	0,90
Mayo	1,05
Junio	1,25
Julio	1,25
Agosto	1,20
Septiembre	1,10
Octubre	1,20
Noviembre	1,10
Diciembre	0,70

Tabla 5. Valores del parámetro F_2 en función del mes del año.

D_p	F_1
<250	0,72
>250	0,66

Tabla 6. Valores del parámetro F_1 en función de la densidad de plantación

La fracción de radiación solar interceptada por la copa del olivo (Q_d) se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_d = 1 - e^{(-k_1 \cdot V_u)} \quad [22]$$

donde:

V_u volumen de copa por unidad de superficie de suelo [-]
 k_1 coeficiente de atenuación de la radiación [-]

El coeficiente de atenuación de la radiación atiende a la siguiente expresión:

$$k_1 = 0,52 + 0,79 \cdot 10^{-3} \cdot D_p - 0,76 e^{-1,25 L_d} \quad [23]$$

donde:

D_p densidad de plantación [olivos·ha⁻¹]
 L_d Densidad de área foliar (LAD) [m² de hoja/m³ de copa]

Siendo el área foliar:

$$L_d = 2 - \frac{0,8 \cdot (V_u - 0,5)}{1,5} \quad [24]$$

3.2.2. Evaporación desde la superficie del suelo

La evaporación desde el suelo después de una lluvia sigue un proceso de dos etapas. Tras el fenómeno, la evaporación desde el suelo está limitada únicamente por la energía disponible en la superficie del suelo (primera etapa) hasta que la humedad de la interfase suelo – agua se ha reducido lo suficiente para deducir la conductividad hidráulica del suelo (segunda etapa). Desde este punto, la evaporación desde la superficie del suelo resulta inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tiempo.

La evaporación del suelo en un olivar ha sido modelada por Bonachela et al. (1999); donde es una función de la frecuencia de lluvias (f_r) que lleva al suelo hasta las condiciones de primera etapa, la fracción de cobertura del suelo (F_{gc}) y la demanda evaporativa durante la primera etapa.

$$K_{s1} = \left[0,195 - 0,11 F_{gc} - 0,021 ET_0 + \frac{4,0 f_r \cdot (1 - f_r)}{ET_0} \right] \quad [25]$$

donde:

K_{s1} coeficiente de transpiración [-]
 F_{gc} fracción de suelo cubierto [m·s⁻¹]
 ET_0 evapotranspiración potencial [mm·día⁻¹]
 f_r frecuencia de lluvias en el mes [eventos·mes⁻¹]

El parámetro K_{s1} deberá alcanzar un valor mínimo determinado por la siguiente expresión:

$$K_{s1} \geq \frac{0,3}{ET_0} \quad [26]$$

Para determinar la fracción de suelo cubierto (F_{gc}) se emplea la siguiente ecuación:

$$F_{gc} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{D_p}{110^4} \quad [27]$$

donde:

D	diámetro de la copa del olivo [m]
D_p	densidad de plantación [olivos·ha ⁻¹]

3.2.3. Evaporación desde la superficie humedecida por los goteros

Pese a que la superficie humedecida por los goteros resulta una pequeña fracción de la superficie total, el agua se evapora más rápidamente en estos puntos ya que el suelo se encuentra en la fase uno bajo condiciones de riego de alta frecuencia.

Los principales factores que influyen sobre la evaporación desde la superficie humedecida son la radiación incidente sobre la superficie de los bulbos húmedos, la evapotranspiración potencial (ET_0) y la frecuencia de riego. La expresión que obtiene la fracción del coeficiente de cultivo debido a este fenómeno resulta:

$$K_{s2} = \frac{1,4 \cdot e^{-1,6 \cdot Q_d} + \left(4,0 \cdot \frac{\sqrt{i-1}}{ET_0} \right)}{i} \quad [28]$$

donde:

K_{s2}	coeficiente de evaporación desde la superficie mojada [-]
Q_d	fracción de radiación difusa interceptada [-]
ET_0	evapotranspiración potencial [mm·día ⁻¹]
i	Intervalo entre riegos [días]

El valor de K_{s2} tomará el valor calculado mediante la Ec.28 siempre y cuando se cumpla la siguiente condición:

$$K_{s2} \leq 1,4 \cdot e^{-1,6 \cdot Q_d} \quad [29]$$

3.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores de las componentes del coeficiente de cultivo y el coeficiente de cultivo calculado se muestran en la siguiente tabla:

	F_w	K_p	$K_{s1} \cdot (1-F_w)$	$K_{s2} \cdot F_w$	K_c
Enero	0,101	0,18	0,61	0,07	0,87
Febrero	0,101	0,19	0,45	0,07	0,72
Marzo	0,101	0,21	0,30	0,07	0,58
Abril	0,101	0,23	0,28	0,07	0,59
Mayo	0,101	0,27	0,21	0,07	0,56
Junio	0,101	0,32	0,12	0,07	0,52
Julio	0,101	0,32	0,06	0,07	0,46
Agosto	0,101	0,31	0,09	0,07	0,48
Septiembre	0,101	0,29	0,15	0,07	0,51
Octubre	0,101	0,31	0,32	0,07	0,71
Noviembre	0,101	0,29	0,44	0,07	0,80
Diciembre	0,101	0,18	0,70	0,07	0,96

Tabla 7. Valores mensuales del coeficiente de cultivo (K_c) y sus componentes.

Los valores de las componentes de la evapotranspiración del cultivo y la evaporación del cultivo calculada se muestran en la siguiente tabla. En la última fila de la misma se puede apreciar el peso de cada una de las componentes de la ET_c sobre el total de la misma observándose la importancia de la transpiración del olivar, que supone prácticamente un 50% de la evapotranspiración total anual, seguida por la evaporación desde la superficie del suelo que alcanza un 38%.

	ET_0	E_p	E_s	E_{ws}	ET_c
Enero	31,0	5,6	18,9	2,3	26,8
Febrero	49,9	9,7	22,7	3,7	36,2
Marzo	92,5	19,2	27,7	6,9	53,8
Abril	110,0	25,7	31,1	8,2	65,0
Mayo	140,3	38,2	29,7	10,5	78,5
Junio	171,4	55,6	20,6	12,9	89,0
Julio	198,6	64,5	11,4	14,9	90,7
Agosto	175,7	54,8	16,3	13,2	84,3
Septiembre	122,3	34,9	18,6	9,2	62,7
Octubre	77,3	24,1	25,1	5,8	55,0
Noviembre	48,6	13,9	21,3	3,6	38,8
Diciembre	32,1	5,8	22,6	2,4	30,8
		352,1	265,8	93,7	711,6
		49,48%	37,35%	13,17%	100%

Tabla 8. Valores mensuales de evapotranspiración de cultivo (ET_c) y sus componentes.

Por último, en la *Figura 1* se muestra la evolución anual de la evapotranspiración del cultivo y del coeficiente de cultivo.

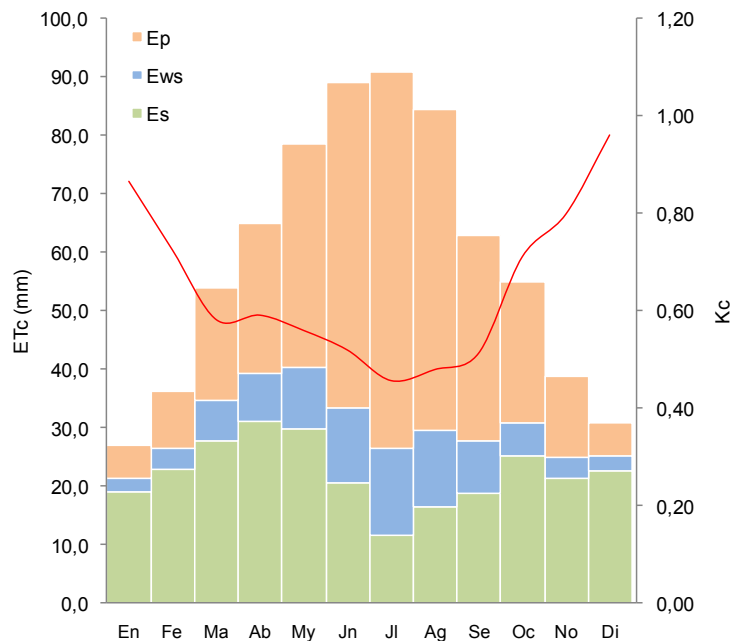


Figura 1. Componentes de la evapotranspiración del cultivo (barras) y del coeficiente de cultivo (línea).

4. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA

El agua de lluvia puede perderse por escorrentía superficial o por percolación profunda, y solamente una fracción de la misma, denominada precipitación efectiva (PE) queda almacenada en el suelo a disposición del cultivo. La PE es función de la intensidad de la lluvia y de las características del suelo que afectan a su velocidad de infiltración.

4.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

En este caso se emplearán las recomendaciones del United States Bureau of Reclamation (Doorenbos y Pruitt, 1997) que, en función de los datos de precipitación total mensual, propone las siguientes expresiones:

Si $P < 250$ mm/mes

Si $P > 250$ mm/mes

$$PE = P \cdot \frac{125 - 0,2P}{125}$$

$$PE = 125 + 0,1P$$

En este caso la precipitación en todos los meses del año es inferior a 250 mm por lo que se empleará la primera de las expresiones.

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS

En la Tabla 9 se muestra el valor mensual medio de la precipitación total y el de la precipitación efectiva calculada.

	P mm	PE mm
Enero	22,4	21,6
Febrero	25,0	24,0
Marzo	41,8	39,0
Abril	55,2	50,3
Mayo	89,4	76,6
Junio	32,0	30,3
Julio	16,5	16,0
Agosto	20,3	19,6
Septiembre	32,8	31,1
Octubre	44,2	41,1
Noviembre	52,0	47,7
Diciembre	33,5	31,7
Total	465,1	429,2

Tabla 9. Valores mensuales de precipitación total (P) y precipitación efectiva (PE).

5. ESTABLECIMIENTO DEL RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO

5.1. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DISPONIBLE

En el **Anejo 2** (Estudio Edafológico), se presentaron los siguientes valores de humedad a capacidad de campo (CC) y humedad en el punto de marchitez permanente (PM) para cada uno de los horizontes del perfil de suelo estudiado:

Horizonte	Profundidad m	CC %	PM %	Reserva total mm
Ap	0,34	22,74%	11,37%	57,98
Bk	0,20	23,65%	11,82%	35,47
2Bkz1	0,45	22,95%	11,48%	77,47
2Bkz2	0,61	22,80%	11,40%	104,31
	1,60	RESERVA DEL PERFIL		275,23

Tabla 10. Valores característicos de la humedad del suelo.

La capacidad de retención de agua disponible (CRAD) o reserva total es la diferencia de humedad existente entre el límite superior del suelo o CC y el PM, por debajo del cual la planta no podrá extraer agua del suelo. Ésta será la cantidad de agua disponible para las plantas.

La reserva total del perfil será de 275 mm, sin embargo, a efectos de programación de riego habrá que conocer la reserva total de agua únicamente en la profundidad explorada por las raíces del olivo.

Se considera una profundidad del sistema radicular de un metro, por lo que la reserva total hasta esta profundidad resultará prácticamente 173 mm como se aprecia en la siguiente tabla:

Horizonte	Profundidad m	CC %	PM %	Reserva total mm
Ap	0,34	22,74%	11,37%	57,98
Bk	0,20	23,65%	11,82%	35,47
2Bkz1	0,45	22,95%	11,48%	77,47
2Bkz2	0,01	22,80%	11,40%	1,71
	1,00	RESERVA DEL PERFIL		172,63

Tabla 11. Valores característicos de la humedad del suelo en la profundidad explorada por el sistema radicular.

5.2. ESTABLECIMIENTO DE LA RESERVA ÚTIL

A la hora de programar el riego se expresará el contenido de agua del mismo en términos de déficit de agua en el suelo (DAS) o cantidad de agua que le falta al suelo para encontrarse a capacidad de campo. De modo que cuando el suelo se encuentre a capacidad de campo el DAS resultará cero.

El valor del DAS deberá ser siempre inferior a un valor umbral, denominado déficit de agua en el suelo permisible (DASP), valor por debajo del cual el cultivo comenzará a sufrir estrés hídrico. Es decir, si el consumo de la reserva del suelo por el cultivo alcanzara el PM se afectaría la productividad potencial del olivo.

Por ello se ha establecido un valor umbral de agotamiento del perfil o nivel de agotamiento permisible (NAP) del 75% (Pastor y Orgaz, 1994) que se aplicará a la reserva del suelo en la profundidad explorada por las raíces con el fin de evitar el mencionado estrés hídrico. De modo que el DASP resultará:

$$DASP = 0,75 \cdot 172,63 = 129,47 \text{ mm} \quad [30]$$

Por último quedará definido el nivel mínimo de agua en el suelo como al diferencia entre la reserva total y déficit de agua en el suelo permisible:

$$m = 172,63 - 129,47 = 43,16 \text{ mm} \quad [31]$$

En definitiva, los parámetros que regirán el régimen de humedad del suelo y que se considerarán durante la programación del riego serán los siguientes:

- **M:** nivel máximo de agua en el suelo 172,63 mm
- **NAP:** nivel de agotamiento permisible..... 75,00%
- **DASP:** déficit de agua en el suelo permisible 129,47 mm
- **m:** nivel mínimo de agua en el suelo..... 43,16 mm

6. ESTUDIO DE ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO

Antes de llevar a cabo la programación de los riegos, se ha desarrollado un breve estudio acerca del riego deficitario controlado (RDC) en olivo con el fin de poder aplicar una estrategia de este tipo en la programación de riegos que se va a proponer.

6.1. CICLO DEL CULTIVO

En primer lugar, es imprescindible conocer la sensibilidad estacional del olivo al déficit hídrico en todas las fases de su desarrollo anual. A continuación se analiza detalladamente cada una de ellas.

A. *Inicio de la brotación - floración*

Aquí es importante que no exista déficit hídrico, porque éste afectaría a la calidad de las flores, y en consecuencia al número de frutos cuajados, y porque en este periodo, y simultáneamente al ciclo reproductor, tiene lugar un crecimiento vegetativo cuya importancia es doble:

- Mantener un adecuado número de hojas que permita producir la suficiente cantidad de asimilados como para mantener una buena cosecha en el presente año.
- Ser portadores de los órganos florales y fructíferos en los que se obtendrá la cosecha del año siguiente.

B. *Inicio del crecimiento del fruto – endurecimiento del hueso*

En esta etapa se produce una importante caída fisiológica de frutos. Para reducir porcentualmente esta caída, especialmente relacionada con un bajo nivel de reservas del árbol, es importante que el olivo llegue a este momento del ciclo en el mejor estado hídrico y nutricional posible.

C. *Endurecimiento del hueso – comienzo maduración*

Es en este periodo (mediados de julio a mediados de septiembre) en el que la sensibilidad del cultivo al déficit hídrico es menor. En este período, además, es en el que una restricción porcentual en la ET_c aplicada se puede traducir en un importante ahorro en el consumo final anual de agua.

D. *Maduración del fruto*

Durante la maduración (septiembre a diciembre) el olivo en regadío no debe sufrir déficit hídrico. Este periodo, que comienza con el cambio de color de la aceituna (verde intenso al amarillo), es un época muy crítica en la que se produce una importante acumulación de aceite en la pulpa de la aceituna, periodo más crítico aún si durante el verano no ha habido una restricción en el suministro de agua. Cuando durante el periodo de maduración existe una suficiente cantidad de agua en el suelo, los árboles se mantendrán en un estado hídrico adecuado, lo que permitirá un correcto llenado de los frutos y que en el árbol se puedan acumular las reservas necesarias para asegurar un buen desarrollo y producción al año siguiente, siendo importantísimo que la aportación de agua se produzca con suficiente antelación a la llegada de los fríos otoñales.

A continuación se analizan los resultados de cuatro ensayos sobre RDC con el objetivo de extraer conclusiones prácticas aplicables al presente proyecto.

6.2. ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN OLIVAR EN ACEITUNA DE MESA EN CALIFORNIA (Goldhamer, 1999)

6.2.1. Estrategias de riego

- RDC-1: recorte del 50% de ET_c en el periodo desde la mitad de junio hasta final de julio.
- RDC-2: recorte de un 50% de ET_c desde el comienzo de junio hasta mitad del mes de agosto.
- RDC-3: aplicación del 25% de la ET_c desde el 15 de junio hasta el 15 de agosto, más un recorte del 50% en el resto de días del periodo comprendido entre mitad de mayo hasta final de septiembre

Tratamiento	% ET_c aplicado	Duración recorte (días)	Agua aplicada	
			mm/año	% s/control
Control	100	-	770	100
RDC-1	50	42	645	84
RDC-2	50	70	579	75
RDC-3	25 +50	56+56	432	56

Tabla 12. Estrategias de riego planteadas por Goldhamer (1999).

6.2.2. Resultados

Tratamiento	Agua aplicada (mm/año)	Peso fruto (g/aceituna)	Tamaño fruto (aceitunas/kg)	Nº frutos/olivo	Producción aceitunas	
					kg/ha	% s/control
Control	770	4,13	242	17.290	13.210	100
RDC-1	645	4,24	236	18.080	13.610	103
RDC-2	579	4,36	229	18.010	13.700	104
RDC-3	432	4,10	244	17.480	11.800	89

Tabla 13. Resultados obtenidos por Goldhamer (1999).

Los resultados de este ensayo muestran que la producción de los tratamientos RDC-1 y RDC-2 no se vio afectada negativamente por la reducción de la cantidad de agua de riego aportada, ya que esta se produjo durante el verano (periodo de menor sensibilidad al déficit). Tan sólo en el tratamiento RDC-3 se puede apreciar una ligera merma de la producción (11%), cuando se ha disminuido el aporte total de agua en un 40%.

Con respecto a la calidad del fruto como aceituna de mesa, calidad que viene definida por su tamaño, se observa que los tratamientos RDC-1 y RDC-2 han permitido obtener frutos de similar calidad a los del tratamiento control regado sin déficit hídrico.

6.3. ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN CATALUÑA (Alegre, 2001)

6.3.1. Estrategias de riego

- Control. Riego para máxima producción aplicando mensualmente ET_c -PE.
- RDC-75. Aplicación del 75% de la ET_c desde julio hasta el final de septiembre.
- RDC-50. Aplicación del 50% de la ET_c desde julio hasta el final de septiembre.
- RDC-25. Aplicación del 25% de la ET_c desde julio hasta el final de septiembre.

6.3.2. Resultados

Tratamiento	Riego (mm/año)	Peso fruto (g/aceituna)	Número frutos	Producción aceituna (kg/ha)	Rto graso (%)	Producción aceite	
						kg/ha	% s/control
Control	152	1,24	58.100	7.612	15,3	1.163	100
RDC-75	116	1,21	59.100	7.900	16,0	1.263	109
RDC-50	99	1,20	60.700	8.055	16,2	1.307	112
RDC-25	80	1,15	51.500	6.736	16,6	1.119	96

Tabla 14. Estrategias de riego planteadas por Alegre (2001).

La producción de aceituna y aceite no se ve afectada por una reducción de la ET_c del 25% y del 50% (RDC-75 y RDC-50 respectivamente) en el periodo de crecimiento del fruto. Sí que se observa una producción inferior al control cuando se reduce el riego al 25% de la ET_c en dicho periodo; pérdida de producción debida fundamentalmente a un menor número de frutos por olivo y una reducción del tamaño de la aceituna.

Según los autores, la principal causa por la que los olivos a los que se aplicó la estrategia RDC-25 presentan una menor producción de aceitunas fue que el recorte en la aportación de agua ocasionó una reducción del crecimiento de los árboles.

Los frutos de los olivos regados con las dosis mayores de agua, especialmente en la estrategia control (100% de la ET_c), mostraron dificultades para la extracción, formando emulsiones al centrifugar las pastas, lo que redujo considerablemente el rendimiento industrial.

La calidad de los aceites obtenidos fue igualmente afectada por las estrategias de riego aplicadas, siendo más amargos y con un mayor contenido en polifenoles los producidos por los olivos regados aplicando estrategias de RDC, y en especial los tratamientos regados con menor cantidad de agua.

6.4. ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN ANDALUCÍA (Pastor, 1999)

6.4.1. Estrategias de riego

- Secano.
- Riego para máxima producción, calculada la dotación de riego empleando el método del balance de agua, aportando quincenalmente ET_c -PE.
- Riego diario de 120 l/olivo durante el periodo abril a octubre con aportación anual de 200 mm, estando previsto que en el año medio el árbol consuma la reserva hasta el nivel de agotamiento permisible (NAP).
- Riego diario de 80 l/olivo durante el periodo marzo a octubre con aportación anual de 150 mm, estando previsto el agotamiento de la reserva por debajo del NAP.

6.4.2. Resultados

Tratamiento	Riego (mm/año)	Peso fruto (g/aceituna)	Número frutos	Producción aceituna (kg/ha)	Rto graso (%)	Producción aceite	
						kg/ha	% s/control
Secano	0	2,69	21.000	4.128	20,0	835	43
80 l/olivo	150	3,90	31.000	8.048	22,0	1.771	92
120 l/olivo	200	3,93	35.000	8.856	22,0	1.950	101
ET_c máxima	320	4,19	33.000	8.688	22,2	1.931	100

Tabla 15. Estrategias de riego planteadas por Pastor (1999).

Si se evalúa la respuesta productiva a los tratamientos de riego frente al secano se observa que la producción es claramente superior en regadío en todos los casos, y que al menos esta producción media para el periodo considerado se ha multiplicado por dos.

Con la estrategia de 1500 m³/ha donde se aporta el 47% del agua que el olivar regado con la ET_c máxima, se consiguieron unas producciones medias de aceite solamente algo inferiores a las del olivar regado con las dosis de agua mayor.

La estrategia de 120 l/día, que aporta el 63% del agua que el olivar regado con la ET_c máxima, proporcionó una similar producción a la de máximo riego.

Al igual que en el ensayo de Cataluña, los autores observan una dificultad mayor en la extracción del aceite en los olivares regados con la mayor dotación de agua.

6.5. ENSAYO DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN ANDALUCÍA (Moriana et al., 2003)

6.5.1. Estrategias de riego

- Control. Riego para máxima producción aplicando una cantidad de agua equivalente a ET_c-PE durante los meses deficitarios sin contemplar la reserva de agua del suelo.
- RDL. Un riego deficitario orientado a cubrir aproximadamente el 75% de la ET_c (lluvia + riego), aplicado de forma uniforme a lo largo de la estación seca.
- RDC. Un riego deficitario similar al anterior pero concentrando el déficit entre el 15 de julio y el 15 de septiembre, periodo en el que no se regó en absoluto.
- AYV. Se regó igual que el control los años de carga, mientras que los árboles se mantuvieron en secano los años de descarga
- Secano. No se aplicó ningún tipo de riego.

6.5.2. Resultados

Tratamiento	Riego (mm/año)	ET _c (mm/año)	Frutos (kg/ha)	Aceite (kg/ha)
Control	538	817	11.100	1.950
RDL	152	621	8.450	1.650
RDC	131	572	8.150	1.550
AYV	337	703	7.800	1.450
Secano	0	527	6.500	1.150

Tabla 16. Resultados obtenidos por Moriana et al. (2003).

De los resultados de este ensayo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En suelos retentivos y profundos el olivo es capaz de aprovechar una fracción elevada de la lluvia estacional, aunque ésta se concentre en la estación húmeda. Así, el tratamiento de secano tuvo una ET_c promedio de 527 mm/año cuando la lluvia promedio para el periodo considerado fue de 581 mm/año.
- Esto también sucede con los tratamientos de riego deficitario, donde las aplicaciones de riego se complementan con la extracción de agua de la reserva del suelo; y hasta que ésta no empieza a agotarse no se produce estrés en el árbol. De ahí que el riego deficitario no resulta

necesariamente en una disminución de la producción, a no ser que la ET_c disminuya realmente, por efecto del estrés, al reducirse ya sea el volumen de copa y/o la apertura estomática.

- Ajustando los valores del rendimiento a los de ET_c , se encontró una función de producción cuadrática (Ec.32):

$$R = -2.780 + 11ET_c - 0,006ET_c^2 \quad [32]$$

donde:

R producción de aceite (kg de aceite/ha)
ET_c evapotranspiración estacional del olivar (mm/año)

La pendiente de esta relación, o eficiencia en el uso del agua para producción de aceite, osciló entre 0,6 kg/m³ para valores bajos de ET_c (aportaciones reducidas de riego) y 0,15 kg/m³ para aportaciones de agua próximas a las necesarias para obtener la máxima producción. Esta reducción en la eficiencia en el uso del agua a medida que aumentan las cantidades de riego, parece una respuesta general del olivar, de modo que en situaciones de riego deficitario es más conveniente regar una mayor superficie aplicando programas de riego deficitario que regar una menor superficie con programas de riego para máxima producción.

- El riego deficitario aplicado de una forma uniforme a lo largo de toda la estación de riegos (RDL), tuvo una eficiencia en el uso del agua similar al RDC, en el que se concentró el déficit en los meses de verano.
- Aunque existe una tendencia a creer que las necesidades de agua del olivar son mayores cuando la carga de frutos es elevada, los resultados de este ensayo indican que la estrategia de regar únicamente el año de carga no es adecuada, ya que con mayores aportaciones de riego que en los otros tratamientos se obtuvo un menor rendimiento.

6.6. CONCLUSIONES

Las conclusiones extraídas del análisis de estas cuatro experiencias son las siguientes:

- a) El olivo es muy sensible al déficit hídrico en las fases de desarrollo de las yemas de flor y floración. De modo que el déficit hídrico no debería producirse durante la primavera e inicios del verano. Se aconseja aplicarlo en el periodo comprendido entre la primera quincena de julio y la primera quincena de septiembre.
- b) El establecimiento de programa de riego que permitan agotar la reserva de agua en el suelo a lo largo de la estación seca supone una estrategia de RDC, que se traduce en ahorros de agua importantes respecto al riego para satisfacer la ET_c en su totalidad, sin afectar al rendimiento del olivar.
- c) No es deseable que el déficit de verano llegue a ser muy intenso y duradero, ya que podría provocar caída de frutos y limitar el crecimiento del fruto restante; incluso afectar a la inducción y diferenciación floral, con efectos negativos para la campaña siguiente.
- d) Una aplicación de en torno al 65% del agua de riego necesaria para la obtención de la máxima producción, no provocará diferencias significativas sobre la misma. Igualmente, la aplicación de riegos durante el periodo seco (considerando la lluvia) hasta cubrir el 75% de la ET_c de dicho periodo, tampoco supondrá diferencias significativas.

- e) En el caso de restricciones más severas en la disponibilidad de agua, es preferible restringir el riego en los meses de verano a una pequeña fracción de la ET_c y repartir el agua en una mayor superficie.
- f) La eficiencia en el uso del agua por parte del olivo aumenta conforme disminuye el agua aportada de modo que en situaciones de escasez de agua de riego es más conveniente regar una mayor superficie aplicando programas de riego deficitario que regar una menor superficie con programas de riego para máxima producción.
- g) A medida que aumentan las aportaciones hídricas también lo hace la dificultad de extracción de aceite. Una reducción paulatina del riego en el periodo de endurecimientos del hueso podría mejorar este aspecto del proceso productivo, así como mejorar la calidad de los aceites obtenidos.

7. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

Como se ha establecido en la **Memoria** la estrategia de riego que se va a seguir en este proyecto se basa en una aplicación de agua continuada y proporcional a la oferta energética durante todo el año y no sólo durante los meses que duraría una campaña de riegos convencional. Como se explica, el suelo va a ser considerado como el principal subsistema de acumulación de energía por lo que, a la hora de programar los riegos, se hará especial hincapié en el mantenimiento de la reserva del suelo dentro de los límites de acumulación establecidos en el Estudio Edafológico (**Anejo 2**) y recordados en este Anejo.

En este apartado además de la planificación de riegos basada en la evolución de la oferta energética mensual se calcula una programación de riegos convencional con el fin de dejar patentes las diferencias que existen entre una programación clásica y la propuesta.

- **PROGRAMACIÓN 1.** Programación convencional con riegos iguales todos los meses.
- **PROGRAMACIÓN 2.** Programación en función de la oferta energética.

7.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

El objetivo del riego será el mantenimiento de la reserva del suelo entre su nivel máximo (M) y su nivel mínimo (m) satisfaciendo las necesidades hídricas mensuales del cultivo.

Conocidos los valores de evapotranspiración del cultivo y precipitación efectiva se determinarán los siguientes parámetros:

- **RESERVA (R₁).** Se determinará la reserva mensual en el suelo mediante la siguiente expresión:

$$R_i = R_{i-1} - (ET_c + PE) \quad [33]$$

donde:

R _i	reserva del mes considerado [mm·mes ⁻¹]
R _{i-1}	Reserva del mes anterior [mm·mes ⁻¹]
ET _c	evapotranspiración del cultivo [mm·mes ⁻¹]
PE	precipitación efectiva [mm·mes ⁻¹]

Se considera que, al comienzo de la estación lluviosa (octubre a efectos de almacenamiento de agua en el suelo) el perfil del suelo se encontrará en DASP o, lo que es lo mismo, con la reserva del agua del suelo en su nivel mínimo (m).

- **RESERVA CORREGIDA.** En la que se consideran cero los valores negativos.
- **DOSIS DE RIEGO (D_r).** La determinación de la cantidad y distribución mensual del riego será el carácter diferenciador de los programas de riego y se explicará a continuación.
- **RESERVA TRAS EL RIEGO (R_2).** Por último se determinará la reserva del suelo tras la aplicación del riego aplicando la siguiente expresión:

$$R_i = R_{i-1} - ET_c + PE + D_r \quad [34]$$

donde:

R_i	reserva del mes considerado [$\text{mm} \cdot \text{mes}^{-1}$]
R_{i-1}	Reserva del mes anterior [$\text{mm} \cdot \text{mes}^{-1}$]
ET_c	evapotranspiración del cultivo [$\text{mm} \cdot \text{mes}^{-1}$]
PE	precipitación efectiva [$\text{mm} \cdot \text{mes}^{-1}$]
D_r	dosis de riego [$\text{mm} \cdot \text{mes}^{-1}$]

7.2. PROGRAMACIÓN 1

Esta estrategia consistirá en la aplicación de riegos de igual cantidad durante toda la época de riego. Teniendo en cuenta que febrero es el primer mes en el que la reserva es inferior a la reserva mínima, los riegos se extenderán desde febrero hasta septiembre (ambos meses incluidos). El cálculo de la dosis de riego se llevará a cabo repartiendo las necesidades totales anuales de riego entre el número de meses de riego:

$$D_r = \frac{(ET_c - PE)_{\text{total}}}{n_r} = \frac{279,2}{8} = 34,9 \text{ mm} \cdot \text{mes}^{-1} \quad [35]$$

La programación provocará un aumento progresivo de la reserva del suelo hasta el mes de mayo (en el que alcanzará un valor de 144,5 mm), a partir del cual comenzará a caer alcanzando su valor mínimo en octubre (43,2 mm). De modo que no se supera el nivel máximo de agua en el suelo y se cubren las necesidades hídricas del cultivo, por ello, se puede considerar una programación válida.

Se trata de una estrategia de riego cuya principal ventaja es el manejo del mismo ya que se aplica la misma cantidad de agua al suelo todos los meses. Sin embargo, visto desde la perspectiva de un riego fotovoltaico, se trata de una estrategia poco eficiente ya que, demandará la misma cantidad de energía tanto en meses en los que se dispone de poca energía solar como en meses en los que se dispone de más por lo que la instalación de captación solar estará sobredimensionada.

El cálculo de la dosis de riego y su distribución durante el año se muestra en la *Tabla 17*.

	ET _c mm/mes	PE mm/mes	ET _c -PE mm/mes	R ₁ mm/mes	R (correg.) mm/mes	D _r mm/mes	R ₂ mm/mes
Enero	26,8	21,6	5,2	47,8	47,8	0,0	47,8
Febrero	36,2	24,0	12,1	35,7	35,7	35,3	71,0
Marzo	53,8	39,0	14,8	20,9	20,9	35,3	91,5
Abril	65,0	50,3	14,7	6,2	6,2	35,3	112,1
Mayo	78,5	76,6	1,9	4,3	4,3	35,3	145,5
Junio	89,0	30,3	58,7	-54,4	0,0	35,3	122,1
Julio	90,7	16,0	74,7	-129,1	0,0	35,3	82,7
Agosto	84,3	19,6	64,6	-193,7	0,0	35,3	53,4
Septiembre	62,7	31,1	31,6	-225,4	0,0	35,3	57,0
Octubre	55,0	41,1	13,9	43,2	43,2	0,0	43,2
Noviembre	38,8	47,7	-8,9	52,1	52,1	0,0	52,1
Diciembre	30,8	31,7	-0,9	53,0	53,0	0,0	53,0
TOTAL	711,6	429,2	282,4			282,4	

Tabla 17. Resultados del balance hídrico de la Programación 1.

En la siguiente figura se muestran los valores de precipitación efectiva y riego así como la evolución de la reserva:

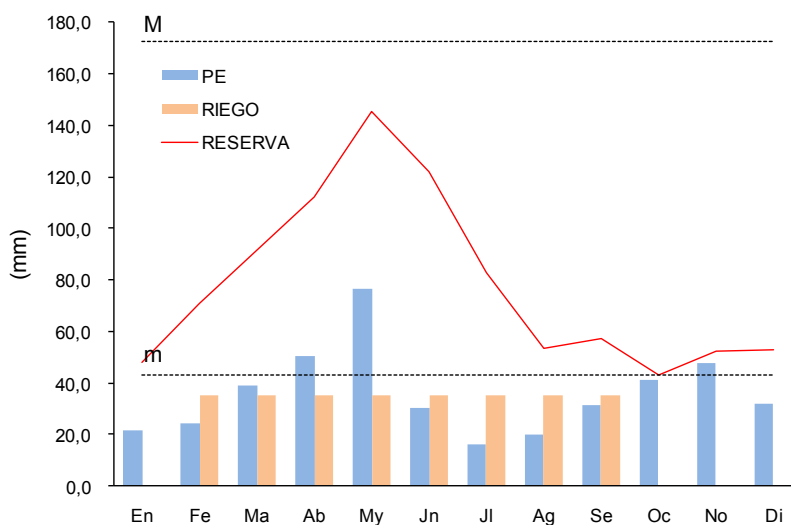


Figura 2. Aportaciones hídricas (riego y precipitación) y evolución de la reserva del suelo en la Programación 1.

7.3. PROGRAMACIÓN 2

En este caso la distribución de los riegos durante el año estará determinada por la energía disponible proporcionada por los módulos fotovoltaicos. Por ello, como una primera estimación, se ha distribuido el riego en función de la radiación incidente sobre un plano inclinado de 30°. De modo que se aplicarán riegos durante todos los meses del año siguiendo una distribución equivalente a la curva anual de radiación sobre el plano inclinado. La determinación de la radiación sobre el plano inclinado

(H_T) se ha llevado a cabo mediante el método de Liu-Jordan (1962) obteniéndose los siguientes niveles de radiación absolutos y relativos.

	H $W \cdot h \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	H_T $W \cdot h \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	%
Enero	1729,52	2788,81	5%
Febrero	2674,65	3870,74	7%
Marzo	4008,26	4970,01	9%
Abril	5023,81	5335,10	9%
Mayo	5971,77	5753,07	10%
Junio	6973,35	6442,81	11%
Julio	7119,65	6720,42	12%
Agosto	6053,84	6220,84	11%
Septiembre	4623,30	5431,06	9%
Octubre	3024,76	4129,96	7%
Noviembre	2009,28	3195,16	6%
Diciembre	1495,26	2524,31	4%
PROMEDIO	4233,638	4785,85	

Tabla 18. Radiación absoluta y relativa sobre el plano inclinado obtenida por el método de Liu-Jordan.

Las necesidades totales anuales de riego determinadas se han distribuido, como se aprecia en la *Tabla 19* en función de estos valores relativos siguiendo la siguiente expresión:

$$D_r = H_{\text{Relativa}(\%)} \cdot (ET_c - PE)_{\text{total}} \quad [36]$$

	ET _c mm/mes	PE mm/mes	ET _c -PE mm/mes	R ₁ mm/mes	R ₁ (correg.) mm/mes	H _T %	D _r mm/mes	R ₂ mm/mes
Enero	26,8	21,6	5,2	47,8	47,8	4,9%	13,7	89,7
Febrero	36,2	24,0	12,1	35,7	35,7	6,7%	19,0	96,6
Marzo	53,8	39,0	14,8	20,9	20,9	8,7%	24,5	106,3
Abril	65,0	50,3	14,7	6,2	6,2	9,3%	26,3	117,8
Mayo	78,5	76,6	1,9	4,3	4,3	10,0%	28,3	144,3
Junio	89,0	30,3	58,7	-54,4	0,0	11,2%	31,7	117,3
Julio	90,7	16,0	74,7	-129,1	0,0	11,7%	33,1	75,6
Agosto	84,3	19,6	64,6	-193,7	0,0	10,8%	30,6	41,6
Septiembre	62,7	31,1	31,6	-225,4	0,0	9,5%	26,7	36,7
Octubre	55,0	41,1	13,9	43,2	43,2	7,2%	20,3	43,2
Noviembre	38,8	47,7	-8,9	52,1	52,1	5,6%	15,7	67,8
Diciembre	30,8	31,7	-0,9	53,0	53,0	4,4%	12,4	81,2
	0,0	0,0	282,4				282,4	

Tabla 19. Resultados del balance hídrico de la Programación 2.

En la *Figura 3* se muestran los valores de precipitación efectiva y riego así como la evolución de la reserva:

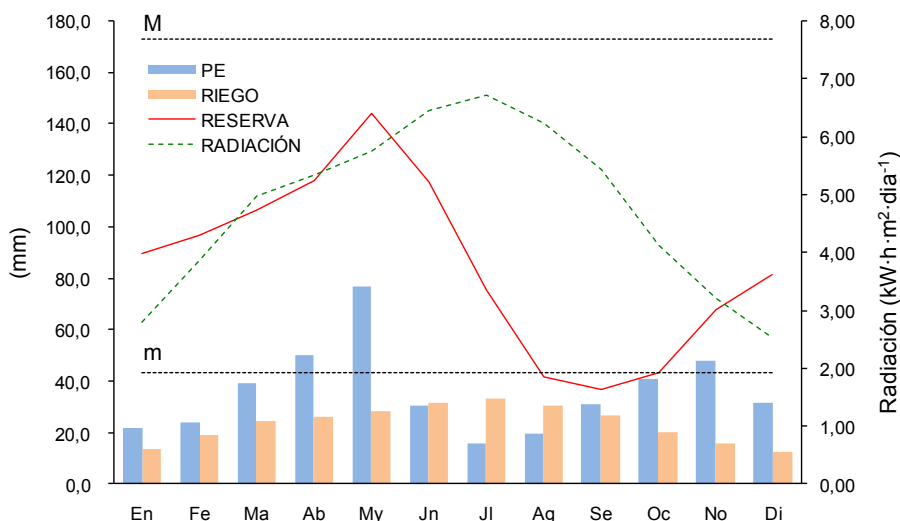


Figura 3. Aportaciones hídricas (riego y precipitación), evolución de la reserva del suelo y curva anual de radiación en la Programación 2.

Esta programación implica el riego durante todos los meses del año de modo que se un aumento progresivo de la reserva hasta el mes de mayo (144,3 mm) a partir del cual, comienza a caer.

Mediante esta estrategia se produce un leve déficit en el mes de septiembre, ya que la reserva llega a la reserva mínima. No obstante en este se seguirá una estrategia de riego deficitario controlado (RDC) que, lejos de tener una repercusión significativa sobre el volumen de producción del olivar, implicará características tecnológicas positivas en la oliva a la hora de la extracción del aceite como se explica en el *Apartado 6* de este Anejo.

7.4. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de un riego que se aplica mediante una instalación solar fotovoltaica y que emplea el suelo como principal subsistema de acumulación de energía, se trata de una programación más eficiente ya que la demanda energética mensual se acomoda a la oferta. De esta forma, las dimensiones del captador no están condicionadas por necesidades energéticas en meses con poca oferta, como puede producirse mediante una programación de riegos convencional.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, S., Marsal, J., Tovar, M.J., Mata, M., Arbonés, A., Girona, J. (2001) *Regulated deficit irrigation in olive trees (Olea europaea, L. cv 'Arbequina') for oil production*. Acta Horticulturae, Vol. 586, 259-262.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Riego y Drenaje 56, FAO, Roma.
- Barranco, D., Fernández – Escobar, R., Rallo, L. (2008) *El cultivo del olivo*. Mundi – Prensa, Madrid.

- Bonachela, S., Orgaz, F., Villalobos, F.J., Fereres, E. (1999) *Measurement and simulation of evaporation from soil in olive orchards*. Irrigation Science, Vol. 18, 205-211.
- Bonachela, S., Orgaz, F., Villalobos, F.J., Fereres, E. (2001) *Soil evaporation from drip-irrigated olive orchards*. Irrigation Science, Vol. 20, 65-71.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O. (1977) *Las necesidades de agua de los cultivos*. Riego y Drenaje 24, FAO, Roma.
- Goldhamer, D.A. (1999) *Regulated deficit irrigation for California canning olives*. Acta Horticulturae 474, Vol. 1, 369-372.
- Liu, B.Y.H., Jordan, R. (1962) *Daily insolation on tilted surfaces tilted toward the equator*. ASHRAE Journal, Vol. 3, 53-59.
- Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E. (2003) *Yield responses of a mature olive orchard to water deficits*. Journal of the American Society for Horticultural Science, Vol 128, 425-431
- Orgaz, F., Testi, L., Villalobos, F.J., Fereres E. (2006) *Water requirements of olive orchards-II: determination of crop coefficients for irrigation scheduling*. Irrigation Science, Vol. 24, 77-84.
- Pastor, M., Orgaz, F., (1994) *Riego deficitario en olivar*. Agricultura, Vol. 746, 768-776.
- Pastor, M., Castro, J., Mariscal, M.J., Vega, V., Orgaz, F., Fereres, E., Hidalgo, J. (1999) *Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego*. Investigación Agraria: Producción Vegetal, Vol 14(3), 393 – 404.
- Pastor, M. (2005) *Cultivo del olivo con riego localizado: diseño y manejo del cultivo y las instalaciones, programación de riegos y fertirrigación*. Mundi – Prensa, Madrid.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 6

INSTALACIÓN HIDRÁULICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN	6
2.1. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.....	6
2.2. SECTORIZACIÓN Y TRAZADO DE LA RED DE RIEGO	6
2.3. RASANTEO.....	7
3. DISEÑO AGRONÓMICO	8
3.1. ELECCIÓN DEL TIPO DE EMISOR	8
3.2. ELECCIÓN DEL CAUDAL NOMINAL DEL EMISOR	10
3.3. DETERMINACIÓN DE LA SEPARACIÓN ENTRE EMISORES	11
4. DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS UNIDADES DE RIEGO	12
4.1. DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS UNIDADES DE RIEGO.....	12
4.2. TOLERANCIA DE CAUDALES Y PRESIONES.....	13
4.2.1. <i>Emisores turbulentos</i>	13
4.2.2. <i>Emisores autocompensantes</i>	15
4.3. OPTIMIZACIÓN DE LAS TUBERÍAS LATERALES	16
4.4. OPTIMIZACIÓN DE LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS	19
4.5. RESULTADOS OBTENIDOS.....	21
4.5.1. <i>Tolerancia de caudales y presiones</i>	21
4.5.2. <i>Optimización de las tuberías laterales</i>	22
4.5.3. <i>Optimización de las tuberías secundarias</i>	23
4.5.4. <i>Cálculo de presiones en los ramales portaemisores</i>	26
5. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA TUBERÍA PRIMARIA	29
5.1. OPTIMIZACIÓN DE LA TUBERÍA PRIMARIA.....	29
5.2. ESTABLECIMIENTO DE LOS PUNTOS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO.....	31

6. ZANJAS	31
6.1. SECCIÓN.....	31
6.2. DIMENSIONES.....	32
6.3. RELLENO.....	32
7. VALVULERÍA.....	32
7.1. VÁLVULAS HIDRÁULICAS DE SECTOR.....	32
7.2. DESAGÜES.....	32
8. ARQUETAS.....	32
9. CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	33

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se desarrolla el diseño y dimensionado de la instalación hidráulica de riego por goteo. La instalación a diseñar pretende una aplicación de agua lenta, localizada y uniforme, que humedezca sólo una parte del terreno, manejándose, por lo tanto, con alta frecuencia; lo que permitirá mantener durante todo el año niveles de humedad en el suelo suficientes para el desarrollo del olivo.

Se han determinado todos los componentes de la instalación y sus dimensiones de modo que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo determinadas en el **Anejo 5** (Estudio de Necesidades Hídricas). Asimismo se han definido las válvulas hidráulicas de sector, desagües y ventosas a lo largo de la red, así como las arquetas de protección de estos elementos.

En el **Anejo 4** (Estudio de recursos hídricos) ha quedado demostrado que el volumen de agua suministrado a la parcela de proyecto por la red de acequias de la Comunidad de Regadíos de Calahorra es suficiente para cubrir las necesidades hídricas del mes más desfavorable.

Sin embargo será necesaria la construcción de un depósito de regulación ya que los aportes hídricos por parte de la Comunidad de Regadíos son puntuales (dos veces por semana) y los sistemas de riego por goteo, como se ha explicado, se fundamentan en un aporte de agua lento y con alta frecuencia (riego diario). El diseño y dimensionado de este depósito se acomete en el **Anejo 9** (Obra Civil).

En el siguiente diagrama se muestra la secuencia general de diseño hidráulico que se seguirá en este Anejo:

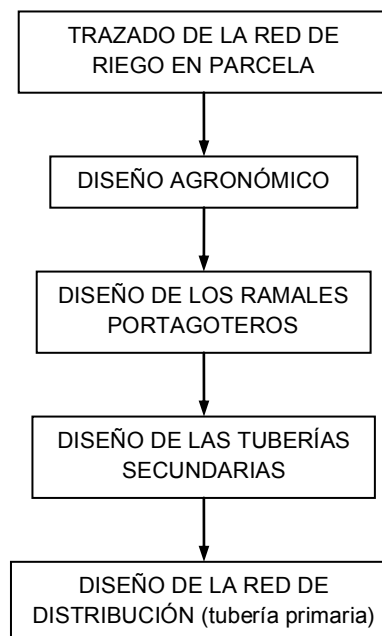


Figura 1. Secuencia de diseño de la instalación hidráulica.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

2.1. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

Las unidades básicas que componen la instalación de riego por goteo son las siguientes:

- A. SISTEMA DE BOMBEO:** es el encargado de elevar el agua desde el depósito de regulación y suministrar el caudal y altura manométrica necesarios en función de la oferta energética solar en cada momento.
- B. CABEZAL DE RIEGO:** está situado a la salida de la bomba y en él se incluyen:
 - Elementos de filtrado
 - Controladores de presión, caudal.
- C. RED DE TUBERÍAS:** en este caso está formada por el conjunto de tuberías primarias y secundarias que conducen el agua hasta los ramales o laterales portaemisores.
- D. EMISORES:** elementos de derivación del agua desde el ramal al exterior.
- E. DISPOSITIVOS DE CONTROL Y MANIOBRA:** entre estos elementos se encuentran los manómetros, ventosas y válvulas hidráulicas de sector. El control de la instalación de riego estará totalmente automatizado mediante un autómata programable que abrirá o cerrará las válvulas de sector mediante un impulso hidráulico.

El sistema de bombeo y el cabezal de riego, así como los dispositivos de control y maniobra (salvo las válvulas hidráulicas y ventosas) se alojarán en una caseta de riego prefabricada de hormigón cuyas características y dimensiones se describen en el **Anejo 9**. En el interior de esta caseta se ubicarán, asimismo, los elementos del subsistema de acondicionamiento de energía de la instalación fotovoltaica y sus protecciones y las baterías

Como se explica en la metodología de diseño descrita en la **Memoria**, el dimensionado del sistema de bombeo no es inmediato ya que no se conoce, a priori, el número máximo de sectores que podrán llegar a funcionar simultáneamente y, por tanto, el caudal máximo de funcionamiento de la instalación. Es por esto que tanto el dimensionado del sistema de bombeo como el del cabezal de riego serán descritos en el **Anejo 7** (Instalación de Bombeo Fotovoltaico). De modo que, en este Anejo, se acomete el diseño de la red de distribución de agua desde la salida del cabezal de riego hasta los emisores, así como de los dispositivos de control y maniobra.

2.2. SECTORIZACIÓN Y TRAZADO DE LA RED DE RIEGO

Al no existir limitaciones en el suministro hidráulico (**Anejo 4**) que condicionen el tamaño del sector de riego, éstas vienen impuestas, fundamentalmente, por el suministro energético y la topografía de la parcela.

Desde el punto de vista energético, a medida que se reduce el tamaño de los sectores de riego, disminuye la energía necesaria para su funcionamiento lo que implica un mayor aprovechamiento de la energía generada. Por el contrario, el aumento de su tamaño supone un incremento de la inversión inicial, ya que cada una de las tomas de sector practicadas en la tubería primaria requieren un válvula hidráulica comandada hidráulicamente por un solenoide. Por ello, es necesario llegar a un acuerdo entre inversión inicial y aprovechamiento energético.

Por otra parte, la sectorización está condicionada en gran medida por la topografía de la parcela. La parcela de proyecto se encuentra a dos niveles separados por un ribazo de 2 m de altura, de modo que este accidente natural supondrá una división entre sectores. Además, se pretende que la morfología y el número de olivos a regar que contiene cada sector sea similar con el fin de facilitar el manejo de la futura instalación de riego.

Pese a que no se ha entrado en valoraciones económicas, se considera razonable la división de la parcela en 10 sectores de riego, cuatro en el nivel superior y 6 en el nivel inferior. Como se aprecia en la *Tabla 2* se ha procurado, dentro de las limitaciones impuestas por la morfología y topografía de la parcela, que, tanto la superficie de los sectores como el número de olivos que contienen sea similar.

	Nº SECTOR	DIMENSIONES (m)	SUPERFICIE (m ²)	Nº OLIVOS
NIVEL SUPERIOR	1	84x50	4.200	210
	2	84x50	4.200	210
	3	84x50	4.200	210
	4	84x50	4.200	210
NIVEL INFERIOR	5	84x45	3.780	189
	6	84x45	3.780	189
	7	84x45	3.780	189
	8	84x45	3.780	189
	9	-	3.660	183
	10	-	3.620	181
TOTAL			39.200	1.960

Tabla 1. Caracterización de los distintos sectores de riego.

La red de riego se estructura en torno a una tubería primaria que, partiendo de la caseta de riego, divide, longitudinalmente, a la parcela en dos. Los 10 sectores de riego se distribuyen a ambos lados de esta conducción de forma simétrica salvo en el caso de los dos últimos sectores (9 y 10) cuya forma queda comprometida por la morfología de la parcela.

En esta tubería primaria se ubican 5 tomas dobles controladas por válvulas hidráulicas cada una de las cuales alimenta a dos tuberías secundarias. De cada una de las tuberías secundarias salen los ramales portagoteros que proporcionan el agua a la planta. Al final de cada una de las tuberías secundarias, es decir, en su punto más bajo, se colocará una válvula de desagüe con el fin de permitir el vaciado de la red para realizar labores de mantenimiento y limpieza.

2.3. RASANTEO

La red de riego proyectada se encuentra totalmente enterrada. Las tuberías primarias se colocarán a una profundidad de 80 cm de profundidad desde la generatriz superior de la conducción hasta la superficie del terreno con el fin de no interferir en las labores del terreno. Estas tuberías se asentarán sobre una capa de nivelación de gravilla de 10 cm de espesor, por lo que la profundidad máxima de las zanjas a ejecutar, considerando que mayor diámetro exterior de tubería a instalar es de 63 mm, será de 100 cm. Las tuberías secundarias se inyectarán directamente en el terreno mediante un rejón a una profundidad de 60 cm.

Los ramales portaemisores se inyectarán directamente en el terreno a una profundidad de 30 cm. Se instalará un ramal por fila de olivos dejando las calles libres de cualquier conducción, evitando así interferencias con las labores profundas. El enterrado de los ramales portaemisores, aparte de evitar las roturas por heladas, supone las siguientes ventajas:

- Menor consumo de agua dada la reducción de la evapotranspiración desde la superficie del terreno humedecida por los goteros.
- Los trabajos de campo pueden continuar durante el riego porque las zonas entre líneas de árboles permanecen secas redundando en un mejor control de las malas hierbas.
- Posibilidad de laboreo poco profundo perpendicular a las filas de árboles.
- Mayor vida útil de la instalación ya que las tuberías quedan protegidas de la radiación solar y de las variaciones térmicas.
- Disuasión del vandalismo: ya que ninguna conducción queda a la vista.

Dada la topografía del terreno y la distribución de la red de riegos, se ha dotado tanto a la tubería primaria como a las secundarias de una pendiente descendente del 1,5% mientras que el trazado de los ramales portaemisores discurren de forma paralela a las curvas de nivel del terreno por lo que carecen de pendiente. En la *Tabla 3* se muestran las profundidades y pendientes de las distintas conducciones implicadas en la instalación.

CONDUCCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	PENDIENTE (%)
Tubería primaria	0,80	1,5
Tubería secundaria	0,60	1,5
Ramales portaemisores	0,30	0

Tabla 2. Caracterización de los distintos sectores de riego.

3. DISEÑO AGRONÓMICO

3.1. ELECCIÓN DEL TIPO DE EMISOR

En este apartado se pretende evaluar el comportamiento de los dos principales tipos de emisor cuyo uso está ampliamente extendido en este tipo de instalaciones de riego.

En el caso de riego por goteo se nos plantea la alternativa del uso de uno de los dos tipos básicos de goteros que nos ofrecen los fabricantes:

- EMISORES AUTOCOMPENSANTES:** están dotados de un elemento flexible en su interior, normalmente una membrana que se deforma bajo la acción de una presión de agua antes y después de la membrana, manteniendo el caudal variable aunque varíe la presión. Su coeficiente de descarga teórico vale $x=0$. Su efecto autocompensante sólo se produce dentro de un rango de presiones que es necesario conocer.
- EMISORES TURBULENTOS (no autocompensantes):** estos goteros, cuyo flujo interno presenta un régimen turbulento, muestran un paulatino aumento de caudal a medida que se incrementa la presión disponible

El caudal emitido por los goteros viene determinado por su curva característica que es del tipo:

$$q = k \cdot h^x \quad [1]$$

donde:

q	caudal emitido por el gotero ($l \cdot h^{-1}$)
h	presión suministrada al gotero (mca)
k	coeficiente de descarga del emisor (-)
x	exponente de descarga del emisor (-)

Mientras que, en el caso de los goteros turbulentos, es común que el fabricante proporcione los parámetros que definen la curva característica del emisor, en el caso de autocompensantes es más habitual que se proporcione el rango de presiones de compensación.

Como se ha explicado, mientras los goteros no autocompensantes aumentan paulatinamente su caudal a medida que aumenta la presión, los autocompensantes presentan un amplio rango de presiones en el que el caudal emitido permanece constante.

En la *Figura 2* están representadas las curvas características de dos emisores con un caudal nominal de $4 l \cdot h^{-1}$ (similares a los que se emplearán en este proyecto). Se observa claramente como el emisor no autocompensante alcanza el caudal nominal a una presión de 10 m mientras el autocompensante lo alcanza súbitamente a una presión de 0,5 m.

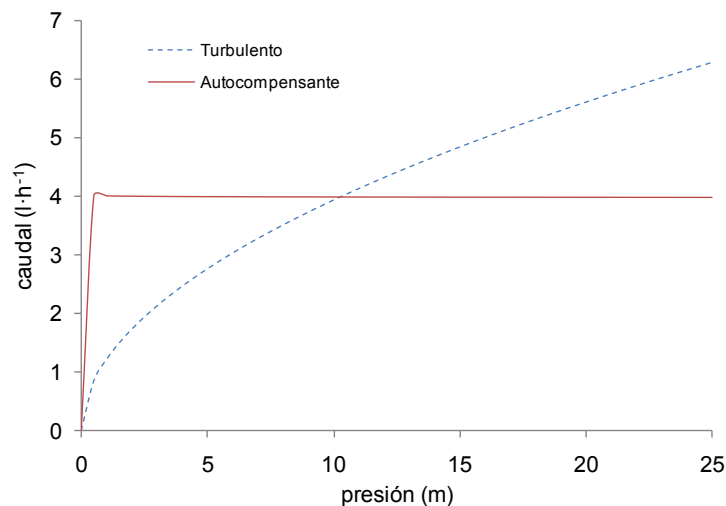


Figura 2. Curvas de emisión de un gotero autocompensante y uno turbulento con un caudal nominal de $4 l \cdot h^{-1}$.

En la *Tabla 3* se presenta una comparativa de los dos tipos de emisores en la que se han considerado las características básicas del emisor. Los emisores autocompensantes poseen una mejor aptitud para su colocación en una instalación de riego ya que, al margen de su mayor precio y su menor vida útil, presentan unas características hidráulicas óptimas, manteniendo el caudal de emisión frente a variaciones de presión o de topografía con mayores longitudes de ramal. Por ello, en este caso, se optará por el empleo de emisores autocompensantes.

	AUTOCOMPENSANTES	TURBULENTOS
Longitud máxima del ramal	Mayor	Menor
Variaciones topográficas	Buena adaptación	Mala adaptación
Uniformidad de la emisión	Mayor	Menor
Precio	Mayor	Menor
Vida útil	Menor, debido a la presencia de piezas flexibles	Mayor debido a la simplicidad de su diseño

Tabla 3. Comparativa entre goteros autocompensantes y turbulentos.

3.2. ELECCIÓN DEL CAUDAL NOMINAL DEL EMISOR

La elección del caudal nominal del gotero dependerá de la morfología del bulbo húmedo formado durante el riego; concretamente, de la altura del mismo de modo que la profundidad mojada no debe exceder en más del 10% la profundidad del sistema radicular del olivo.

Se pretende que, en ningún caso, la profundidad mojada por el emisor supere este valor evitando así la lixiviación de nutrientes del suelo y el escape del agua al aprovechamiento por parte de la planta, lo que, además, supondría, considerando que el suelo es el principal subsistema de acumulación de energía en este proyecto, una sensible pérdida energética. Por tanto, la elección del caudal nominal del emisor influye de manera directa sobre la capacidad del subsistema de acumulación de la energía proporcionada por el subsistema de generación fotovoltaica. La profundidad del bulbo húmedo formado depende, fundamentalmente, de tres variables:

- Textura del suelo
- Caudal nominal del emisor.
- Tiempo de riego

Pese a que es habitual el uso de tablas estandarizadas en las que se relaciona la profundidad y el radio mojados en función del volumen de agua aportado y la textura del suelo, en este caso se dispone de una prueba de campo en parcela proporcionada por el Sistema de Información de Suelos de la Comunidad Autónoma de la Rioja (*Tabla 3*).

VOLUMEN AGUA (l)	PROF. MOJADA (m)	RADIO MOJADO (m)
2	0,15	0,16
4	0,25	0,21
8	0,35	0,34
12	0,44	0,40
16	0,51	0,47
24	0,64	0,50
32	0,74	0,55
40	0,86	0,63
60	1,05	0,79
80	1,21	0,85

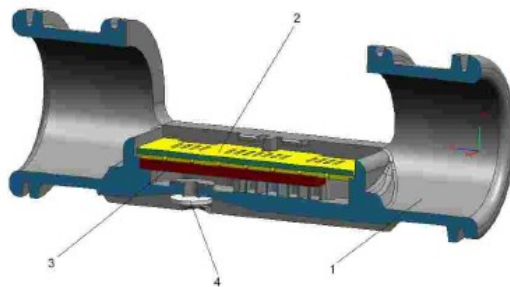
Tabla 4. Resultados de la prueba de campo.

Dado que en la instalación planteada en este proyecto sólo se regará en aquellos momentos en los que se disponga de radiación suficiente para el funcionamiento del sistema de bombeo, se ha establecido una jornada máxima de riego de 8 horas, según el año meteorológico típico configurado (*Anejo 1*).

A continuación se presentan los datos necesarios para la elección del caudal nominal del emisor:

- Profundidad del ramal portaemisores..... 0,30 m
- Duración máxima de la jornada de riego 8 h
- Profundidad del sistema radicular mayorado un 10% 1,10 m
- Profundidad máxima del bulbo húmedo desde el emisor..... 0,80 m

Por tanto, se elige un emisor autocompensante con un caudal nominal de $4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ ya que, en una jornada de riego de 8 h cada gotero emitirá 32 l de agua, alcanzando una profundidad total de 1,04 m (considerando la profundidad a la que se instalará el ramal).



1. Cuerpo de polietileno
2. Tapa de filtro de polietileno
3. Membrana autocompensante de silicona
4. Membrana antisucción de silicona

Figura 2. Sección del gotero MEGADRIP.

Para su instalación en parcela se ha seleccionado una tubería emisora con gotero autocompensante integrado MEGADRIP de la casa Mondragón Soluciones de $4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ y tecnología antisucción (*Figura 2*), lo que le supone una característica indispensable para su uso en riego por goteo subterráneo. Sus características técnicas son las siguientes:

Caudal ($\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$)	4
Rango de autocompensación (m)	3-40
Diámetros disponibles (mm)	16, 18
Material de la tubería	PEBD PN40 (UNE 53-367)

Tabla 5. Características técnicas de la tubería emisora.

3.3. DETERMINACIÓN DE LA SEPARACIÓN ENTRE EMISORES

Una vez determinado el caudal nominal del emisor a instalar se establece el número de emisores que regará cada uno de los árboles de la parcela. El criterio seguido a la hora de determinar el número de emisores y, por lo tanto, la separación entre los mismos se basa en la obtención de un solape entre bulbos de la misma línea (mismo ramal portaemisores) comprendido entre un 10 y 20%.

Para ello es necesario conocer el radio del bulbo húmedo en las condiciones de riego extremas fijadas en el apartado anterior, es decir, cuando se produce la máxima duración del riego. La siguiente expresión permite determinar la proporción de solape conseguida en función de la distancia entre módulos.

$$S = 200 \left(1 - \frac{S_e}{D_m} \right) \quad [2]$$

donde:

S solape (%)
 S_e separación entre emisores (m)
 D_m diámetro mojado (m)

En la siguiente tabla se muestran los resultados del cálculo de la separación entre emisores para conseguir un solape de un 10 y un 20%.

S (%)	D _m (m)	S _e (m)
10	1,1	1,045
20	1,1	0,99

Tabla 6. Determinación de la separación entre emisores.

Según los valores obtenidos, se separarán los emisores 1 m. En la siguiente figura se aprecia la formación de los bulbos húmedos en la parcela de proyecto.

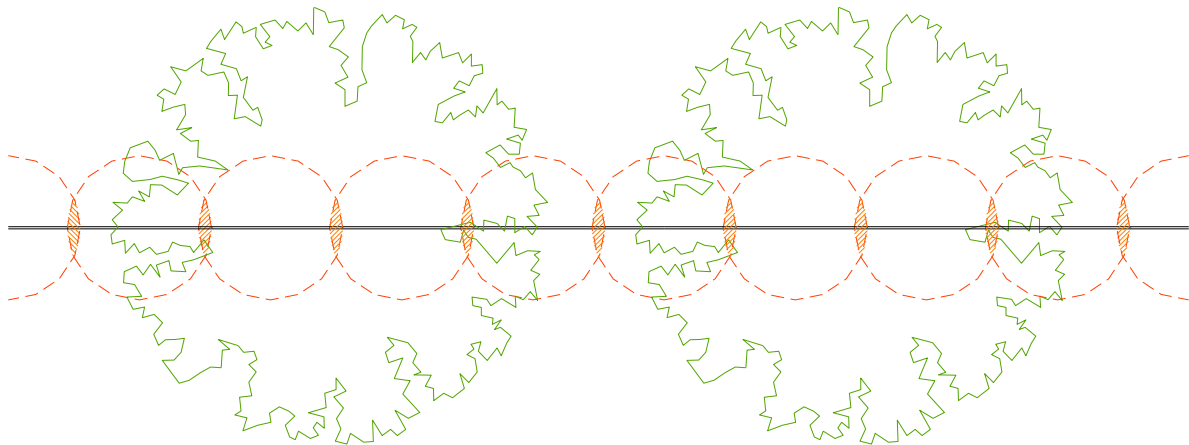


Figura 3. Solape de los bulbos húmedos.

4. DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS UNIDADES DE RIEGO

4.1. DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS UNIDADES DE RIEGO

Una vez concretado la distribución en parcela de la red de riego se procede al diseño hidráulico de cada una de las unidades que la componen.

El diseño hidráulico de una unidad de riego sigue el proceso que se muestra a continuación:

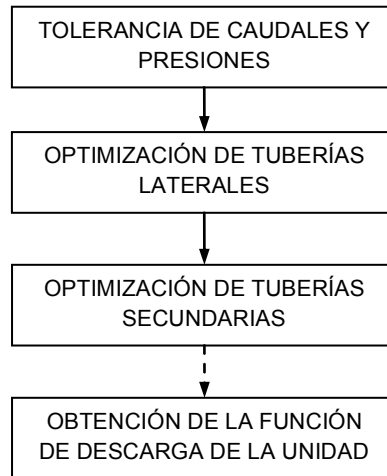


Figura 4. Secuencia de diseño hidráulico de una unidad de riego.

4.2. TOLERANCIA DE CAUDALES Y PRESIONES

El primer paso en el diseño hidráulico de las unidades de riego será el establecimiento de las tolerancias de caudales y presiones ya que van a determinar las pérdidas de carga admisibles en la misma considerando la uniformidad de distribución definida en el diseño agronómico. Pese a que en la instalación proyectada se van a usar emisores autocompensantes se describe el proceso de cálculo para los dos tipos de emisor estudiados.

4.2.1. Emisores turbulentos

El procedimiento de cálculo empleado en este caso es el siguiente:

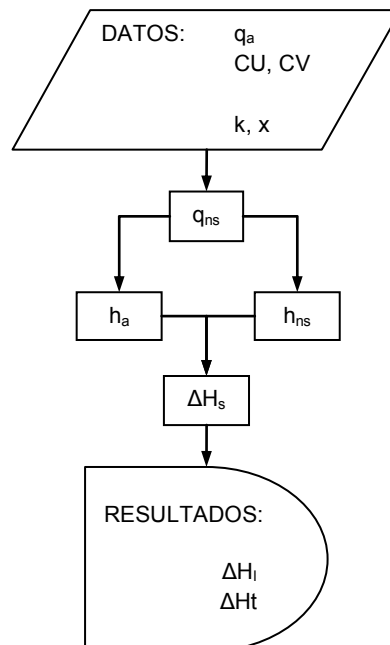


Figura 5. Diagrama de flujo de tolerancia de caudales y presiones para emisores turbulentos.

En el caso de emisores no autocompensantes, una vez fijado el valor de la Uniformidad de Distribución (CU) que se desea alcanzar, se puede obtener el caudal mínimo tolerado en la unidad de riego (q_{ns}) a partir del ajustado (q_a), aplicando la fórmula propuesta por Keller y Karmelli:

$$q_{ns} = \frac{CU \cdot q_a}{100 \left(1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right)} \quad [1]$$

donde:

q_{ns}	caudal mínimo de la unidad ($l \cdot h^{-1}$)
q_a	Caudal medio de la unidad ($l \cdot h^{-1}$)
CU	coeficiente de uniformidad (%)
CV	Coefficiente de variación de fabricación del emisor (1/1)

La determinación de la tolerancia de presiones se basa en la obtención de la presión correspondiente a cada uno de los dos caudales determinados en función de la ecuación del emisor. La ecuación que describe su caudal emitido en función de la presión suministrada será la siguiente:

$$q = k \cdot h^x \quad [2]$$

donde:

q	caudal emitido por el gotero ($l \cdot h^{-1}$)
h	presión suministrada al gotero (mca)
k	coeficiente de descarga del emisor (-)
x	exponente de descarga del emisor (-)

Las componentes de la ecuación del emisor (coeficiente y exponente de descarga) serán suministrados por el fabricante del mismo. Conocidos los caudales medio y mínimo de la unidad, así como la ecuación del emisor se puede calcular las presiones correspondientes al caudal medio y mínimo mediante las siguientes expresiones:

$$h_a = \left(\frac{q_a}{k} \right)^{1/x} \quad [3]$$

$$h_{ns} = \left(\frac{q_{ns}}{k} \right)^{1/x} \quad [4]$$

La diferencia máxima de presiones permitida en cualquiera de las unidades de riego que compongan la instalación, compatible con el CU elegido, es proporcional a la diferencia de presiones entre la máxima y la media, resultando:

$$\Delta H_s = 2,5 \cdot (h_a - h_{ns}) \quad [5]$$

Teniendo en cuenta que esta diferencia de presión se reparte entre los laterales y la tubería secundaria de cada unidad:

$$\Delta H_s = \Delta H_t + \Delta H_l \quad [6]$$

donde:

ΔH_s	diferencia de presión admisible en la unidad (mca)
ΔH_t	variación de presión admisible en la secundaria (mca)
ΔH_l	variación de presión admisible en cada lateral (mca)

En terreno horizontal o de pequeña pendiente, la tolerancia de presiones en la unidad se dividirá a partes iguales entre los laterales y la secundaria:

$$\frac{\Delta H_s}{2} = \Delta H_t = \Delta H_l \quad [7]$$

4.2.2. Emisores autocompensantes

El procedimiento de cálculo empleado en este caso es el siguiente:

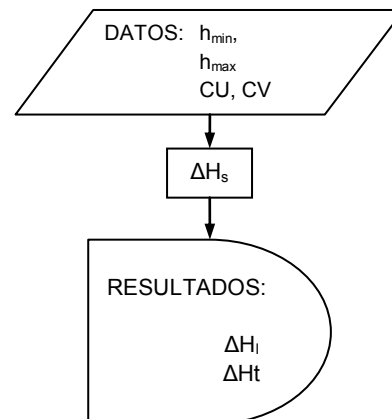


Figura 6. Diagrama de flujo de tolerancia de caudales y presiones para emisores autocompensantes.

En este caso, la uniformidad de distribución en la unidad de riego no dependerá prácticamente de la variación de presiones dentro de ella y sólo del coeficiente de variación e fabricación del emisor y del número de emisores de los que reciba agua cada planta.

Por ello, conocidos ambos parámetros, se podrá determinar el coeficiente potencial de uniformidad de distribución que puede alcanzarse en la unidad y compararlo con el deseado. El coeficiente potencial se calculará:

$$CU_p = 100 \left(1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right) \quad [8]$$

donde:

CU_p	coeficiente de uniformidad potencial (%)
CV	coeficiente de variación de fabricación del emisor (1/1)

Serán valores suministrados por el fabricante la presión mínima a partir de la cual el emisor funciona como autocompensante (h_{\min}) y la máxima. No se recomienda sobrepasar la presión de 0,40 MPa para evitar daños en las tuberías. Por ello la diferencia máxima de presiones permitida en la unidad será:

$$\Delta H_s = 40 - h_{\min} \quad [9]$$

La presión admisible en los laterales y la secundaria se determinará mediante la *Ecuación 6*.

4.3. OPTIMIZACIÓN DE LAS TUBERÍAS LATERALES

Las tuberías laterales o ramales son aquellas que contienen los emisores. Estarán ejecutadas en polietileno de baja densidad (PEBD) de 0,4 MPa (40 m) de presión nominal y alimentadas por un extremo. Se dimensionará el lateral más desfavorable de cada unidad, es decir, el que tenga una mayor longitud y/o transporte el mayor caudal.

El procedimiento general para la optimización de las tuberías laterales se presenta en la *Figura 5*. Se trata de un método iterativo en el que se irán determinando las pérdidas de carga producidas en la conexión con distintos diámetros de tubería de polietileno de baja densidad (PEBD) hasta obtener el diámetro cuyas pérdidas más se aproxime, por defecto, a las establecidas en la tolerancia de presiones de la unidad.

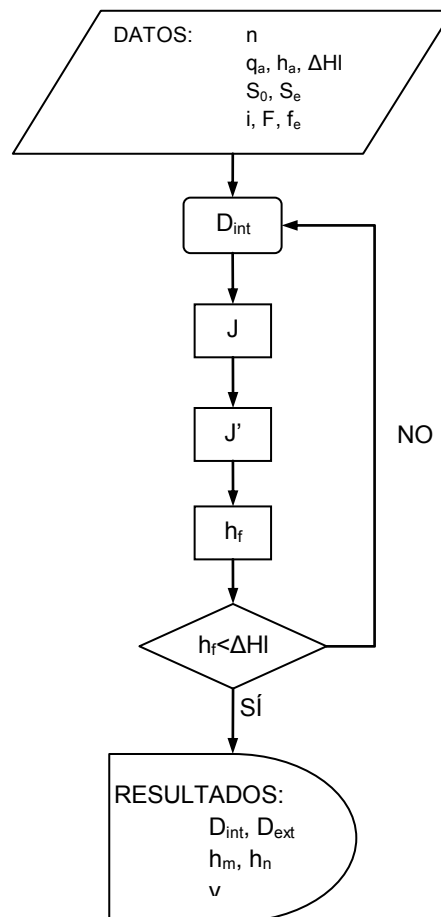


Figura 7. Diagrama de flujo de optimización de tuberías laterales.

Conocida la variación de presión admisible en cada una de las tuberías laterales que forman parte de la unidad de riego se procede a optimizar el diámetro de las mismas.

En la siguiente figura se muestra el caso general de un lateral de longitud l alimentado en un extremo por la secundaria. La presión inicial es h_m , la última h_u y la mínima h_n , que se produce en un punto en el que la curva de presión es tangente al terreno. La presión media es h_a . La pérdida de carga por rozamiento es h_f . En el esquema se representa el terreno con una pendiente i .

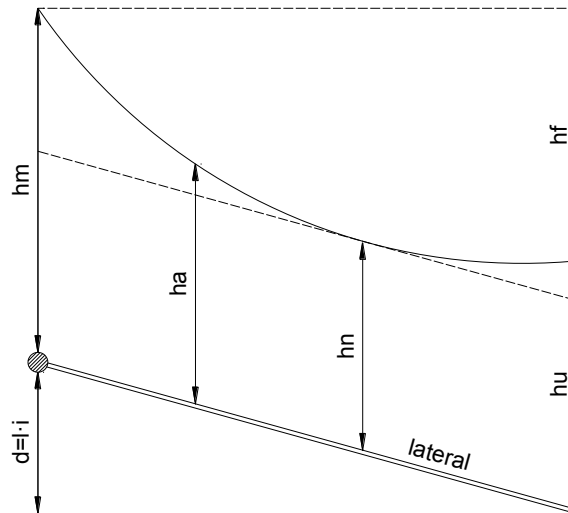


Figura 8. Esquema hidráulico de un lateral alimentado en un extremo por la secundaria.

Para la determinación de las pérdidas de carga en las tuberías laterales se aplicará, en todos los casos, la ecuación de Darcy-Weisbach con la aproximación de Blasius que se expresa:

$$J = 0,473 D_{int}^{-4,75} \cdot q_l^{1,75} \quad [10]$$

donde:

- J pérdida de carga unitaria (m/m)
- D_{int} diámetro interior de la conducción (mm)
- q_l caudal circulante por el lateral (l/h)

Conocidas las pérdidas de carga unitarias en el lateral (J) se procede a calcular las pérdidas de carga unitarias en el lateral incluido el efecto de las conexiones de los emisores (J_e) mediante la siguiente expresión:

$$J' = J \cdot \frac{S_e + f_e}{S_e} \quad [11]$$

donde:

- J' pérdida de carga unitaria incluido el efecto de las conexiones de los goteros (m/m)
- J pérdida de carga unitaria (m/m)
- S_e separación entre emisores en el lateral (m)
- f_e pérdida de carga producida por la conexión del emisor expresada en longitud equivalente (m)

En el caso de emisores interlinea (como es el caso objeto de cálculo), si el fabricante no proporciona el valor, se aceptará una longitud equivalente de 0,23 m por pérdidas de carga en la conexión del gotero.

A continuación se determinarán las pérdidas de carga totales producidas en la conducción aplicando la ecuación siguiente:

$$h_f = J' \cdot F \cdot l \quad [12]$$

donde:

h_f	pérdidas de carga totales en la conducción (m)
J'	pérdida de carga unitaria incluido el efecto de las conexiones de los goteros (m/m)
F	coeficiente de Christiansen (-)
l	longitud del ramal (m)

El valor del coeficiente de Christiansen se determina en función del número de emisores (n) y del exponente del caudal de la fórmula de pérdida de carga adoptada (1,75 para la fórmula de Blasius, adoptada en este proyecto).

$$F = \frac{\sum_{i=1}^N i^{1,75}}{n^{2,75}} \quad [13]$$

No obstante, se emplearán los valores del coeficiente que se encuentran calculados en la siguiente tabla:

n	F	n	F	n	F
1	1	12	0,406	26	0,383
2	0,650	13	0,403	28	0,382
3	0,546	14	0,400	30	0,380
4	0,497	15	0,397	32	0,379
5	0,469	16	0,395	35	0,378
6	0,451	17	0,393	40	0,376
7	0,438	18	0,392	50	0,374
8	0,438	19	0,390	60	0,372
9	0,428	20	0,389	80	0,370
10	0,415	22	0,387	100	0,367
11	0,410	24	0,385	>100	0,367

Tabla 7. Coeficiente de Christiansen en función del número de emisores.

Por último se determinarán los valores de presión máxima y mínima en el lateral. Las expresiones que determinan estos dos parámetros dependen de la topografía del terreno, tomando configuraciones diferentes si el terreno es horizontal, sube o baja.

Como se puede apreciar en los **Planos 3 (Topográfico)** y **6 (Red de riego)** todos los laterales de este proyecto se han dispuesto siguiendo las curvas de nivel del terreno y, por lo tanto, sobre terreno horizontal. En este caso se aplicarán las siguientes ecuaciones:

$$h_m = h_a + 0,733h_f \quad [14]$$

$$h_n = h_a - 0,267h_f \quad [15]$$

4.4. OPTIMIZACIÓN DE LAS TUBERÍAS SECUNDARIAS

Calculada la presión inicial de los ramales se procederá al cálculo y optimización de las tuberías secundarias que alimentan a las laterales. Estarán ejecutadas en polietileno de baja densidad (PEBD) de 0,6 MPa (60 m) de presión nominal. El procedimiento se puede apreciar en el siguiente diagrama de flujo:

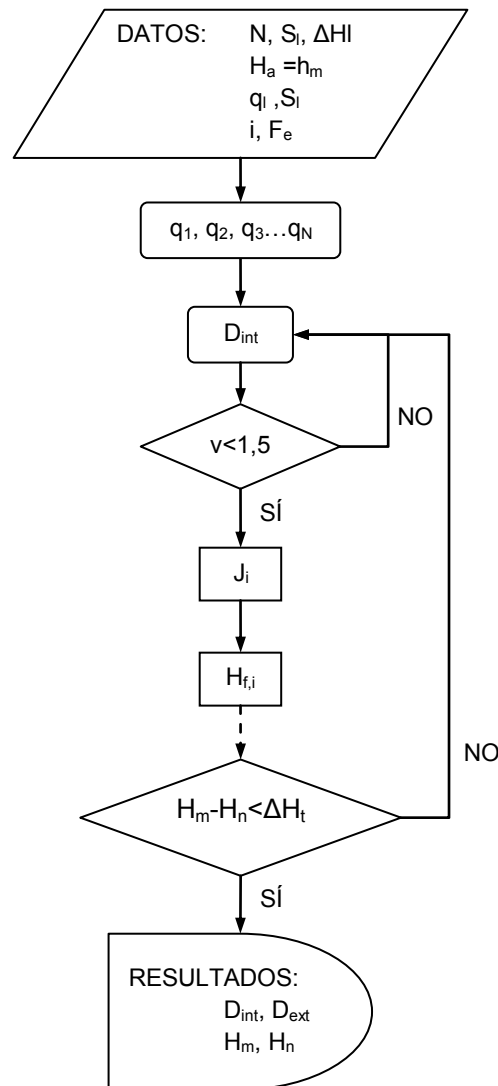


Figura 9. Diagrama de flujo de optimización de tuberías secundarias.

En el cálculo de las tuberías laterales se determina la presión inicial (h_m) en el lateral medio de riego. En el cálculo de las tuberías secundarias, la presión media de funcionamiento se igualará a la presión inicial del lateral más desfavorable. A partir de este dato se optimizará el diámetro de las secundarias y se obtendrán los valores máximo y mínimo de presión en las mismas.

$$H_a = h_m \quad [16]$$

donde:

H_a presión media de funcionamiento de la secundaria (m)
 h_m presión inicial del lateral más desfavorable (m)

La tubería secundaria se divide en N tramos, tantos como laterales, delimitado cada uno de ellos por los puntos de conexión entre la secundaria y los laterales excepto en el ramal enésimo que queda delimitado por la conexión del lateral N y la toma de la tubería primaria. De modo que el caudal que transportará cada tramo será la suma del caudal de todos los laterales que se encuentran aguas abajo del mismo.

En primer lugar se decide el tipo de tubería y su diámetro; para esto último se adopta el criterio de que la velocidad no supere $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. De modo que se planteará una secundaria telescópica con un máximo de tres secciones diferentes de tubería.

Una vez elegida la tubería, las pérdidas de carga serán calculadas para cada tramo, en función del caudal que circula por él utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach con Blasius (*Ec.10*). Asimismo se considerará, en cada tramo, los efectos del desnivel del terreno y las pérdidas de carga provocadas por la conexión entre el lateral y la secundaria.

La pérdida de carga en cada tramo de tubería secundaria entre dos laterales contiguos se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_f = J \cdot (S_l + F_e) \quad [17]$$

donde:

H_f pérdida de carga en cada tramo de secundaria (m/m)
 J pérdida de carga unitaria (m/m)
 S_l separación entre los laterales que delimitan el tramo (m)
 F_e pérdida de carga en la conexión del lateral (m)

Ahora, a la presión inicial en la secundaria (H_m , valor de momento desconocido al que se le dará, inicialmente, un valor de 0) se le va descontando la pérdida de carga de cada tramo y añadiendo o deduciendo el desnivel (H_d), según la secundaria vaya perdiendo o ganando altura. De esta forma se obtiene la presión para el punto inicial de cada lateral en función de H_m , valor aún desconocido. La media de todas esas presiones se iguala a H_a , presión de entrada del lateral medio, que es un dato del problema, lo que permite calcular H_m y la presión en cada lateral, la menor de las cuales es H_n .

A efectos prácticos, denominaremos pérdidas totales (H_t) a la suma de las pérdidas por fricción más el desnivel acumulados en cada tramo. El procedimiento explicado se materializa en la siguiente expresión:

$$H_m - \frac{\sum_{i=1}^N H_{t,i}}{N} = H_a \quad [18]$$

donde:

- H_m presión al inicio de la secundaria (m)
- H_t pérdida de carga total en cada tramo de secundaria considerando las pérdidas por fricción (H_f) y el desnivel (H_d) (m)
- H_a presión media de funcionamiento de la secundaria (m)

La menor presión al inicio de un lateral en la secundaria será el resultado de la diferencia entre la presión al inicio de la secundaria y la mayor de las pérdidas totales (en valor absoluto ya que, como se ha considerado en un principio $H_m = 0$, presentan valores negativos)

$$H_n = H_m - \text{MAX} |H_{t,i}| \quad [19]$$

Una vez determinadas las presiones en cada uno de los puntos de conexión de la secundaria con las tuberías laterales, se recalcularán las presiones (inicial, media y mínima) en cada una de las tuberías portaemisores, concluyendo así el dimensionado de la unidad de riego.

4.5. RESULTADOS OBTENIDOS

4.5.1. Tolerancia de caudales y presiones

El gotero autocompensante elegido en el *Apartado 3.2.* presenta un rango de compensación comprendido entre 3 y 40 m, dado el valor de presión nominal de la tubería emisora elegida (PEBD 16 mm PN 4).

h_m (m)	40,00
h_{ns} (m)	3,00

Tabla 8. Presiones de compensación.

De modo que la diferencia de presión admisible en la unidad de riego (considerando tanto los laterales como la tubería secundaria de cada unidad) es la siguiente:

ΔH (m)	37,00
ΔH_t (m)	18,50
ΔH_l (m)	18,50

Tabla 9. Caída de presión admisible total en cada unidad de riego, en los ramales y en la secundaria.

4.5.2. Optimización de las tuberías laterales

Como se puede apreciar en el **Plano 6** (Red de riego) la gran mayoría de los ramales de la instalación tienen la misma longitud, 84 m, por lo que el cálculo de la sección de los ramales se efectuará considerando esta longitud. En la siguiente tabla se muestran las características generales del ramal.

I (m)	84
S_e (m)	1,00
n (emisores)	84
i (%)	0
q_a (l·h ⁻¹)	4,00
q_l (l·h ⁻¹)	336
ΔH_l (l·h ⁻¹)	18,50
f_e (m)	0,26
F (-)	0,37

Tabla 10. Datos generales del ramal.

A continuación se elige la sección del ramal considerando la pérdida de carga máxima admisible en el lateral de riego.

D_{ext} (mm)	D_{int} (mm)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h_r (m)	VÁLIDO	Re -	h_m (m)	h_a (m)	h_n (m)	v (m·s ⁻¹)
16,0	13,2	0,05932	0,07475	2,32317	SÍ	8976,29	5,62	4,46	3,30	0,68
16,0	13,4	0,05523	0,06959	2,16301	SÍ	8842,32	5,46	4,38	3,30	0,66
16,0	13,6	0,05148	0,06487	2,01603	SÍ	8712,28	5,32	4,31	3,30	0,64
20,0	17,0	0,01784	0,02247	0,69851	SÍ	6969,83	4,00	3,65	3,30	0,41
20,0	17,2	0,01687	0,02126	0,66076	SÍ	6888,78	3,96	3,63	3,30	0,40
20,0	17,6	0,01513	0,01906	0,59241	SÍ	6732,22	3,89	3,60	3,30	0,38

Tabla 11. Determinación del diámetro de la tubería lateral.

En la **Tabla 11** se comprueba cómo la conducción de menor calibre que cumple, sobradamente, con la caída de presión admisible en el lateral es la de diámetro 16/13,2 mm. Como esta comprobación se ha llevado a cabo para una tubería de 84 m y se han proyectado ramales portagoteros de mayor longitud (hasta 104 m), en la siguiente tabla se presenta la longitud máxima del ramal para que las pérdidas de carga en él sean inferiores a la admisible.

∅_{ext} (mm)	∅_{int} (mm)	L_{max} (m)
16	13,2	147,86
16	13,4	151,75
16	13,6	155,68
20	17,0	228,89
20	17,2	233,56
20	17,6	243,02

Tabla 12. Longitud máxima de los ramales de riego en función de su diámetro.

Para el diámetro seleccionado la máxima longitud de la conducción es de 147, 86 m, por lo que este calibre podrá ser utilizado en todos los ramales de la instalación.

4.5.3. Optimización de las tuberías secundarias

A continuación se presentan los resultados de la optimización de las tuberías secundarias por sectores de riego según el procedimiento descrito en el *Apartado 4.4.*

Nº TRAMO	n	Q	D _{int}	v	J	F _e	L	H _f	H _d	H _{inicio 3ª}	H _{inicio 3ª}	
-	(emisores)	(l·h ⁻¹)	(mm)	(m·s ⁻¹)	(m·m ⁻¹)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
R - 1.1	84	3360,00	28,4	1,47	0,0876	0,15	2	0,19	-0,04	0,00	-2,32	6,51
1.1 - 1.2	84	3024,00	28,4	1,33	0,0729	0,15	5	0,38	-0,10	-0,15	-2,47	6,36
1.2 - 1.3	84	2688,00	28,4	1,18	0,0593	0,15	5	0,31	-0,10	-0,42	-2,75	6,09
1.3 - 1.4	84	2352,00	28,4	1,03	0,0469	0,15	5	0,24	-0,10	-0,63	-2,95	5,88
1.4 - 1.5	84	2016,00	28,4	0,88	0,0358	0,15	5	0,18	-0,10	-0,77	-3,09	5,74
1.5 - 1.6	84	1680,00	28,4	0,74	0,0261	0,15	5	0,13	-0,10	-0,86	-3,18	5,66
1.6 - 1.7	84	1344,00	28,4	0,59	0,0176	0,15	5	0,09	-0,10	-0,89	-3,21	5,62
1.7 - 1.8	84	1008,00	28,4	0,44	0,0107	0,15	5	0,05	-0,10	-0,88	-3,20	5,63
1.8 - 1.9	84	672,00	28,4	0,29	0,0052	0,15	5	0,03	-0,10	-0,84	-3,16	5,68
1.9 - 1.10	84	336,00	28,4	0,15	0,0016	0,15	5	0,01	-0,10	-0,76	-3,09	5,75
TOTAL	47							1,61	-0,94	-0,67	-2,99	5,84

Tabla 13. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 1.

Nº TRAMO	n	Q	D _{int}	v	J	F _e	L	H _f	H _d	H _{inicio 3ª}	H _{inicio 3ª}	
-	(emisores)	(l·h ⁻¹)	(mm)	(m·s ⁻¹)	(m·m ⁻¹)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
R - 2.1	84	3360,00	28,4	1,47	0,0876	0,15	2	0,19	-0,04	0,00	-2,32	6,51
2.1 - 2.2	84	3024,00	28,4	1,33	0,0729	0,15	5	0,38	-0,10	-0,15	-2,47	6,36
2.2 - 2.3	84	2688,00	28,4	1,18	0,0593	0,15	5	0,31	-0,10	-0,42	-2,75	6,09
2.3 - 2.4	84	2352,00	28,4	1,03	0,0469	0,15	5	0,24	-0,10	-0,63	-2,95	5,88
2.4 - 2.5	84	2016,00	28,4	0,88	0,0358	0,15	5	0,18	-0,10	-0,77	-3,09	5,74
2.5 - 2.6	84	1680,00	28,4	0,74	0,0261	0,15	5	0,13	-0,10	-0,86	-3,18	5,66
2.6 - 2.7	84	1344,00	28,4	0,59	0,0176	0,15	5	0,09	-0,10	-0,89	-3,21	5,62
2.7 - 2.8	84	1008,00	28,4	0,44	0,0107	0,15	5	0,05	-0,10	-0,88	-3,20	5,63
2.8 - 2.9	84	672,00	28,4	0,29	0,0052	0,15	5	0,03	-0,10	-0,84	-3,16	5,68
2.9 - 2.10	84	336,00	28,4	0,15	0,0016	0,15	5	0,01	-0,10	-0,76	-3,09	5,75
TOTAL	47							1,61	-0,94	-0,67	-2,99	5,84

Tabla 14. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 2.

Nº TRAMO	n	Q	D _{int}	v	J	F _e	L	H _f	H _d	H _{inicio 3ª}	H _{inicio 3ª}	
-	(emisores)	(l·h ⁻¹)	(mm)	(m·s ⁻¹)	(m·m ⁻¹)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
R - 3.1	84	3360,00	28,4	1,47	0,0876	0,15	2	0,19	-0,04	0,00	-2,32	6,51
3.1 - 3.2	84	3024,00	28,4	1,33	0,0729	0,15	5	0,38	-0,10	-0,15	-2,47	6,36
3.2 - 3.3	84	2688,00	28,4	1,18	0,0593	0,15	5	0,31	-0,10	-0,42	-2,75	6,09
3.3 - 3.4	84	2352,00	28,4	1,03	0,0469	0,15	5	0,24	-0,10	-0,63	-2,95	5,88
3.4 - 3.5	84	2016,00	28,4	0,88	0,0358	0,15	5	0,18	-0,10	-0,77	-3,09	5,74
3.5 - 3.6	84	1680,00	28,4	0,74	0,0261	0,15	5	0,13	-0,10	-0,86	-3,18	5,66
3.6 - 3.7	84	1344,00	28,4	0,59	0,0176	0,15	5	0,09	-0,10	-0,89	-3,21	5,62
3.7 - 3.8	84	1008,00	28,4	0,44	0,0107	0,15	5	0,05	-0,10	-0,88	-3,20	5,63
3.8 - 3.9	84	672,00	28,4	0,29	0,0052	0,15	5	0,03	-0,10	-0,84	-3,16	5,68
3.9 - 3.10	84	336,00	28,4	0,15	0,0016	0,15	5	0,01	-0,10	-0,76	-3,09	5,75
TOTAL	47							1,61	-0,94	-0,67	-2,99	5,84

Tabla 15. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 3.

Nº TRAMO	n	Q	D _{int}	v	J	F _e	L	H _f	H _d	H _{inicio 3ª}		H _{inicio 3ª}
-	(emisores)	(l·h ⁻¹)	(mm)	(m·s ⁻¹)	(m·m ⁻¹)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)
R - 4.1	84	3360,00	28,4	1,47	0,0876	0,15	2	0,19	-0,04	0,00	-2,32	6,51
4.1 - 4.2	84	3024,00	28,4	1,33	0,0729	0,15	5	0,38	-0,10	-0,15	-2,47	6,36
4.2 - 4.3	84	2688,00	28,4	1,18	0,0593	0,15	5	0,31	-0,10	-0,42	-2,75	6,09
4.3 - 4.4	84	2352,00	28,4	1,03	0,0469	0,15	5	0,24	-0,10	-0,63	-2,95	5,88
4.4 - 4.5	84	2016,00	28,4	0,88	0,0358	0,15	5	0,18	-0,10	-0,77	-3,09	5,74
4.5 - 4.6	84	1680,00	28,4	0,74	0,0261	0,15	5	0,13	-0,10	-0,86	-3,18	5,66
4.6 - 4.7	84	1344,00	28,4	0,59	0,0176	0,15	5	0,09	-0,10	-0,89	-3,21	5,62
4.7 - 4.8	84	1008,00	28,4	0,44	0,0107	0,15	5	0,05	-0,10	-0,88	-3,20	5,63
4.8 - 4.9	84	672,00	28,4	0,29	0,0052	0,15	5	0,03	-0,10	-0,84	-3,16	5,68
4.9 - 4.10	84	336,00	28,4	0,15	0,0016	0,15	5	0,01	-0,10	-0,76	-3,09	5,75
TOTAL	47						1,61	-0,94		-0,67	-2,99	5,84

Tabla 16. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 4.

Nº TRAMO	n	Q	D _{int}	v	J	F _e	L	H _f	H _d	H _{inicio 3ª}		H _{inicio 3ª}
-	(emisores)	(l·h ⁻¹)	(mm)	(m·s ⁻¹)	(m·m ⁻¹)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)
R - 5.1	84	3024,00	28,4	1,33	0,0729	0,15	2	0,16	-0,04	0,00	-2,32	6,21
5.1 - 5.2	84	2688,00	28,4	1,18	0,0593	0,15	5	0,31	-0,10	-0,12	-2,44	6,09
5.2 - 5.3	84	2352,00	28,4	1,03	0,0469	0,15	5	0,24	-0,10	-0,32	-2,65	5,88
5.3 - 5.4	84	2016,00	28,4	0,88	0,0358	0,15	5	0,18	-0,10	-0,46	-2,79	5,74
5.4 - 5.5	84	1680,00	28,4	0,74	0,0261	0,15	5	0,13	-0,10	-0,55	-2,87	5,66
5.5 - 5.6	84	1344,00	28,4	0,59	0,0176	0,15	5	0,09	-0,10	-0,58	-2,91	5,62
5.6 - 5.7	84	1008,00	28,4	0,44	0,0107	0,15	5	0,05	-0,10	-0,57	-2,90	5,63
5.7 - 5.8	84	672,00	28,4	0,29	0,0052	0,15	5	0,03	-0,10	-0,53	-2,85	5,68
5.8 - 5.9	84	336,00	28,4	0,15	0,0016	0,15	5	0,01	-0,10	-0,46	-2,78	5,75
TOTAL	42						1,20	-0,84		-0,36	-2,69	5,84

Tabla 17. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 5.

Nº TRAMO	n	Q	D _{int}	v	J	F _e	L	H _f	H _d	H _{inicio 3ª}		H _{inicio 3ª}
-	(emisores)	(l·h ⁻¹)	(mm)	(m·s ⁻¹)	(m·m ⁻¹)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)
R - 6.1	84	3024,00	28,4	1,33	0,0729	0,15	2	0,16	-0,04	0,00	-2,32	6,21
6.1 - 6.2	84	2688,00	28,4	1,18	0,0593	0,15	5	0,31	-0,10	-0,12	-2,44	6,09
6.2 - 6.3	84	2352,00	28,4	1,03	0,0469	0,15	5	0,24	-0,10	-0,32	-2,65	5,88
6.3 - 6.4	84	2016,00	28,4	0,88	0,0358	0,15	5	0,18	-0,10	-0,46	-2,79	5,74
6.4 - 6.5	84	1680,00	28,4	0,74	0,0261	0,15	5	0,13	-0,10	-0,55	-2,87	5,66
6.5 - 6.6	84	1344,00	28,4	0,59	0,0176	0,15	5	0,09	-0,10	-0,58	-2,91	5,62
6.6 - 6.7	84	1008,00	28,4	0,44	0,0107	0,15	5	0,05	-0,10	-0,57	-2,90	5,63
6.7 - 6.8	84	672,00	28,4	0,29	0,0052	0,15	5	0,03	-0,10	-0,53	-2,85	5,68
6.8 - 6.9	84	336,00	28,4	0,15	0,0016	0,15	5	0,01	-0,10	-0,46	-2,78	5,75
TOTAL	42						1,20	-0,84		-0,36	-2,69	5,84

Tabla 18. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 6.

Nº TRAMO	n (emisores)	Q (l·h ⁻¹)	D _{int} (mm)	v (m·s ⁻¹)	J (m·m ⁻¹)	F _e (m)	L (m)	H _f (m)	H _d (m)	H _{inicio 3ª} (m)		H _{inicio 3ª} (m)
R - 7.1	84	3024,00	28,4	1,33	0,0729	0,15	2	0,16	-0,04	0,00	-2,32	6,21
7.1 - 7.2	84	2688,00	28,4	1,18	0,0593	0,15	5	0,31	-0,10	-0,12	-2,44	6,09
7.2 - 7.3	84	2352,00	28,4	1,03	0,0469	0,15	5	0,24	-0,10	-0,32	-2,65	5,88
7.3 - 7.4	84	2016,00	28,4	0,88	0,0358	0,15	5	0,18	-0,10	-0,46	-2,79	5,74
7.4 - 7.5	84	1680,00	28,4	0,74	0,0261	0,15	5	0,13	-0,10	-0,55	-2,87	5,66
7.5 - 7.6	84	1344,00	28,4	0,59	0,0176	0,15	5	0,09	-0,10	-0,58	-2,91	5,62
7.6 - 7.7	84	1008,00	28,4	0,44	0,0107	0,15	5	0,05	-0,10	-0,57	-2,90	5,63
7.7 - 7.8	84	672,00	28,4	0,29	0,0052	0,15	5	0,03	-0,10	-0,53	-2,85	5,68
7.8 - 7.9	84	336,00	28,4	0,15	0,0016	0,15	5	0,01	-0,10	-0,46	-2,78	5,75
TOTAL	42						1,20		-0,84	-0,36	-2,69	5,84

Tabla 19. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 7.

Nº TRAMO	n (emisores)	Q (l·h ⁻¹)	D _{int} (mm)	v (m·s ⁻¹)	J (m·m ⁻¹)	F _e (m)	L (m)	H _f (m)	H _d (m)	H _{inicio 3ª} (m)		H _{inicio 3ª} (m)
R - 8.1	84	3024,00	28,4	1,33	0,0729	0,15	2	0,16	-0,04	0,00	-2,32	6,21
8.1 - 8.2	84	2688,00	28,4	1,18	0,0593	0,15	5	0,31	-0,10	-0,12	-2,44	6,09
8.2 - 8.3	84	2352,00	28,4	1,03	0,0469	0,15	5	0,24	-0,10	-0,32	-2,65	5,88
8.3 - 8.4	84	2016,00	28,4	0,88	0,0358	0,15	5	0,18	-0,10	-0,46	-2,79	5,74
8.4 - 8.5	84	1680,00	28,4	0,74	0,0261	0,15	5	0,13	-0,10	-0,55	-2,87	5,66
8.5 - 8.6	84	1344,00	28,4	0,59	0,0176	0,15	5	0,09	-0,10	-0,58	-2,91	5,62
8.6 - 8.7	84	1008,00	28,4	0,44	0,0107	0,15	5	0,05	-0,10	-0,57	-2,90	5,63
8.7 - 8.8	84	672,00	28,4	0,29	0,0052	0,15	5	0,03	-0,10	-0,53	-2,85	5,68
8.8 - 8.9	84	336,00	28,4	0,15	0,0016	0,15	5	0,01	-0,10	-0,46	-2,78	5,75
TOTAL	42						1,20		-0,84	-0,36	-2,69	5,84

Tabla 20. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 8.

Nº TRAMO	n (emisores)	Q (l·h ⁻¹)	D _{int} (mm)	v (m·s ⁻¹)	J (m·m ⁻¹)	F _e (m)	L (m)	H _f (m)	H _d (m)	H _{inicio 3ª} (m)		H _{inicio 3ª} (m)
R - 9.1	64	2928,00	28,4	1,28	0,0689	0,15	2	0,15	-0,04	0,00	-1,79	5,76
9.1 - 9.2	64	2672,00	28,4	1,17	0,0587	0,15	5	0,30	-0,10	-0,11	-1,90	5,65
9.2 - 9.3	64	2416,00	28,4	1,06	0,0492	0,15	5	0,25	-0,10	-0,31	-2,10	5,45
9.3 - 9.4	64	2160,00	28,4	0,95	0,0404	0,15	5	0,21	-0,10	-0,46	-2,25	5,29
9.4 - 9.5	64	1904,00	28,4	0,83	0,0324	0,15	5	0,17	-0,10	-0,57	-2,36	5,18
9.5 - 9.6	64	1648,00	28,4	0,72	0,0252	0,15	5	0,13	-0,10	-0,64	-2,43	5,12
9.6 - 9.7	64	1392,00	28,4	0,61	0,0187	0,15	5	0,10	-0,10	-0,67	-2,46	5,09
9.7 - 9.8	64	1136,00	28,4	0,50	0,0131	0,15	5	0,07	-0,10	-0,67	-2,45	5,09
9.8 - 9.9	64	880,00	28,4	0,39	0,0084	0,15	5	0,04	-0,10	-0,63	-2,42	5,12
9.9 - 9.10	64	624,00	28,4	0,27	0,0046	0,15	5	0,02	-0,10	-0,58	-2,36	5,18
9.10 - 9.11	52	368,00	28,4	0,16	0,0018	0,15	9,4	0,02	-0,10	-0,50	-1,74	5,26
9.11 - 9.12	24	160,00	28,4	0,07	0,0004	0,15	28,4	0,01	-0,10	-0,42	-0,74	5,34
9.12 - 9.13	16	64,00	28,4	0,03	0,0001	0,15	12	0,00	-0,10	-0,33	-0,49	5,43
TOTAL	96,8						1,47		-1,24	-0,23	-0,23	5,53

Tabla 21. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 9.

Nº TRAMO -	n (emisores)	Q (l·h ⁻¹)	D _{int} (mm)	v (m·s ⁻¹)	J (m·m ⁻¹)	F _e (m)	L (m)	H _f (m)	H _d (m)	H _{inicio 3ª} (m)		H _{inicio 3ª} (m)
R - 10.1	104	2896,00	28,4	1,27	0,0676	0,15	2	0,15	-0,04	0,00	-4,18	7,84
10.1 - 10.2	104	2480,00	28,4	1,09	0,0515	0,15	5	0,27	-0,10	-0,11	-4,29	7,74
10.2 - 10.3	104	2064,00	28,4	0,91	0,0374	0,15	5	0,19	-0,10	-0,27	-4,45	7,57
10.3 - 10.4	104	1648,00	28,4	0,72	0,0252	0,15	5	0,13	-0,10	-0,36	-4,54	7,48
10.4 - 10.5	96	1232,00	28,4	0,54	0,0151	0,15	5	0,08	-0,10	-0,39	-4,03	7,45
10.5 - 10.6	84	848,00	28,4	0,37	0,0079	0,15	5	0,04	-0,10	-0,37	-3,25	7,47
10.6 - 10.7	64	512,00	28,4	0,22	0,0033	0,15	5	0,02	-0,10	-0,31	-2,10	7,53
10.7 - 10.8	44	256,00	28,4	0,11	0,0010	0,15	5	0,00	-0,10	-0,23	-1,16	7,61
10.8 - 10.9	20	80,00	28,4	0,04	0,0001	0,15	5	0,00	-0,10	-0,13	-0,37	7,71
TOTAL							42	0,87	-0,84	-0,03	-0,03	7,81

Tabla 22. Resultados de la optimización de la tubería secundaria del Sector 10.

4.5.4. Cálculo de presiones en los ramales portaemisores

Conocida la presión al inicio de cada ramal de riego por goteo, se han determinado las presiones máxima, media y mínima en cada ramal portaemisores, comprobando que esta última no sea inferior, en ningún caso, al valor mínimo de presión de compensación de los goteros (3 m).

RAMAL -	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
1.1	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,36	4,66	4,04	0,68
1.2	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,09	4,39	3,77	0,68
1.3	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,88	4,18	3,56	0,68
1.4	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,74	4,04	3,42	0,68
1.5	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,66	3,95	3,33	0,68
1.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,62	3,92	3,30	0,68
1.7	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,63	3,93	3,31	0,68
1.8	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,68	3,97	3,35	0,68
1.9	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,75	4,05	3,43	0,68
1.10	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,84	4,14	3,52	0,68

Tabla 23. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 1.

RAMAL -	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
2.1	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,36	4,66	4,04	0,68
2.2	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,09	4,39	3,77	0,68
2.3	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,88	4,18	3,56	0,68
2.4	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,74	4,04	3,42	0,68
2.5	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,66	3,95	3,33	0,68
2.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,62	3,92	3,30	0,68
2.7	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,63	3,93	3,31	0,68
2.8	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,68	3,97	3,35	0,68
2.9	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,75	4,05	3,43	0,68
2.10	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,84	4,14	3,52	0,68

Tabla 24. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 2.

RAMAL	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
-										
3.1	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,36	4,66	4,04	0,68
3.2	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,09	4,39	3,77	0,68
3.3	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,88	4,18	3,56	0,68
3.4	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,74	4,04	3,42	0,68
3.5	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,66	3,95	3,33	0,68
3.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,62	3,92	3,30	0,68
3.7	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,63	3,93	3,31	0,68
3.8	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,68	3,97	3,35	0,68
3.9	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,75	4,05	3,43	0,68
3.10	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,84	4,14	3,52	0,68

Tabla 25. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 3.

RAMAL	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
-										
4.1	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,36	4,66	4,04	0,68
4.2	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,09	4,39	3,77	0,68
4.3	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,88	4,18	3,56	0,68
4.4	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,74	4,04	3,42	0,68
4.5	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,66	3,95	3,33	0,68
4.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,62	3,92	3,30	0,68
4.7	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,63	3,93	3,31	0,68
4.8	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,68	3,97	3,35	0,68
4.9	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,75	4,05	3,43	0,68
4.10	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,84	4,14	3,52	0,68

Tabla 26. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 4.

RAMAL	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
-										
5.1	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,09	4,39	3,77	0,68
5.2	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,88	4,18	3,56	0,68
5.3	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,74	4,04	3,42	0,68
5.4	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,66	3,95	3,33	0,68
5.5	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,62	3,92	3,30	0,68
5.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,63	3,93	3,31	0,68
5.7	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,68	3,97	3,35	0,68
5.8	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,75	4,05	3,43	0,68
5.9	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,84	4,14	3,52	0,68

Tabla 27. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 5.

RAMAL	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
-										
6.1	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,09	4,39	3,77	0,68
6.2	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,88	4,18	3,56	0,68
6.3	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,74	4,04	3,42	0,68
6.4	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,66	3,95	3,33	0,68
6.5	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,62	3,92	3,30	0,68
6.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,63	3,93	3,31	0,68
6.7	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,68	3,97	3,35	0,68
6.8	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,75	4,05	3,43	0,68
6.9	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,84	4,14	3,52	0,68

Tabla 28. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 6.

RAMAL	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
-										
7.1	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,09	4,39	3,77	0,68
7.2	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,88	4,18	3,56	0,68
7.3	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,74	4,04	3,42	0,68
7.4	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,66	3,95	3,33	0,68
7.5	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,62	3,92	3,30	0,68
7.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,63	3,93	3,31	0,68
7.7	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,68	3,97	3,35	0,68
7.8	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,75	4,05	3,43	0,68
7.9	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,84	4,14	3,52	0,68

Tabla 29. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 7.

RAMAL	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
-										
8.1	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	6,09	4,39	3,77	0,68
8.2	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,88	4,18	3,56	0,68
8.3	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,74	4,04	3,42	0,68
8.4	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,66	3,95	3,33	0,68
8.5	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,62	3,92	3,30	0,68
8.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,63	3,93	3,31	0,68
8.7	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,68	3,97	3,35	0,68
8.8	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,75	4,05	3,43	0,68
8.9	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,323166	5,84	4,14	3,52	0,68

Tabla 30. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 8.

RAMAL	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
-										
9.1	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,65	4,34	3,86	0,68
9.2	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,45	4,14	3,66	0,68
9.3	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,29	3,98	3,51	0,68
9.4	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,18	3,87	3,40	0,68
9.5	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,12	3,81	3,33	0,68
9.6	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,09	3,78	3,30	0,68
9.7	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,09	3,78	3,30	0,68
9.8	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,12	3,81	3,34	0,68
9.9	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,18	3,87	3,39	0,68
9.10	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	5,26	3,95	3,47	0,68
9.11	16	13,2	52	0,02563	0,032294	1,242657	5,34	4,43	4,10	0,68
9.12	16	13,2	24	0,006624	0,008346	0,321155	5,43	5,19	5,11	0,68
9.13	16	13,2	16	0,003258	0,004105	0,157963	5,53	5,41	5,37	0,68

Tabla 31. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 9.

RAMAL	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	J (m·m ⁻¹)	J' (m·m ⁻¹)	h _f (m)	h _m (m)	h _a (m)	h _n (m)	v (m·s ⁻¹)
-										
10.1	16	13,2	104	0,086208	0,108622	4,179785	7,74	4,67	3,56	0,68
10.2	16	13,2	104	0,086208	0,108622	4,179785	7,57	4,51	3,39	0,68
10.3	16	13,2	104	0,086208	0,108622	4,179785	7,48	4,42	3,30	0,68
10.4	16	13,2	104	0,086208	0,108622	4,179785	7,45	4,39	3,27	0,68
10.5	16	13,2	96	0,07494	0,094425	3,633459	7,47	4,81	3,84	0,68
10.6	16	13,2	84	0,059324	0,074748	2,876301	7,53	5,42	4,66	0,68
10.7	16	13,2	64	0,03686	0,046444	1,787148	7,61	6,30	5,83	0,68
10.8	16	13,2	44	0,019133	0,024108	0,927658	7,71	7,03	6,78	0,68
10.9	16	13,2	20	0,004814	0,006066	0,233425	7,81	7,64	7,58	0,68

Tabla 32. Cálculo de presiones en los ramales del Sector 10.

5. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA TUBERÍA PRIMARIA

5.1. OPTIMIZACIÓN DE LA TUBERÍA PRIMARIA

La tubería primaria parte del cabezal instalado en la caseta de riego y discurre enterrada a una profundidad de 0,8 m desde su generatriz superior y con una pendiente descendente del 1,5% dividiendo a la parcela en dos. Está ejecutada en PVC de 0,6 MPa de presión nominal. La tubería primaria alimenta a cada una de las tuberías secundarias de cada uno de los 10 sectores de riego. La conexión entre la tubería primaria y las secundarias se realiza mediante una válvula hidráulica comandada hidráulicamente desde el cabezal de riego por medio de un solenoide.

El dimensionado de la tubería primaria se lleva a cabo siguiendo un criterio de velocidad de modo que está tome un valor comprendido entre los 0,3 y 3 m·s⁻¹. Conocidas las pérdidas en las conducciones se determinará la presión a la salida del cabezal de riego. Para ello se añadirán (ya que vamos en el sentido contrario al flujo del agua) a la presión de entrada de cada unidad de riego las pérdidas de presión calculadas para cada tramo de tubería, obteniendo así tantas presiones a la salida del cabezal de riego como puntos de distribución de agua a los sectores. Se elegirá el valor de presión

mayor de los calculados, cubriéndose así las necesidades de presión requeridas en el resto de puntos de alimentación.

Como se ha establecido en la **Memoria**, con objeto de adaptar el consumo energético a la oferta, se propone el funcionamiento de varios sectores de riego simultáneamente. Por ello, el criterio de velocidad citado se tiene que cumplir en distintas situaciones de carga ya que el caudal circulante por la tubería primaria será variable. Como no se conoce, a priori, el número máximo de sectores que podrán ser regados simultáneamente, se considerará para la optimización de la tubería primaria un Factor de Simultaneidad de 1(100%), es decir, los 10 sectores de riego funcionando a la vez. En la **Tabla 33** se muestran los valores de caudal y altura manométrica al inicio de la secundaria (conexión con la primaria) requeridos para el funcionamiento de cada uno de los sectores de riego.

SECTOR	Q (l·h ⁻¹)	H _m (m)
S1	3360,00	6,51
S2	3360,00	6,51
S3	3360,00	6,51
S4	3360,00	6,51
S5	3024,00	6,21
S6	3024,00	6,21
S7	3024,00	6,21
S8	3024,00	6,21
S9	2928,00	5,76
S10	2896,00	7,84

Tabla 33. Caudal y presión al inicio de la secundaria de cada sector.

En las siguiente tabla se muestran los resultados del cálculo de la sección de cada uno de los tramos de la tubería primaria en el supuesto de que funcionaran todos los sectores simultáneamente (situación más desfavorable).

TRAMO	Q (l·h ⁻¹)	D _{int} (mm)	v (m·s ⁻¹)	J (m·m ⁻¹)	L (m)	1.1L (m)	H _f (m)	H _d (m)	H _{ramal} (m)	P _{disponible} (m)	P _{requerida} (m)	CUMPLE	H _{CABEZAL} (m)
1	31360,00	59,2	3,16	0,1333	16	17,6	2,35	0,32	2,03	15,17	6,51	SÍ	8,54
2	24640,0	59,2	2,49	0,0874	50	55	4,81	1,00	5,84	11,36	6,51	SÍ	12,35
3	17920,0	59,2	1,81	0,0501	52	57,2	2,86	3,04	5,66	11,54	6,21	SÍ	11,87
4	11872,0	46,4	1,95	0,0775	45	49,5	3,84	0,90	8,60	8,60	6,21	SÍ	14,80
5	5824,0	46,4	0,96	0,0223	65	71,5	1,59	0,85	9,34	7,86	7,84	SÍ	17,18

Tabla 34. Situación más desfavorable de funcionamiento de la tubería primaria.

La situación de carga más favorable se produce cuando se alimenta únicamente el Sector 10. En la siguiente tabla se comprueba que se cumple con el criterio de velocidad mínima de 0,3 m/s.

TRAMO	Q (l·h ⁻¹)	D _{int} (mm)	v (m·s ⁻¹)	J (m·m ⁻¹)	L (m)	1.1L (m)	H _f (m)	H _d (m)	H _{ramal} (m)	P _{disponible} (m)	P _{requerida} (m)	CUMPLE	H _{CABEZAL} (m)
1	2896,0	59,2	0,29	0,0021	15	16,5	0,03	0,30	-0,27	6,52	6,51	SÍ	6,25
2	2896,0	59,2	0,29	0,0021	50	55	0,11	1,00	-1,15	7,41	6,51	SÍ	5,36
3	2896,0	59,2	0,29	0,0021	52	57,2	0,12	3,04	-4,07	10,33	6,21	SÍ	2,13
4	2896,0	46,4	0,48	0,0066	45	49,5	0,32	0,90	-4,65	10,90	6,21	SÍ	1,56
5	2896,0	46,4	0,48	0,0066	65	71,5	0,47	0,85	-5,03	11,28	7,84	SÍ	2,81

Tabla 35. Situación más favorable de funcionamiento de la tubería primaria.

5.2. ESTABLECIMIENTO DE LOS PUNTOS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

Dimensionado el diámetro de cada uno de los tramos de tubería primaria y comprobado que se cumple el criterio de velocidad establecido, se ha determinado, según el número de sectores que funcionen simultáneamente, el punto caudal – altura manométrica a la salida del cabezal de riego (Q-h) más favorable, es decir, la combinación de sectores que menor potencia requerirá por parte del sistema de bombeo para su funcionamiento y el punto Q-h más desfavorable, esto es, la combinación de sectores maximice la potencia necesaria para regar.

La determinación de la potencia de funcionamiento en cada uno de estos casos se detalla en el **Anejo 7** (Instalación de bombeo fotovoltaico). Los resultados obtenidos son los siguientes:

Nº SECTS	P _{min}		P _{max}	
	Q (l·h ⁻¹)	h (m)	Q (l·h ⁻¹)	h (m)
1	2896,00	6,23	3360,00	6,24
2	5824,00	6,32	6720,00	6,35
3	8848,00	7,51	10080,00	6,51
4	13440,00	6,71	11872,00	10,32
5	16464,00	6,93	14896,00	11,85
6	19488,00	7,69	17920,00	13,63
7	22512,00	8,65	21280,00	14,88
8	25536,00	9,75	24640,00	16,30
9	28464,00	12,41	28000,00	16,66
10	31360,00	17,06	31360,00	17,06

Tabla 36. Puntos Q-h extremos de funcionamiento hidráulico según el número de sectores funcionando simultáneamente.

En la tabla anterior se puede apreciar cómo en el caso de funcionar los 10 sectores a la vez existe un único punto Q-h de funcionamiento ya que sólo existe una combinación posible.

6. ZANJAS

A continuación se describen las características de la zanja que contendrá la tubería primaria de la instalación de riego por goteo.

6.1. SECCIÓN

Las paredes de la zanja tendrán un talud 1H: 3V. Las tierras excavadas se separarán de los bordes. De esta forma se evitara derrumbamientos.

6.2. DIMENSIONES

La anchura interior de la zanja será de 50 cm, superior al diámetro nominal de la tubería. Por su parte, la anchura superior será el resultado de la suma de la anchura interior y dos tercios de la profundidad de la zanja. La profundidad de la zanja será de 100 cm.

6.3. RELLENO

La tubería primaria se apoya sobre una cama de arena cuidadosamente compactada y con pendiente uniforme del 1,5% y 10 cm de espesor. La distancia desde la generatriz superior de la tubería hasta la superficie es de al 80 cm, evitando así derivados de la realización de labores agrícolas profundas. Así, el relleno hasta 40 cm por encima de dicha generatriz es de material seleccionado compactado al 95% del Próctor Normal y el resto del relleno es ordinario, compactado al 100% del Próctor Normal.

El relleno se ejecutara por tongadas sucesivas de unos 10 cm con tierras procedentes de la propia excavación siempre y cuando sean de fácil compactación.

7. VALVULERÍA

Las válvulas que se colocarán en la instalación de riego proyectada son las que se describen a continuación.

7.1. VÁLVULAS HIDRÁULICAS DE SECTOR

Las válvulas hidráulicas de sector son las encargadas de permitir o no el paso de agua a cada uno de los sectores de riego. Se instalarán 10 válvulas hidráulicas de 32 mm en cada una de las conexiones entre la tubería primaria y la secundaria. Estas conexiones son dobles ya que la distribución de sectores de la parcela es simétrica respecto a la tubería principal por lo que, en cada conexión se agruparán la conexión de dos sectores de riego, resultando un total de 5 conexiones en la parcela con dos válvulas hidráulicas cada una y una ventosa (por tratarse de un punto alto).

7.2. DESAGÜES

Al final de cada una de las 10 tuberías secundarias se instalará un desagüe que sube a la superficie con el fin de vaciar la red de distribución hidráulica si fuera necesario. El desagüe está formado por un tramo de tubería de HDPE de 32 mm de diámetro rematado por una válvula de bola manual de 2" que permitirá la salida de agua y una ventosa ya que se trata de un punto alto. Como se explica en el apartado posterior, el desagüe estará protegido por un anillo de hormigón prefabricado.

8. ARQUETAS

Tanto las conexiones de la tubería primaria con las secundarias como los desagües (válvula de bola) instalados al final de las secundarias estarán protegidos por una arqueta circular de hormigón prefabricado que, en el caso de las conexiones primaria – secundaria contarán con una tapa de acero galvanizado en frío para evitar el robo de las válvulas hidráulicas.

Las conexiones primaria – secundaria contarán con una arqueta de 60 cm de diámetro interior mientras que la de los desagües será de 40 cm de diámetro interior. El interior de estos anillos de hormigón prefabricado contará con una capa de gravilla de 15 cm de espesor.

9. CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

El sistema de riego estará completamente automatizado y controlado por un autómata programable que, en función de la energía disponible en cada momento, del riego acumulado de cada sector y siguiendo un algoritmo de funcionamiento establecido, decidirá cuántos y qué sectores de riego se deben regar.

Este autómata generará una señal eléctrica de salida que excitará a un solenoide tipo Latch de 24 V que enviará un impulso hidráulico que abrirá o cerrará la válvula hidráulica de sector. El impulso hidráulico se transmite a través de un microtubo de PEBD que discurre por el interior de la zanja ejecutada para la colocación de la tubería primaria y emerge al comienzo de cada sector de riego. Por tanto se instalarán 10 solenoides, uno por sector, que se colocarán próximos al autómata ya que funcionan con impulsos de 200 milisegundos para cada maniobra (abrir/cerrar).

No ha sido implementado un algoritmo que regule el funcionamiento de la instalación de riego fotovoltaico ya que escapa al alcance y objetivos del presente proyecto.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 7

INSTALACIÓN DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN	5
3. PREDIMENSIONADO DEL EQUIPO DE BOMBEO	6
3.1. ESTABLECIMIENTO DE LOS RANGOS DE POTENCIA TEÓRICOS	6
3.2. ELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR	8
4. PREDIMENSIONADO LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	8
4.1. ELECCIÓN DEL INVERSOR.....	8
4.2. ELECCIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	9
4.3. ESTABLECIMIENTO DE LA UNIDAD MÍNIMA DE POTENCIA	9
4.4. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA HORARIA GENERADA EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA	9
4.4.1. <i>Datos climáticos</i>	10
4.4.2. <i>Sombras</i>	10
4.4.3. <i>Características técnicas de los elementos de la instalación</i>	10
5. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	11
5.1. CLASIFICACIÓN TEMPORAL DE LA POTENCIA GENERADA	11
5.2. COMPROBACIÓN DEL VOLUMEN ANUAL BOMBEADO.....	12
5.3. COMPROBACIÓN DE LA RESERVA DEL SUELO.....	13
5.4. CONFIGURACIÓN DEFINITIVA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	15
5.5. REVISIÓN DE LA ELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR.....	16
6. DIMENSIONADO DEL CABEZAL DE RIEGO.....	16
7. DIMENSIONADO DEL EQUIPO DE BOMBEO	18
7.1. ELECCIÓN DEL TIPO DE BOMBA	18

7.2. ELECCIÓN Y MODELADO DEL CONJUNTO MOTOR BOMBA.....	18
7.2.1. <i>Estimación de la frecuencia óptima de la bomba</i>	20
7.2.2. <i>Estimación de los valores de potencia y rendimiento de la bomba</i>	22
7.2.3. <i>Estimación de los valores de potencia y rendimiento del motor</i>	23
7.2.4. <i>Estimación de la potencia fotovoltaica necesaria</i>	24
8. COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DISEÑADO	25
9. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	26
9.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	26
9.2. INVERSOR	27
9.3. SISTEMA DE BOMBEO.....	27

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente Anejo es el dimensionado tanto de la instalación fotovoltaica que alimentará al motor del sistema de bombeo, como del propio conjunto motor – bomba. Se deberá determinar, por tanto, la potencia fotovoltaica a instalar para cubrir las necesidades hídricas del cultivo en las condiciones establecidas en el **Anejo 5** (Estudio de Necesidades Hídricas) y el número máximo de sectores de riego que podrán funcionar simultáneamente dependiendo de la oferta energética.

Según el algoritmo general de diseño planteado en la **Memoria** cuyo resumen se reproduce a continuación (**Figura 1**), en este Anejo se desarrollan los bloques 4, 5, 6 y 7 de la metodología.

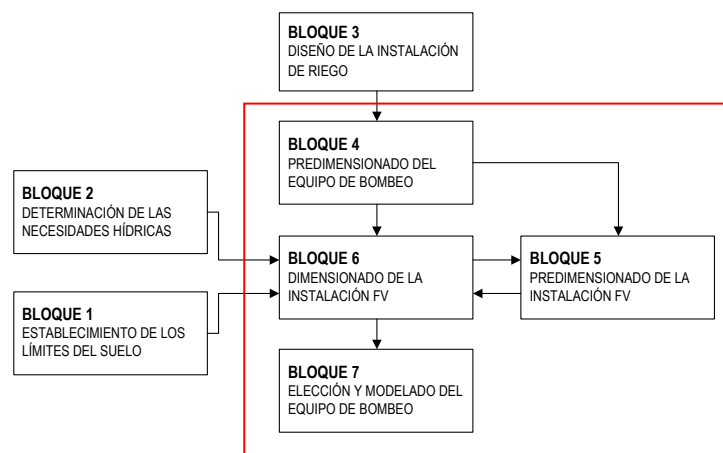


Figura 1. Diagrama relacional de etapas de diseño.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

Los componentes de la instalación de bombeo fotovoltaico que se va a dimensionar en este documento son los siguientes:

- **Subsistema de generación:** está compuesto por el conjunto de módulos conectados en serie y/o paralelo que transforman la energía incidente en energía eléctrica.
- **Subsistema de acondicionamiento de potencia:** su función principal es la de proporcionar al conjunto motor – bomba la combinación más adecuada de voltaje/corriente, a la vez que asegurar que el generador fotovoltaico opera en su punto de máxima potencia. Como se verá durante el desarrollo de este Anejo, en este caso está formado por un regulador de carga y un inversor.
- **Subsistema de acumulación de energía:** como se explica en la **Memoria** el principal subsistema de acumulación de energía al largo plazo será el propio suelo de la parcela. No obstante la instalación dispondrá de baterías para alimentar los elementos de control y accionamiento de las válvulas de sector (automata y solenoides).
- **Subsistema motor – bomba:** compuesto por un motor que acciona una bomba, es el principal destino de la energía obtenida en el subsistema de generación.

3. PREDIMENSIONADO DEL EQUIPO DE BOMBEO

3.1. ESTABLECIMIENTO DE LOS RANGOS DE POTENCIA TEÓRICOS

Teniendo en cuenta que la instalación de riego proyectada se ha planteado para que puedan funcionar simultáneamente un número variable de sectores de riego en función de la energía disponible en cada momento, no es posible elegir de manera directa el equipo de bombeo ya que no se conoce, a priori, el número máximo de sectores que podrán regar a la vez y, por tanto, la potencia máxima de entrada al conjunto motor – bomba.

En el **Anejo 6** (Instalación Hidráulica) han quedado definidos los puntos de funcionamiento Q-h a la salida del cabezal de riego según el número de sectores que funcionen a la vez (*Tabla 1*). Para cada número de sectores funcionando simultáneamente se ha determinado el punto Q-h de funcionamiento más favorable, esto es, aquél que implicará una demanda energética mínima, y el más desfavorable, es decir, el que demandará una mayor potencia al sistema de bombeo. A partir de estos valores se establecen los rangos de potencia teórica dentro de los cuales la instalación funcionará regando un número de sectores a la vez (*Ec. 1*).

$$P = \frac{Q \cdot h}{270 \cdot \eta_b} \cdot 736 \quad (1)$$

donde:

Q caudal bombeado ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
h altura manométrica (mca)
 η_b rendimiento teórico del sistema de bombeo (1/1)

Nº SECTS	P _{min}		P _{max}	
	Q (l/h)	h (m)	Q (l/h)	h (m)
1	2896,00	6,23	3360,00	6,24
2	5824,00	6,32	6720,00	6,35
3	8848,00	7,51	10080,00	6,51
4	13440,00	6,71	11872,00	10,32
5	16464,00	6,93	14896,00	11,85
6	19488,00	7,69	17920,00	13,63
7	22512,00	8,65	21280,00	14,88
8	25536,00	9,75	24640,00	16,30
9	28464,00	12,41	28000,00	16,66
10	31360,00	17,06	31360,00	17,06

Tabla 1. Requerimientos de caudal y altura manométrica a la salida del cabezal de riego.

Al no conocer la potencia máxima de funcionamiento y, por lo tanto, el equipo de bombeo, es necesario estimar un valor de rendimiento del conjunto formado por el motor y la bomba. Según lo observado en el catálogo comercial de la marca de sistemas de bombeo *Grundfos* se ha decidido emplear un rendimiento medio del 45% a la hora de determinar la potencia teórica. No obstante el posterior estudio y modelado de la bomba seleccionada permitirá conocer el valor exacto de rendimiento del sistema.

Tampoco es posible en este punto del diseño dimensionar el cabezal de riego (elementos de filtrado y medida) ya que depende del caudal máximo que circula a través de sus elementos. Por ello, se han añadido unas pérdidas de carga teóricas en el cabezal de 6 mca, que, como en el caso del sistema de bombeo, se corregirán tras conocer el caudal máximo de riego. Los requerimientos teóricos de caudal y altura manométrica totales resultarán:

Nº SECTS	P _{min}		P _{max}	
	Q (l/h)	h (m)	Q (l/h)	h (m)
1	2896,00	12,23	3360,00	12,24
2	5824,00	12,32	6720,00	12,35
3	8848,00	13,51	10080,00	12,51
4	13440,00	12,71	11872,00	16,32
5	16464,00	12,93	14896,00	17,85
6	19488,00	13,69	17920,00	19,63
7	22512,00	14,65	21280,00	20,88
8	25536,00	15,75	24640,00	22,30
9	28464,00	18,41	28000,00	22,66
10	31360,00	23,06	31360,00	23,06

Tabla 2. Requerimientos totales de caudal y altura manométrica.

En la *Tabla 3* se muestran los valores de potencia teórica máxima y mínima en función del número de sectores que funcionen a la vez.

Nº SECTS	P _{min} W	P _{max} W
1	287,21	333,48
2	581,53	672,51
3	962,41	1020,85
4	1381,29	1541,41
5	1719,23	2104,88
6	2146,03	2771,30
7	2641,04	3490,32
8	3206,38	4303,71
9	4141,60	4966,15
10	5656,12	5656,12

Tabla 3. Requerimientos energéticos en función del número de sectores que funcionan simultáneamente.

En la *Figura 2* se representan los rangos de potencia calculados.

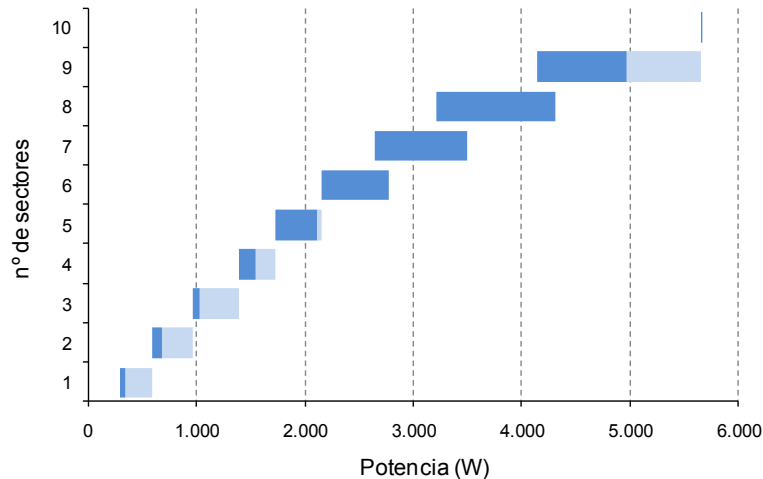


Figura 2. Rangos de potencia de entrada al motor en función del número de sectores regados simultáneamente.

Los rangos de teóricos de potencia de entrada al motor calculados en función de los distintos puntos de Q-h se representan en color azul oscuro en la figura anterior. No obstante, el rango real de funcionamiento se extiende hasta el límite inferior de la combinación de sectores siguiente. Esta extensión se representa en un tono más claro. En el caso del funcionamiento de 10 sectores de riego simultáneamente ya que sólo existe una única combinación de sectores regando a la vez, por ello se ha representado el valor de potencia de entrada al motor en este caso como una línea.

3.2. ELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR

Como se aprecia en el algoritmo de diseño presentado en la **Memoria** en este punto se debe elegir el tipo de motor que accionará la bomba (de corriente continua, DC, o de corriente alterna, AC). Como opción de diseño por defecto se ha elegido un motor de inducción de corriente alterna monofásico con una tensión nominal de funcionamiento de 230 V. No obstante, esta opción de diseño se revisará más adelante, una vez que se conozca la potencia máxima de alimentación del motor.

4. PREDIMENSIONADO LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

4.1. ELECCIÓN DEL INVERSOR

El predimensionado de la instalación fotovoltaica comienza con la definición del subsistema de acondicionamiento de energía. Antes de elegir el inversor es necesario fijar la tensión del sistema ya que determinará la elección del mismo. En este caso se ha establecido una tensión de 24 V. Este valor se deberá corresponder con el de tensión nominal de entrada al inversor.

Se debe atender, igualmente, al valor de la tensión de salida del inversor, ya que debe corresponderse con la tensión nominal del tipo de motor elegido en el apartado anterior (230 V).

Se ha seleccionado un inversor de la marca *Victron Energy* cuyas principales características se aprecian en la *Tabla 4*.

Tensión nominal (V)	24
Rango de tensión de entrada (V)	19 - 36
Tensión de salida (V)	230 ± 2%
Frecuencia de salida (Hz)	50 ± 1%
Potencia de salida (W)	800
Pico de potencia (W)	1.600
Eficiencia máxima (%)	94

Tabla 4. Características generales del inversor (Victron Energy C 24/800/16).

4.2. ELECCIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

Como elemento básico del subsistema de generación de energía se ha seleccionado un módulo fotovoltaico de la marca *BP Solar* de 175 Wp de potencia en condiciones estándar de medida (STC). Está integrado por 72 células de silicio monocristalino conectadas en serie. En la *Tabla 5* se presentan las principales características del módulo.

	STC	NOCT
Potencia máxima (W)	175	126
Tensión en MPP (V)	35,4	31,5
Corriente en MPP (A)	4,94	3,95
Corriente de cortocircuito – I_{sc} (A)	5,45	4,41
Tensión de circuito abierto – V_{oc} (V)	43,6	39,7
Tensión nominal (V)	24	
Eficiencia del módulo (%)	14	

Tabla 5. Características generales del módulo fotovoltaico (BP Solar Serie 4 - 175).

4.3. ESTABLECIMIENTO DE LA UNIDAD MÍNIMA DE POTENCIA

Una vez elegidos el inversor y el modelo de módulo fotovoltaico se configura el subsistema de generación. En este sentido, el rango de tensiones de entrada del inversor (19-36 V) debe corresponderse con el rango de tensiones proporcionada por el generador fotovoltaico.

Teniendo en cuenta que la tensión máxima que puede proporcionar un solo módulo fotovoltaico es de 35,4 V (tensión en el punto de máxima potencia - MPP), no se conectarán módulos en serie. El aumento de potencia instalada en el generador será, por tanto, el resultado de añadir módulos conectados en paralelo. Queda así definida una unidad mínima de potencia instalada de 175 Wp.

4.4. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA HORARIA GENERADA EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA

Una vez establecidos el inversor y el módulo se ha llevado a cabo un proceso iterativo que consiste en el aumento de la potencia fotovoltaica instalada mediante la adición progresiva de módulos en paralelo según la configuración propuesta en el epígrafe anterior.

Para ello se ha empleado el programa informático de simulación solar *PV*Sol* desarrollado por *Valentin Software* que, empleando un modelo dinámico de temperatura, proporciona pronósticos de producción energética anual.

En primer lugar es necesario introducir en el programa una serie de parámetros como son:

4.4.1. Datos climáticos

Es necesario introducir los valores horarios de todo un año de irradiancia, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad de viento. Los datos meteorológicos introducidos en este caso al programa son el resultado de un tratamiento previo de la serie de datos disponible para determinar el año meteorológico típico (TMY) siguiendo el procedimiento de Festa – Ratto. El procedimiento para la obtención del TMY así como su tratamiento para su introducción en el programa de simulación solar han quedado definidos en el **Anejo 1** (Estudio climático).

4.4.2. Sombras

La elevación del perfil del horizonte respecto a la horizontal ha sido obtenida en el **Anejo 3** (Estudio topográfico) mediante la elaboración de un modelo digital del terreno de la zona de estudio. En la *Figura 3* se muestra el perfil del horizonte obtenido. No existen más elementos en el entorno próximo de la ubicación del generador que puedan sombreadarlo.

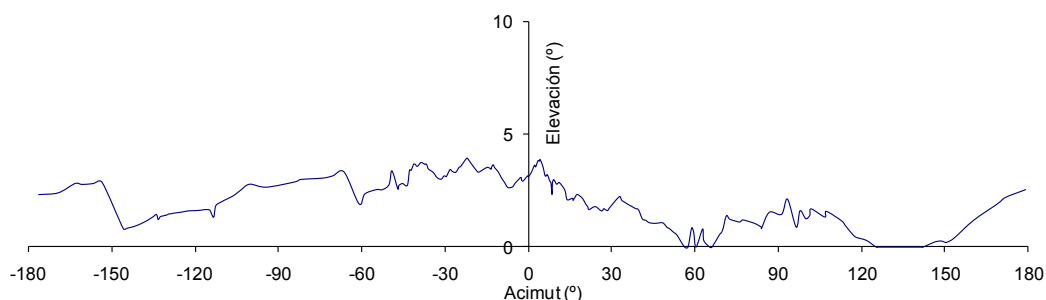


Figura 3. Perfil realizado del horizonte a una altura de 1m sobre la cota del terreno de la parcela de proyecto.

4.4.3. Características técnicas de los elementos de la instalación

Se introducen en la biblioteca del programa los parámetros que definen tanto el inversor como el módulo fotovoltaico seleccionados en este Anejo para que puedan ser empleados en la simulación. Asimismo se deben introducir las características técnicas del regulador y las baterías. El sistema contará con dos baterías conectadas en serie de 12 V y 200 Ah de capacidad de la marca *Sonnenschein* y un regulador de carga encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas. Las tensiones del regulador se ajustarán de forma que la profundidad de descarga máxima sea del 70 %. Se ha escogido un regulador de carga de la marca *Xantrex* modelo C60. En la siguiente tabla se presentan sus características.

Tensión nominal (V)	24
Tensión máxima de circuito abierto FV (V)	55
Corriente de carga en STC (A)	60
Corriente pico máxima (A)	85

Tabla 6. Características generales del regulador de carga (Xantrex C60).

Una vez introducidos los parámetros descritos en PV*Sol se han llevado a cabo diez simulaciones con una potencia fotovoltaica instalada creciente (*Tabla 7*) obteniéndose en cada una de las mismas una serie de 8.760 valores horarios de potencia a la salida del inversor.

Nº módulos	P _{FV} (kWp)
5	0,875
6	1,050
7	1,225
8	1,400
9	1,575
10	1,750
11	1,925
12	2,100
13	2,275
14	2,450

Tabla 7. Número de módulos y potencia fotovoltaica instalada en cada una de las simulaciones propuestas.

5. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

5.1. CLASIFICACIÓN TEMPORAL DE LA POTENCIA GENERADA

Se ha estudiado la distribución temporal de la potencia de salida del inversor en cada una de las simulaciones planteadas en el apartado anterior con objeto de conocer el número de horas durante el cual la instalación fotovoltaica podrá suministrar energía suficiente al motor del sistema de bombeo para regar las distintas combinaciones de sectores. De modo que se han distribuido estos valores horarios en función de los rangos de potencia determinados en el *Apartado 1.1* para el funcionamiento de las distintas combinaciones de sectores. Se obtiene así, para cada potencia fotovoltaica instalada, el tiempo (en horas al año) durante el cual la instalación podrá regar un número determinado de sectores simultáneamente. A continuación se muestra el número de horas de funcionamiento del sistema de bombeo (*Tabla 8*) y el caudal bombeado (*Tabla 9*) según la potencia fotovoltaica instalada.

		Potencia FV instalada (kWp)									
		0,875	1,050	1,225	1,400	1,575	1,750	1,925	2,100	2,275	2,450
Nº de sectores	1	1426	1291	1017	924	793	742	725	738	739	719
	2	28	372	808	1015	1134	1036	894	760	726	699
	3	0	0	0	14	115	406	663	857	874	795
	4	0	0	0	0	0	0	6	32	127	309
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (h)		1454	1663	1825	1953	2042	2184	2288	2387	2466	2530

Tabla 8. Número de horas de funcionamiento de cada combinación de sectores en función de la potencia fotovoltaica instalada.

		Potencia FV instalada (kWp)									
		0,875	1,050	1,225	1,400	1,575	1,750	1,925	2,100	2,275	2,450
Nº de sectores	1	4461	4038	3181	2890	2481	2321	2268	2308	2312	2249
	2	176	2333	5068	6366	7112	6498	5607	4767	4553	4384
	3	0	0	0	132	1088	3842	6275	8111	8272	7524
	4	0	0	0	0	0	0	76	405	1607	3911
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m³)		4636	6371	8249	9389	10681	12661	14226	15591	16744	18193
TOTAL (mm)		115,90	159,29	206,22	234,72	267,03	316,53	355,64	389,77	418,60	454,83

Tabla 9. Volumen bombeado para cada combinación de sectores en función de la potencia fotovoltaica instalada.

5.2. COMPROBACIÓN DEL VOLUMEN ANUAL BOMBEADO

En la *Tabla 10* se resume el contenido de los cuadros anteriores. Se han expresado los valores de volumen anual de agua bombeado tanto en m³ como en mm. A la hora de obtener el volumen en mm habrá que considerar la superficie cultivada de la parcela objeto de estudio (4 ha). También se muestra el número máximo de sectores que se podrán regar simultáneamente.

Nº módulos	P _{FV} (kWp)	Nº sectores máximo	Volumen (m ³)	Volumen (mm)
5	0,875	2	4636,14	115,90
6	1,050	2	6371,43	159,29
7	1,225	2	8248,95	206,22
8	1,400	3	9388,85	234,72
9	1,575	3	10681,31	267,03
10	1,750	3	12661,15	316,53
11	1,925	4	14225,54	355,64
12	2,100	4	15590,82	389,77
13	2,275	4	16743,91	418,60
14	2,450	5	18193,18	454,83

Tabla 10. Volumen total anual bombeado en función de la potencia fotovoltaica instalada.

En la *Figura 4* se aprecia la evolución lineal del volumen de agua anual bombeado conforme aumenta la potencia pico de la instalación.

A partir de estos resultados se selecciona aquella opción cuyo volumen bombeado sea inmediatamente superior a las necesidades hídricas netas del olivar. Las necesidades brutas anuales del cultivo ascienden a **282 mm**, sin embargo se aplicará a este valor un coeficiente de mayoración de un 10% en el que se considera tanto la eficiencia en la aplicación del sistema de riego (95% en este caso) y las posibles pérdidas tanto de agua como de tiempo de bombeo producidas en las operaciones de limpieza y mantenimiento de la instalación o por posibles averías. Por ello se elegirá la configuración que permita bombear un volumen anual de **311 mm**. Por tanto, se elige una potencia fotovoltaica de instalación de 1,75 kWp (10 módulos en paralelo de 175 Wp) que permitirá regar un máximo de 3 sectores simultáneamente (fila sombreada en la *Tabla 9*). En cualquier caso, será necesario comprobar que, con la solución adoptada, se mantiene la reserva del suelo dentro de los límites establecidos

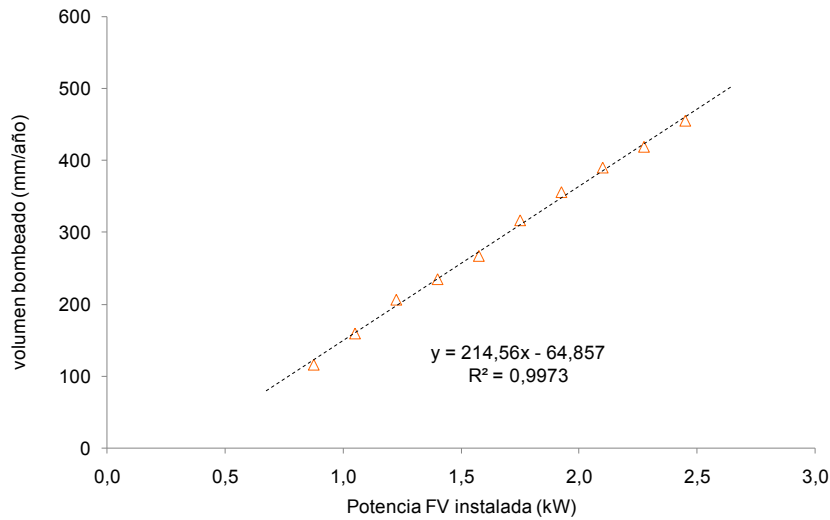


Figura 4. Volumen anual bombeado en función la potencia fotovoltaica instalada.

5.3. COMPROBACIÓN DE LA RESERVA DEL SUELO

Una vez comprobada la capacidad del sistema de aportar el volumen de agua demandado anualmente por el cultivo, se va a comprobar para cada mes que, en ningún caso, el volumen de agua aplicado provoque que la reserva del suelo supere el límite superior de acumulación (M) ni se sitúe por debajo del límite inferior (m).

- M: nivel máximo de agua en el suelo 172,63 mm
- m: nivel mínimo de agua en el suelo 43,16 mm

Para la potencia fotovoltaica elegida en el apartado anterior de 1,75 kWp, se ha repetido el proceso de clasificación de la energía llevado a cabo en el *Apartado 5.1* para cada mes del año obteniendo así el volumen de agua mensual que la instalación es capaz de bombear. En la *Tabla 11* se muestra este volumen (Volumen bruto) y el volumen efectivo que llegará al cultivo considerando un coeficiente de eficiencia en la aplicación del 95% para sistemas de riego por goteo (Volumen neto).

	Volumen bruto (mm)	Volumen neto (mm)
Enero	16,24	15,43
Febrero	17,11	16,26
Marzo	29,06	27,61
Abril	32,99	31,34
Mayo	32,60	30,97
Junio	35,31	33,55
Julio	39,24	37,28
Agosto	32,82	31,18
Septiembre	27,48	26,10
Octubre	21,67	20,58
Noviembre	19,07	18,12
Diciembre	12,94	12,29
	316,53	300,70

Tabla 11. Volumen mensual bombeado por un generador de 1,75 kWp.

A continuación se han introducido los valores de volumen neto en el balance hídrico mensual desarrollado en el **Anejo 5** con el fin de comprobar si se cumple o no la condición establecida.

	ET _c	PE	ET _c -PE	R ₁	R ₁ (correg.)	D _r	R ₂
	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes
Enero	26,8	21,6	5,2	47,8	47,8	15,4	93,7
Febrero	36,2	24,0	12,1	35,7	35,7	16,3	97,8
Marzo	53,8	39,0	14,8	20,9	20,9	27,6	110,6
Abril	65,0	50,3	14,7	6,2	6,2	31,3	127,3
Mayo	78,5	76,6	1,9	4,3	4,3	31,0	156,3
Junio	89,0	30,3	58,7	-54,4	0,0	33,5	131,2
Julio	90,7	16,0	74,7	-129,1	0,0	37,3	93,8
Agosto	84,3	19,6	64,6	-193,7	0,0	31,2	60,3
Septiembre	62,7	31,1	31,6	-225,4	0,0	26,1	54,8
Octubre	55,0	41,1	13,9	43,2	43,2	20,6	43,2
Noviembre	38,8	47,7	-8,9	52,1	52,1	18,1	70,2
Diciembre	30,8	31,7	-0,9	53,0	53,0	12,3	83,4
	711,6	429,2	282,4			300,7	

Tabla 12. Resultados del balance hídrico.

En la columna referente a la reserva del suelo (R₂) se puede observar como ésta se mantiene dentro de los límites establecidos. En la *Figura 5* se aprecia, con claridad, que la reserva, al contrario que en la estimación inicial se realizó en el Estudio de Necesidades Hídricas en el que la reserva descendía bajo el nivel mínimo de agua en el suelo (m), se mantiene dentro de los límites de acumulación del suelo establecidos durante todo el año. Por tanto, se acepta el diseño de la instalación fotovoltaica.

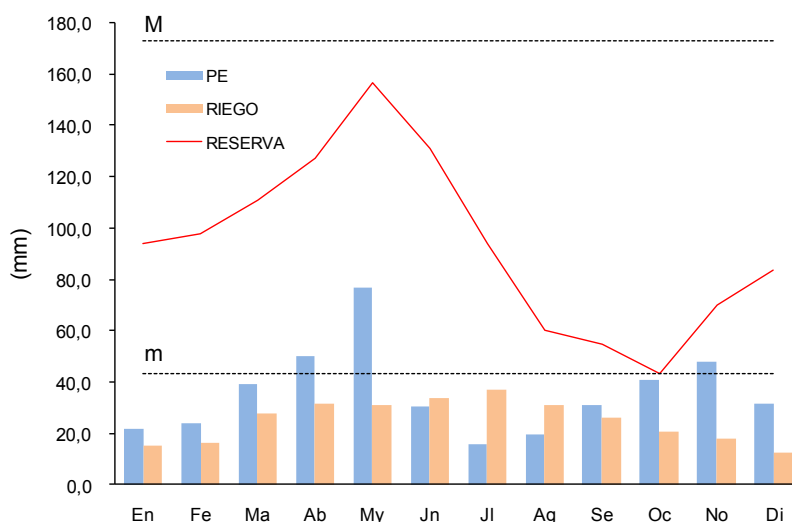


Figura 5. Aportaciones hídricas (riego y precipitación), evolución de la reserva del suelo.

5.4. CONFIGURACIÓN DEFINITIVA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Aceptada la configuración del subsistema de generación diseñada es la siguiente:

- Potencia FV instalada..... 1,75 kWp
- Número máximo de sectores en riego.....3
- Potencia teórica máxima de entrada al motor..... 1,02 kW
- Potencia teórica mínima de entrada al motor0,29 kW
- Caudal máximo de bombeo 10,1 m³·h⁻¹

A continuación se adjunta el informe de resultados de PV*Sol para este caso.

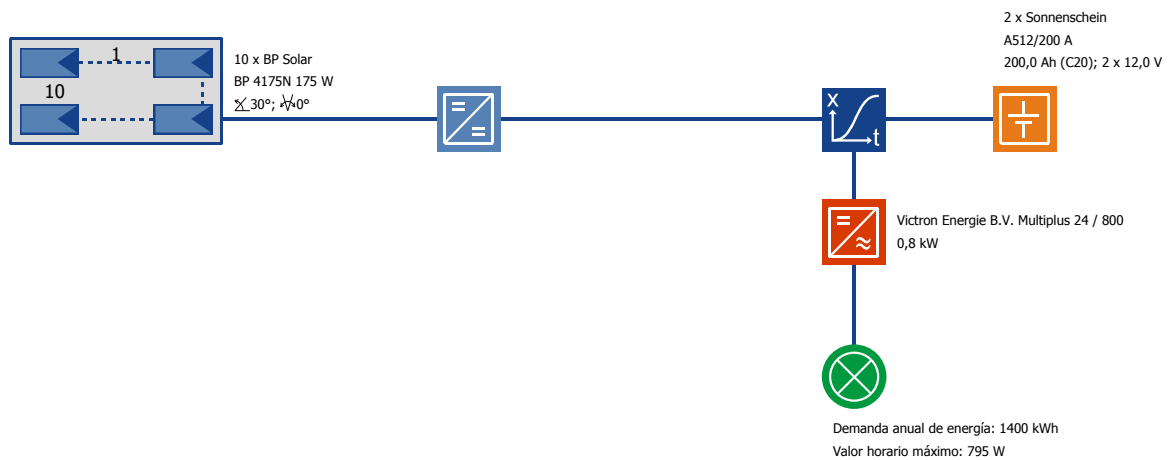


Figura 6. Diagrama de la instalación FV.

Sistema autónomo			
Ubicación:	Calahorra	Potencia FV:	1,75 kWp
Archivo de datos climáticos:	Aldeanueva de Ebro	Superficie FV bruta/ de referencia:	12,6 m ² / 12,5 m ²
Nº. de subgeneradores:	1		
Nombre del subgenerador			
Potencia:	1,75 kW	Reflexión del suelo:	20,0 %
Superficie de referencia / bruta:	12,6 m ² / 12,5 m ²	Pérdidas de potencia por	
Módulo FV	10 x	Desviación de AM 1.5:	1,0 %
Fabricante:	BP Solar	Desviación de las especificaciones del fabricante:	2,0 %
Tipo:	BP 4175N	En diodos:	0,5 %
Potencia nominal:	175 W	Por ensuciamiento:	0,0 %
Desviación de la potencia nominal:	0 %	Seguidor MPP	
Eficiencia (STC):	14,0 %	Hersteller-Typ-Leistung	
Nº. de Módulos en serie:	1	Potencia nominal (AC):	1,8 kW
Tensión MPP (STC):	35 V	Rango del seguimiento MPP:	8,5 V hasta 68,0 V
Orientación:	0,0 °	Eficiencia para la potencia nominal:	92,0 %
Ángulo de inclinación:	30,0 °	Eficiencia de adaptación del seguidor MPP:	85,0 %
Instalación:	Con ventilación trasera		
Sombra:	si		
Batería			
Fabricante:	Sonnenschein	Eficiencia media de carga:	85,0 %
Tipo:	A512/200 A	Eficiencia media de descarga:	99,0 %
Tensión nom.:	12,0 V	Regulador de carga	
Capacidad C20:	200,0 Ah	Límite inferior de descarga	30,0 %
Auto-descarga:	0,1 %/Día		

Inversor para sistemas autónomos			
Fabricante:	Victron Energie B.V.	Tensión nom. DC:	24,0 V
Tipo:	Multiplus 24 / 800	Consumo Stand-by:	0,0 W
Potencia nominal AC:	0,8 kW	Eficiencia para la potencia nominal:	94,0 %
Tensión nominal AC:	230,0 V		

Cargas 1 (Perfil de carga)			
Demanda anual:	1.400 kWh		
Valor horario máximo:	0,80 kW		
Consumo al fin de semana:	Sábado: 100 %	Domingo: 100 %	
Perfil de consumo:	RiegoFV_TMY		
Periodos de vacaciones:	ninguna		

Resultados de la simulación para el sistema completo			
Irradiación sobre la horizontal:	17.685 kWh	Carga de la batería :	271 kWh
Irradiación sobre el generador FV:	19.623 kWh	Pérdidas de la batería:	44 kWh
Irradiación menos reflexión:	18.683 kWh	Condición de la carga al inicio de la simulación:	95,0 %
Irradiación sin sombra:	19.717 kWh	Condición de la carga al final de la simulación:	95,0 %
Energía producida por el generador FV:	2.188 kWh	Fracción solar:	94,0 %
Energía del convertidor:	1.717 kWh	Performance Ratio:	47,9 %
Demanda de consumo:	1.400 kWh	Rendimiento global (Final yield):	2,1 h/d
Uso directo del gen-FV:	1.195 kWh	Rendimiento específico anual:	752 kWh/kWp
Consumo no cubierto :	84 kWh	Grado de eficiencia del sistema:	6,7 %
Excedente del generador FV:	250 kWh	Eficiencia del generador:	11,2 %
Consumo cubierto por energía solar:	1.316 kWh	Eficiencia del inversor:	92,5 %
Descarga de la batería:	227 kWh	Eficiencia de la batería:	83,9 %

Tabla 13. Resultados de la simulación con PV*Sol.

5.5. REVISIÓN DE LA ELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR

Conocida la potencia máxima teórica de entrada al motor se revisará la elección del tipo de motor según el siguiente criterio (Alonso, 2001)¹:

- **Sistemas de baja potencia** (50-400 Wp): en este caso se recomienda el uso de motores de corriente continua con un convertidor DC/DC.
- **Sistemas de media potencia** (400-1.500 Wp): en estos sistemas podrán funcionar tanto motores de corriente alterna con inversor como motores de corriente continua.
- **Sistemas de alta potencia** (> 1.500 Wp): en estos casos se recomienda el uso de motores de corriente alterna con inversor.

Se prevé una potencia máxima de entrada al motor de 1 kW podría ser posible el empleo tanto de un motor DC como de un AC. En este caso se mantenido la opción de diseño (motor AC).

6. DIMENSIONADO DEL CABEZAL DE RIEGO

Una vez establecido el máximo caudal de bombeo es posible elegir los elementos del cabezal de riego con el fin de conocer las pérdidas de carga reales en el mismo.

El cabezal de riego contendrá el conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar y suministrar agua a presión para abastecer la red de distribución. El sistema de bombeo se instalará al comienzo del

¹ Alonso, M (2001) *Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica*. S.A.P.T., Madrid.

cabezal, justo después de la tubería de aspiración. En el **Plano 11** (Cabezal de riego) se puede apreciar la distribución de cada uno de estos elementos en la caseta de riego.

El sistema de filtrado es el componente más importante del cabezal ya que elimina las partículas y elementos que lleva el agua en suspensión y que pueden ocasionar la obturación de los goteros. El sistema de filtrado configurado en este proyecto está formado por un filtro de arena y un filtro de anillas.

Teniendo en cuenta que durante gran parte del año el agua procede del embalse de El Perdiguero se ha decidido instalar un filtro de arena de la marca *Arena* de 20" ya que elimina las partículas orgánicas en suspensión y está especialmente indicado para la eliminación de algas en aguas expuestas a luz (embalsadas).

Según las recomendaciones del fabricante de emisores de riego se ha seleccionado un filtro de discos de la marca *Amiad* de 2" que atraparán todo tipo de sólidos en suspensión contenidos en el agua de riego eliminando todas las partículas con un tamaño superior a 130 micras, evitando así la obturación de los goteros.

En la base de la tubería de aspiración se instalará una válvula antirretorno de pie de 63 mm de diámetro nominal para evitar que se produzca el vaciado de la conducción de impulsión. La entrada de la válvula está protegida con una rejilla para impedir la entrada de elementos orgánicos, entre otros.

Se colocará una válvula de bola que permita aislar la bomba del resto de la instalación de riego así como manómetros para el control de la presión y las pérdidas de carga en los filtros. Al final del cabezal, en un punto alto se colocará una ventosa de triple efecto que permita la introducción y evacuación de aire en o desde las tuberías.

A continuación se presentan las pérdidas de carga en el cabezal de riego. Se han estimado tanto las pérdidas de carga en los elementos del cabezal como en la tubería de aspiración y tuberías de conexión entre los citados elementos. Todas las tuberías del cabezal poseen un diámetro de 63 mm.

	Pérdidas de carga (m)
APARATOS	
Filtro arena	2,30
Filtro anillas	1,20
Válvula de bola	0,50
Válvula de pie	0,25
Manómetros y ventosa	0,60
CONDUCCIONES	
Altura de aspiración	2,50
Fricción en aspiración	0,05
Fricción en cabezal	0,10
TOTAL	7,50

Tabla 14. Pérdidas de carga en el cabezal de riego.

7. DIMENSIONADO DEL EQUIPO DE BOMBEO

7.1. ELECCIÓN DEL TIPO DE BOMBA

A continuación se exponen las condiciones de funcionamiento, ventajas e inconvenientes de los principales tipos de bomba

- **Bombas centrífugas superficiales:** tienen la ventaja de fácil acceso para reparaciones y mantenimiento. Sin embargo, están limitadas en términos de capacidad de succión (8 metros máximo). Son de bajo costo, larga durabilidad y toleran cierta cantidad de arena y otros sedimentos. Se recomiendan para aplicaciones que requieran grandes volúmenes de agua (20,000 a 40,000 litros por día) a baja carga dinámica total (1 a 10 metros).
- **Bombas centrífugas sumergibles:** son las más comunes en sistemas de bombeo FV. Hay una gran variedad de modelos. Estas bombas no deben operar en vacío porque sufren daños por sobrecalentamiento. La mayoría pueden tener una vida útil de más de 10 años en servicio continuo, aunque su costo inicial es mayor que las bombas superficiales. Se recomiendan para bombear cantidades moderadas de agua (5,000 a 20,000 litros por día) a carga dinámica total media (20 a 35 metros).
- **Bombas volumétricas o de desplazamiento positivo:** son adecuadas para el bombeo de bajas cantidades de agua (1,000 a 5,000 litros por día). Son más eficientes que las bombas centrífugas, especialmente mayor carga dinámica total. Este tipo de bombas son menos resistentes a la arena. Los diafragmas y sellos se desgastan y deben ser reemplazados periódicamente

Considerando la necesidad de bombear grandes volúmenes de agua y la baja altura de aspiración (inferior a 3 m) resultado del depósito de regulación se ha elegido una bomba centrífuga superficial.

7.2. ELECCIÓN Y MODELADO DEL CONJUNTO MOTOR BOMBA

Se ha escogido el sistema de bombeo que mejor se adapta a los requerimientos de caudal y altura manométrica determinados, esto es, aquél que presenta unos valores de rendimiento mayores en caso de funcionamiento de un sector solo o dos o tres simultáneamente.

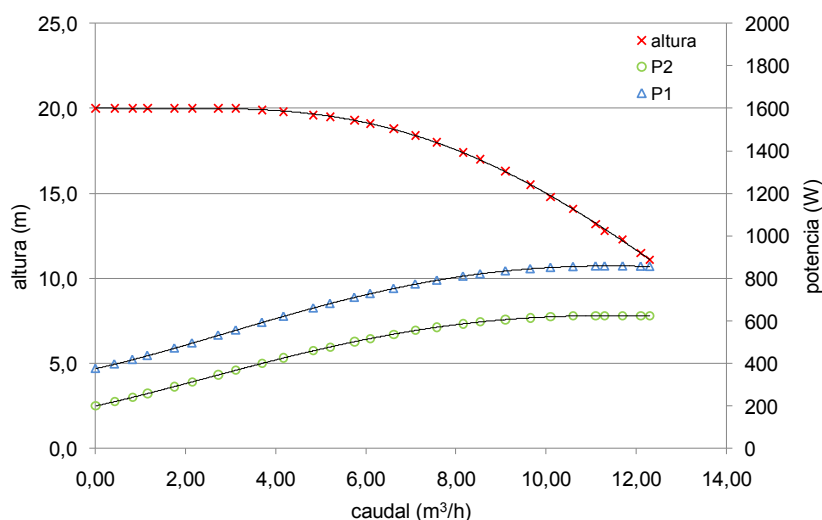


Figura 7. Curvas características de la bomba CRE 10-2 de Grundfos a la frecuencia nominal (50 Hz).

Se ha optado por el modelo CRE 10-2 de la marca Grundfos, una bomba centrífuga vertical de dos etapas monofásica dotada de un convertidor de frecuencia que permite adaptar la velocidad de la misma al punto de funcionamiento deseado. Los datos básicos a frecuencia nominal (50 Hz) proporcionados por el fabricante se han representado en la *Figura 7*. Se trata de las curvas caudal – altura, caudal – potencia absorbida por el motor (P1) y la curva caudal – potencia absorbida por la bomba (P2).

A partir de los datos relativos al motor proporcionados por el fabricante se ha representado la curva potencia absorbida por el motor (P2) – rendimiento del motor (η_m).

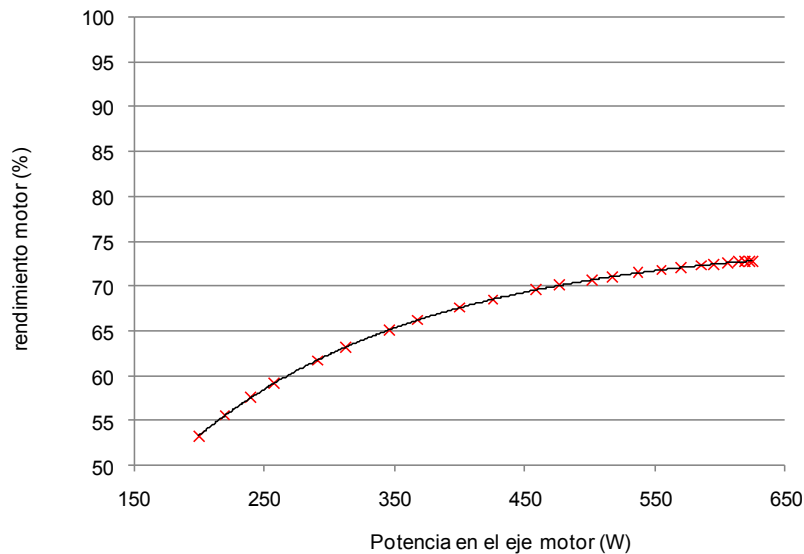


Figura 8. Curva de rendimiento del motor en función de la potencia de salida en el eje funcionando a la frecuencia nominal (50 Hz).

El sistema de bombeo planteado en este modelo no trabaja en un punto constante de la curva caudal – altura, sino que varía su punto de funcionamiento en función de la energía disponible. Por ello resulta necesario el uso de un convertidor de frecuencia (FC) que module la potencia de entrada al motor adaptándola a los distintos puntos de funcionamiento establecidos. Se consigue así aumentar el tiempo diario de bombeo y, por lo tanto, aumentar el rendimiento diario del sistema.

En el *Apartado 5. Dimensionado de la instalación fotovoltaica* se concluyó que el número máximo de sectores que podrían ser regados simultáneamente en los tres sistemas fotovoltaicos estudiados era de 3. Los tres puntos de funcionamiento caudal – altura, considerando las pérdidas reales en el cabezal de riego determinadas el *Apartado 6* son los siguientes:

	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)
1 SECTOR	2,90	13,73
2 SECTORES	5,82	13,82
3 SECTORES	8,85	15,01

Tabla 15. Puntos caudal – altura manométrica de funcionamiento.

El objetivo final de este apartado es estimar del caudal bombeado (a la altura determinada) en función de la potencia DC a la salida del generador, es decir, caracterizar energéticamente los puntos de funcionamiento del sistema de riego. No obstante se obtendrán otros parámetros intermedios como son las frecuencias óptimas de funcionamiento de la bomba en los distintos puntos de trabajo, la potencia absorbida por la bomba (en el eje del motor), la potencia de entrada del motor y los rendimientos tanto de la bomba como del motor en dichos puntos.

Para ello se aplicarán las leyes de semejanza para bombas centrífugas a los datos aportados por el fabricante que han sido representados en el apartado anterior. El procedimiento comenzará con la estimación de la frecuencia óptima de la bomba, acabando con la determinación de la potencia fotovoltaica necesaria para el funcionamiento de cada estado.

7.2.1. Estimación de la frecuencia óptima de la bomba

En primer lugar se determina, para cada una de las tres alturas de funcionamiento, la curva caudal – frecuencia. Tras realizar un ajuste de la curva se interpola el valor del caudal en cada punto de funcionamiento obteniendo así el valor de frecuencia óptima de la bomba.

Se han aplicado las Ecuaciones 2 y 3 a cada uno de los puntos característicos de la bomba, teniendo en cuenta una frecuencia nominal de 50 Hz y considerando, como se ha explicado, una altura de funcionamiento constante. Los resultados se aprecian en la *Tabla 16*.

Datos fab.		1 SECTOR			2 SECTORES			3 SECTORES		
Q_0 ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_0 (m)	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)	f_h (Hz)	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)	f_h (Hz)	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)	f_h (Hz)
0,01	20,0	0,01	13,73	41,43	0,01	13,82	41,56	0,01	15,01	43,32
0,43	20,0	0,36	13,73	41,43	0,36	13,82	41,56	0,37	15,01	43,32
0,83	20,0	0,69	13,73	41,43	0,69	13,82	41,56	0,72	15,01	43,32
1,16	20,0	0,96	13,73	41,43	0,96	13,82	41,56	1,00	15,01	43,32
1,76	20,0	1,46	13,73	41,43	1,46	13,82	41,56	1,52	15,01	43,32
2,15	20,0	1,78	13,73	41,43	1,79	13,82	41,56	1,86	15,01	43,32
2,73	20,0	2,26	13,73	41,43	2,27	13,82	41,56	2,37	15,01	43,32
3,12	20,0	2,59	13,73	41,43	2,59	13,82	41,56	2,70	15,01	43,32
3,70	19,9	3,07	13,73	41,53	3,08	13,82	41,67	3,21	15,01	43,42
4,18	19,8	3,48	13,73	41,64	3,49	13,82	41,77	3,64	15,01	43,53
4,84	19,6	4,05	13,73	41,85	4,06	13,82	41,99	4,24	15,01	43,76
5,21	19,5	4,37	13,73	41,96	4,39	13,82	42,09	4,57	15,01	43,87
5,75	19,3	4,85	13,73	42,17	4,87	13,82	42,31	5,07	15,01	44,09
6,10	19,1	5,17	13,73	42,39	5,19	13,82	42,53	5,41	15,01	44,32
6,62	18,8	5,66	13,73	42,73	5,68	13,82	42,87	5,92	15,01	44,68
7,10	18,4	6,13	13,73	43,19	6,15	13,82	43,33	6,41	15,01	45,16
7,58	18,0	6,62	13,73	43,67	6,64	13,82	43,81	6,92	15,01	45,66
8,16	17,4	7,25	13,73	44,42	7,27	13,82	44,56	7,58	15,01	46,44
8,54	17,0	7,67	13,73	44,93	7,70	13,82	45,08	8,02	15,01	46,98
9,10	16,3	8,35	13,73	45,89	8,38	13,82	46,04	8,73	15,01	47,98
9,65	15,5	9,08	13,73	47,06	9,11	13,82	47,21	9,50	15,01	49,20
10,10	14,8	9,73	13,73	48,16	9,76	13,82	48,32	10,17	15,01	50,35
10,60	14,1	10,46	13,73	49,34	10,49	13,82	49,50	10,94	15,01	51,59
11,10	13,2	11,32	13,73	50,99	11,36	13,82	51,16	11,84	15,01	53,32
11,30	12,8	11,70	13,73	51,78	11,74	13,82	51,95	12,24	15,01	54,14
11,70	12,3	12,36	13,73	52,83	12,40	13,82	53,00	12,92	15,01	55,23
12,10	11,5	13,22	13,73	54,63	13,26	13,82	54,81	13,82	15,01	57,12
12,30	11,1	13,68	13,73	55,61	13,72	13,82	55,79	14,30	15,01	58,14

Tabla 16. Obtención de la curva caudal – frecuencia para cada punto de funcionamiento.

$$f_h = f_0 \cdot \sqrt{\frac{h}{h_0}} \quad (2)$$

donde:

f_h frecuencia nominal (Hz)
 f_0 frecuencia nominal (50 Hz)
 h altura manométrica de funcionamiento (mca)
 h_0 altura manométrica a frecuencia nominal (mca)

$$Q_h = Q_0 \cdot \frac{f_h}{f_0} \quad (3)$$

donde:

Q_h caudal de funcionamiento ($m^3 \cdot h^{-1}$)
 Q_0 caudal nominal ($m^3 \cdot h^{-1}$)

Con los resultados obtenidos se han ajustado las tres curvas caudal – frecuencia que se aprecian en la *Figura 9*. Se ha representado únicamente la curva correspondiente a la altura de 15,01 mca (3 sectores) ya que las otras dos curvas se encuentran muy próximas y no se aprecia con claridad el gráfico.

Interpolando los valores de caudal en cada una de las tres curvas de ajuste se han obtenido las siguientes frecuencias óptimas de funcionamiento:

	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)	f_h (Hz)	%
1 SECTOR	2,90	13,73	41,49	82,00
2 SECTORES	5,82	13,82	43,05	86,11
3 SECTORES	8,85	15,01	48,12	96,25

Tabla 17. Valores de frecuencia óptima para cada punto de funcionamiento.

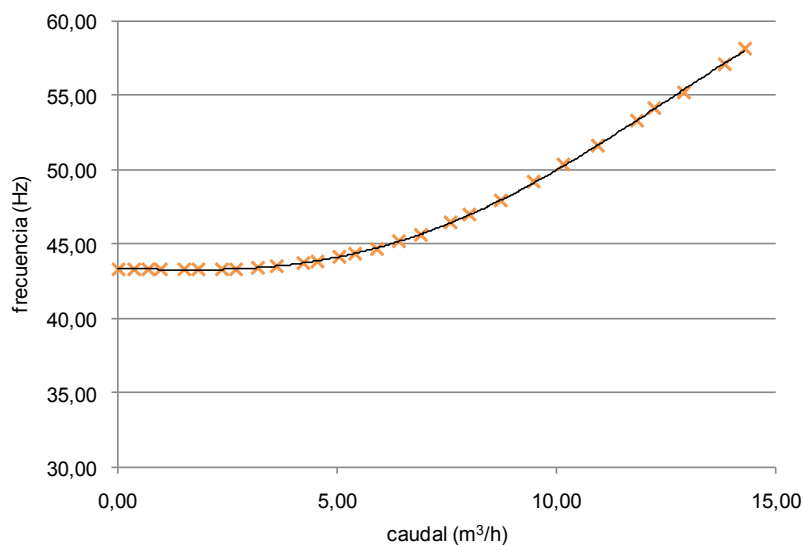


Figura 9. Curva de caudal – frecuencia óptima para una altura manométrica de 15,19 mca.

7.2.2. Estimación de los valores de potencia y rendimiento de la bomba

A la hora de estimar los valores de potencia absorbida por la bomba y rendimiento de la misma en cada uno de los tres puntos de funcionamiento es necesario conocer, en primer lugar, los puntos caudal – altura a frecuencia nominal ($Q_0 - h_0$) aplicando las Ecuaciones 4 y 5.

$$Q_0 = Q_h \cdot \frac{f_0}{f_h} \quad (4)$$

donde:

Q_h caudal de funcionamiento ($m^3 \cdot h^{-1}$)
 Q_0 caudal nominal ($m^3 \cdot h^{-1}$)

$$h_0 = h_f \cdot \frac{f_0^2}{f_h^2} \quad (5)$$

donde:

Q_h caudal de funcionamiento ($m^3 \cdot h^{-1}$)
 Q_0 caudal nominal ($m^3 \cdot h^{-1}$)

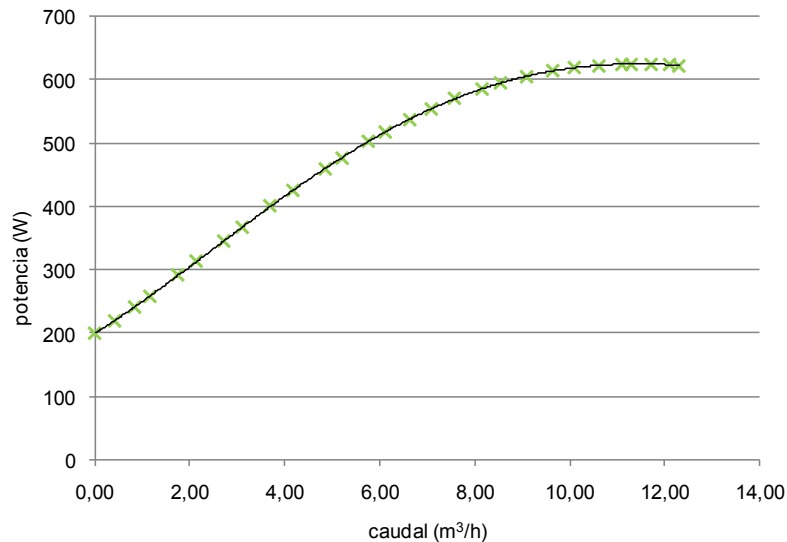


Figura 10. Curva de caudal – potencia absorbida por la bomba a la frecuencia nominal (50 Hz).

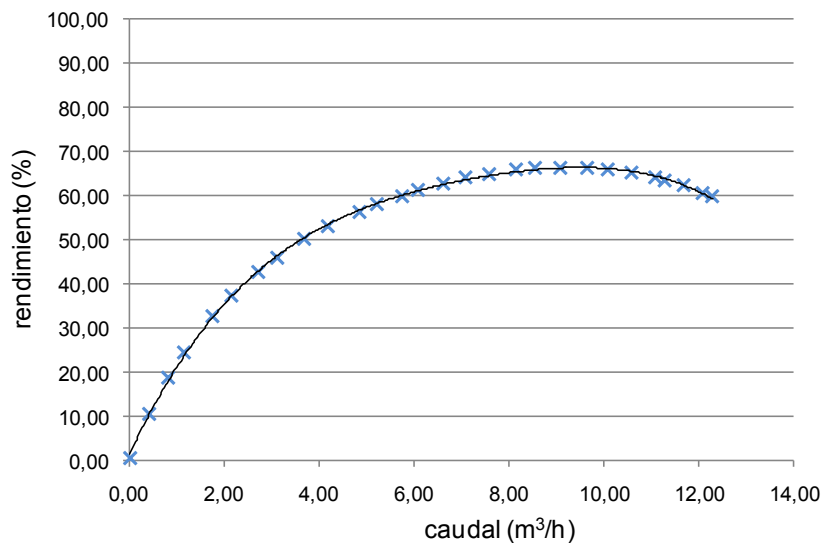


Figura 11. Curva de caudal – rendimiento de la bomba a la frecuencia nominal (50 Hz).

De las leyes de semejanza se deduce que la potencia absorbida por la bomba a la frecuencia óptima f_h resulta:

$$P_{2f} = P_{20} \cdot \left(\frac{f_h}{f_0} \right)^3 \quad (6)$$

donde:

P_{2f}	Potencia absorbida por la bomba en el punto de funcionamiento (W)
P_{20}	Potencia nominal absorbida por la bomba (W)
f_h	frecuencia nominal (Hz)
f_0	frecuencia nominal (50 Hz)

Sin embargo el rendimiento permanece constante ya que las leyes de semejanza establecen el movimiento del punto de funcionamiento en una curva de rendimiento constante hacia el origen de coordenadas a medida que se reduce el valor de la frecuencia.

$$\frac{\eta_{b0}}{\eta_{bf}} = 1 \quad (7)$$

donde:

μ_{b0}	rendimiento nominal de la bomba (1/1)
μ_{bf}	rendimiento en el punto de funcionamiento (1/1)

Los valores de potencia absorbida por la bomba y rendimiento de la misma en cada uno de los tres puntos de funcionamiento se muestran en la siguiente tabla.

	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)	P_{2f} (W)	η_{bf} (%)
1 SECTOR	2,90	13,73	221,85	49,11
2 SECTORES	5,82	13,82	346,60	62,80
3 SECTORES	8,85	15,01	541,63	66,11

Tabla 18. Valores de potencia absorbida por la bomba y rendimiento de la misma para cada punto de funcionamiento.

7.2.3. Estimación de los valores de potencia y rendimiento del motor

La potencia absorbida por el motor resultará del cociente de la potencia absorbida por la bomba (o potencia en el eje del motor) entre el rendimiento del mismo como se expresa en la *Ecuación 8*.

$$P_{1f} = \frac{P_{2f}}{\eta_m} \quad (8)$$

donde:

P_{1f}	potencia absorbida por el motor (W)
P_{2f}	potencia absorbida por la bomba (W)
η_m	rendimiento del motor (1/1)

El rendimiento del motor se obtendrá interpolando la potencia de salida del mismo o potencia absorbida por la bomba (P_{2f}) en la curva potencia – rendimiento representada en la *Figura 12* que ha sido ajustada a partir de los datos proporcionados por el fabricante.

	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)	P_{2f} (W)	η_m (%)	P_{1f} (W)
1 SECTOR	2,90	13,73	221,85	60,12	369,01
2 SECTORES	5,82	13,82	346,60	68,54	587,22
3 SECTORES	8,85	15,01	541,63	75,27	747,67

Tabla 19. Estimación del valor de potencia absorbida por el motor.

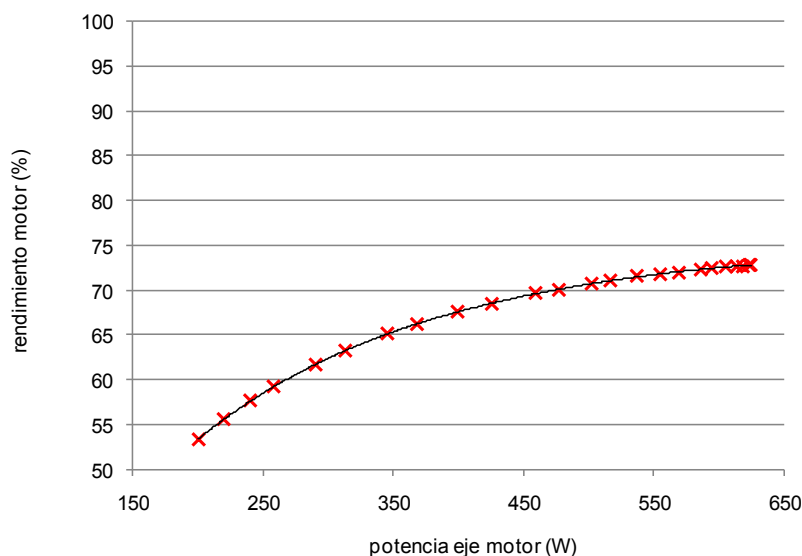


Figura 12. Curva de rendimiento del motor en función de la potencia de salida en el eje.

El rendimiento total del conjunto motor/bomba (η_{mb}) se puede obtener como el producto del rendimiento de la bomba por el rendimiento del motor.

$$\eta_{mbf} = \eta_{bf} \cdot \eta_m \quad (9)$$

donde:

- η_{mbf} rendimiento del conjunto motor/bomba en el punto de funcionamiento (1/1)
- η_m rendimiento del motor (1/1)
- η_{bf} rendimiento de la bomba en el punto de funcionamiento (1/1)

	Q_f ($m^3 \cdot h^{-1}$)	h_f (m)	η_{mb} (%)
1 SECTOR	2,90	13,73	29,53
2 SECTORES	5,82	13,82	43,05
3 SECTORES	8,85	15,01	49,76

Tabla 20. Valores del rendimiento de conjunto motor/bomba para cada punto de funcionamiento.

7.2.4. Estimación de la potencia fotovoltaica necesaria

Para conocer la potencia fotovoltaica correspondiente a cada una de las etapas de funcionamiento de la bomba calculadas bastará con aplicar el rendimiento del convertidor de frecuencia (η_{FC}) al valor de potencia de entrada a la bomba como se expresa en la *Ecuación 10*.

Según los resultados obtenidos por *M. Alonso (2001)*² para el rango de potencias en que nos movemos se puede considerar un rendimiento del convertidor del 95%.

$$P_{FV} = \frac{P_{1f}}{\eta_{FC}} \quad (10)$$

donde:

P_{FV} potencia a la salida del inversor (W)
 P_{1f} potencia absorbida por el motor (W)
 η_{FC} rendimiento del convertidor de frecuencia (1/1)

De modo que la potencia DC necesaria para el funcionamiento en cada uno de los puntos descritos hasta ahora resulta:

	Q_f $m^3 \cdot h^{-1}$	h_f m	P_{FV} W
1 SECTOR	2,90	13,73	388,43
2 SECTORES	5,82	13,82	618,13
3 SECTORES	8,85	15,01	787,02

Tabla 21. Valores de potencia a la salida del inversor para cada punto de funcionamiento.

8. COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DISEÑADO

Concretadas las potencias absorbidas por el motor necesarias para el funcionamiento de cada combinación de sectores de riego (1,2 ó 3) se ha repetido el análisis desarrollado en el *Apartado 5* con el fin de comprobar la bondad del diseño y de conocer con exactitud el número de módulos que habrá que instalar para el correcto funcionamiento de la instalación diseñada.

		Potencia FV instalada (kWp)					
		0,875	1,050	1,225	1,400	1,575	1,750
Nº de sectores	1	2906	3281	2668	2171	2043	1686
	2	38	1242	3744	3939	2797	2603
	3	0	0	530	3066	6341	8735
	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m^3)		2944	4523	6943	9176	11181	13024
TOTAL (mm)		73,59	113,08	173,56	229,40	279,52	325,60

Tabla 22. Volumen bombeado para cada combinación de sectores en función de la potencia fotovoltaica instalada.

² Alonso, M., Chenlo, F., Blanco, J. (2001) *Optimización del uso de convertidores de frecuencia con bombas centrífugas y motores trifásicos en sistemas de bombeo fotovoltaico*. CIEMAT

En la *Tabla 23* se resume el contenido del cuadro anterior. Se han expresado los valores de volumen anual de agua bombeado tanto en m³ como en mm. Se puede apreciar cómo la situación real se ajusta a la diseñada. La potencia a instalar sigue siendo de 1,75 kW ya que el volumen bombeado en este caso es el inmediatamente superior al establecido (311 mm). El número máximo de sectores de riego que podrá funcionar simultáneamente sigue siendo 3. Se puede dar por tanto finalizado el dimensionado de la instalación de bombeo fotovoltaico.

Nº módulos	P _{FV} (kWp)	Nº sectores máximo	Volumen (m ³)	Volumen (mm)
5	0,875	2	2943,54	73,59
6	1,050	2	4523,13	113,08
7	1,225	3	6942,55	173,56
8	1,400	3	9175,98	229,40
9	1,575	3	11180,78	279,52
10	1,750	3	13024,14	325,60

Tabla 23. Volumen total bombeado para cada configuración de módulos de 100Wp.

9. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

9.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO

MARCA / MODELO	BP Solar Serie 4 – 175Wp	
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	STC	NOTC
Potencia máxima (W)	175	126
Tensión en P _{max} (V)	35,4	31,5
Corriente en P _{max} (A)	4,94	3,95
Corriente de cortocircuito – I _{sc} (A)	5,45	4,41
Tensión de circuito abierto – V _{oc} (V)	43,6	39,7
Eficiencia del módulo (%)	14,0	
Tensión nominal (V)	24	
Reducción de la eficiencia a 200 W/m ² (%)	<5 (eficiencia 13,3%)	
Límite de corriente continua	5,45	
Coefficiente de temperatura de I _{sc} (%/°C)	0,105	
Coefficiente de temperatura V _{oc} (%/°C)	-0,360	
Coefficiente de temperatura de P _{max} (%/°C)	-0,45	
NOCT (°C)	47 ± 2	
Valor máximo del fusible en serie	20 A	
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		
Células	72 de silicio monocristalino en serie	
Frontal	Cristal templado de 3,2 mm con capa antirreflexiva	
Encapsulante	EVA	
Posterior	Poliéster blanco	
Marco	Aluminio anodizado plateado (Universal II)	
Diodos	IntegraBus con 3 diodos Schottky	
Caja de conexiones	Sellada (IP67)	
Cables de salida	Cable 4 mm ² con conectores MC4. Longitudes asimétricas: (-)1250mm / (+)800mm	
Dimensiones (mm)	1587x790x50	
Peso (kg)	19,4	



Tabla 24. Características técnicas del módulo fotovoltaico BP Solar Serie 4 – 175 Wp.

9.2. INVERSOR


MARCA / MODELO	Victron Energy C 24/800/16		
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Tensión nominal (V)	24		
Rango de tensión de entrada (V)	19-36		
Tensión de salida (V)	230 ± 2%		
Frecuencia de salida (Hz)	50 ± 1%		
Potencia de salida (W)	800		
Pico de potencia (W)	1600		
Eficacia máxima (%)	92/94		
Consumo en vacío (W)	8/10		
Consumo en vacío en modo ahorro (W)	5/8		
Consumo en vacío en modo búsqueda (W)	2/3		
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS			
Material	Aluminio		
Categoría de protección	IP65		
Conexión de la batería	Cables de batería 1,5 m / Pernos M8		
Dimensiones (mm)	375x214x110		
Peso (kg)	10		

Tabla 25. Características técnicas del inversor Victron Energy C 24/800/16.

9.3. SISTEMA DE BOMBEO


MARCA / MODELO	Grundfos CRE 10-2		
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Tipo de motor	80A		
Número de polos	2		
Potencia nominal – P2 (W)	750		
Tensión nominal (V)	1x230V		
Frecuencia de alimentación (Hz)	50		
Factor de potencia	0,97		
Velocidad nominal (rpm)	360-2840		
Etapas	2		
Grado de protección	IP55		
Clase de aislamiento	F		
Protección del motor	PTC		
MATERIALES			
Cuerpo hidráulico	Fundición		
Impulsor	Acero inoxidable		
Código del material	A		
Diámetro de conexiones (")	1 1/2		
Presión	PN25		
LÍQUIDO			
Rango de temperatura del líquido (°C)	-20 – 120		
Densidad (kg/m ³)	998,2		
Peso (kg)	19,4		

Tabla 25. Características técnicas del conjunto motor – bomba Grundfos CRE 10-2.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 8

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. CLASIFICACIÓN ELÉCTRICA	5
3. CABLEADO	5
3.1. INSTALACIÓN EN CORRIENTE CONTINUA.....	6
3.1.1. <i>Criterio de la intensidad máxima admisible o calentamiento</i>	6
3.1.2. <i>Criterio de la máxima caída de tensión</i>	6
3.2. INSTALACIÓN EN CORRIENTE ALTERNA.....	7
3.2.1. <i>Criterio de la intensidad máxima admisible o calentamiento</i>	7
3.2.2. <i>Criterio de la máxima caída de tensión</i>	8
4. PROTECCIONES	8
4.1. INSTALACIÓN EN CORRIENTE CONTINUA.....	8
4.2. INSTALACIÓN EN CORRIENTE ALTERNA.....	9
5. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	9
5.1. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN.....	9
5.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.....	10

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es el dimensionado de la instalación eléctrica correspondiente al sistema de riego fotovoltaico diseñado.

Se seguirá, para ello, lo dispuesto por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D 842/2002 de 2 de Agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias y las recomendaciones recogidas en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (PCT-A-REV) del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

En el **Plano 13** se representa el diagrama unifilar de la instalación.

2. CLASIFICACIÓN ELÉCTRICA

El subsistema de generación está situado a la intemperie y el subsistema de acondicionamiento de energía en un local en el que se ubica el sistema de bombeo de la instalación de riego (caseta de riego) por lo que la clasificación del local será de "Local mojado".

Se consideran locales mojados aquéllos en los que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde se vean aparecer, aunque sólo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua debido a la condensación o bien estar cubiertos con vaho durante largos períodos así como las instalaciones a la intemperie.

De acuerdo con la ITC-BT-30, las instalaciones en locales mojados cumplirán los siguientes requerimientos:

- Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes o conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que ofrezcan un grado de estanqueidad mínima de IP-X4.
- Todas las cajas de conexiones y cuadros eléctricos, situados en el exterior presentarán un grado de estanqueidad, de cómo mínimo IP-X4.
- El acceso a las cajas o cuadros se realizará mediante prensaestopas cuyo grado de estanqueidad no comprometerá el grado de estanqueidad del conjunto.
- Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos en superficie según lo especificado en la ITC-BT-21, pero dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 4.
- Todos los circuitos dispondrán de adecuados elementos de protección en origen.

3. CABLEADO

Todos los cables que se van a emplear serán unipolares de cobre con aislamiento polietileno reticulado (XLPE) tipo RZ1 0,6/1 kV.

Como aconseja el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red del IDAE, se seleccionará la sección adecuada para asegurar caídas de tensión inferiores al 1,5% tanto en la parte de corriente continua (CC) como en la parte de corriente alterna (CA).

La sección de los conductores se dimensiona utilizando los criterios siguientes:

- a) Criterio de la intensidad máxima admisible o calentamiento
- b) Criterio de máxima caída de tensión

3.1. INSTALACIÓN EN CORRIENTE CONTINUA

La instalación en corriente continua conecta el subsistema de generación con el regulador de carga y el inversor. Esta línea circulará a la intemperie bajo tubo desde el cuadro de conexión del generador hasta su entrada a la caseta de riego en la que se ubica el subsistema de acondicionamiento de potencia.

El generador está compuesto por 10 módulos de 175 Wp conectados en paralelo. Los valores característicos del módulo en condiciones estándar de medida (STC) que se emplearán en el cálculo de las secciones son los siguientes:

- Tensión en el punto de máxima potencia (V_{mpp}): 35,4 V
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}): 5,45 A
- Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mpp}): 4,94 A

Los cables de salida de los módulos fotovoltaicos presentan una sección de 4 mm² de serie suficiente para su entrada en el cuadro de conexión del generador.

A continuación se aplican los dos criterios citados al dimensionado de la sección del conductor.

3.1.1. Criterio de la intensidad máxima admisible o calentamiento

Será el resultado del producto de la intensidad de cortocircuito del módulo por el número de módulos conectados en paralelo (Ec. 1).

$$I_{max} = N_p \cdot I_{mpp} = 10 \cdot 5,45 = 54,5 \text{ A} \quad [1]$$

Según la Tabla 1 de la ITC-BT-19, fila B1, columna 9, esta intensidad de le corresponde una sección de 10 mm² cuya intensidad admisible asciende a 68 A.

3.1.2. Criterio de la máxima caída de tensión

Dimensionada la sección según el criterio de intensidad máxima admisible se dimensiona según el criterio de máxima caída de tensión considerando que la caída de tensión producida en la línea calculada en el punto de máxima potencia debe ser inferior al 1,5%.

$$s = \frac{2 \cdot L \cdot I}{c \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 2,9 \cdot 49,4}{44 \cdot 0,015 \cdot 35,4} = 12,26 \text{ mm}^2 \quad [2]$$

donde:

L	longitud del conductor (m)
I	intensidad máxima prevista en la línea (A)
c	conductividad del cobre ($m \cdot \Omega^{-1} \cdot mm^{-2}$)
ΔV	caída de tensión máxima admisible (V)

La sección comercial inmediatamente superior es de 16 mm², cuya intensidad admisible en las condiciones de la instalación asciende a 91 A. Por lo tanto la sección a instalar será de 16 mm².

Para determinar la conductividad (*Tabla 1*) generalmente se contemplan los valores más desfavorables, que se corresponderán con las máximas temperaturas soportadas según el aislamiento PVC (70°C) y XLPE (90°C).

CONDUCTOR	AISLAMIENTO	
	PVC	XLPE
Cobre	48	44
Aluminio	30	28

Tabla 1. Conductividad del cable ($m \cdot \Omega^{-1} \cdot mm^{-2}$) según su material y aislamiento.

3.2. INSTALACIÓN EN CORRIENTE ALTERNA

La instalación en corriente alterna conectará el inversor con el motor monofásico del sistema de bombeo que presenta las siguientes características eléctricas:

- Potencia nominal (P): 0,75 kW
- Frecuencia de alimentación (f): 50 Hz
- Tensión nominal (V_n): 230 V
- Factor de potencia ($\cos\varphi$): 0,97

3.2.1. Criterio de la intensidad máxima admisible o calentamiento

En primer lugar se determina la intensidad nominal del motor según las características anteriores (*Ec.3*).

$$I_n = \frac{P}{V_n \cdot \cos\varphi} = \frac{750}{2300,97} = 3,36 \text{ A} \quad [3]$$

donde:

I_n	intensidad nominal (A)
P	potencia absorbida (W)
V_n	tensión nominal (V)
$\cos\varphi$	factor de potencia (-)

Según la ITC-BT-47 las líneas de alimentación a un solo motor deberán estar dimensionadas para una intensidad del 125% de la intensidad nominal del motor (*Ec.4*).

$$I_{\max} = 1,25I_n = 1,25 \cdot 3,36 = 4,20 \text{ A} \quad [4]$$

Según la *Tabla 1* de la ITC-BT-19, fila B1, columna 9, esta intensidad de le corresponde una sección de $1,5 \text{ mm}^2$ cuya intensidad admisible asciende a 21 A.

3.2.2. Criterio de la máxima caída de tensión

Dimensionada la sección según el criterio de intensidad máxima admisible se dimensiona según el criterio de máxima caída de tensión considerando que la caída de tensión producida en la línea calculada en el punto de máxima potencia debe ser inferior al 1,5%.

$$s = \frac{2L \cdot I \cdot \cos \varphi}{c \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 249,4 \cdot 0,97}{44 \cdot 0,015230} = 0,11 \text{ mm}^2 \quad [5]$$

donde:

L	longitud del conductor (m)
I	intensidad máxima prevista en la línea (A)
c	conductividad del cobre ($\text{m} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$)
ΔV	caída de tensión máxima admisible (V)

Como ha sucedido con el criterio anterior, la sección comercial inmediatamente superior es de 1,5 mm^2 cuya intensidad admisible asciende a 21 A, por lo que se acepta esta sección.

En la *Tabla 2* se presentan los resultados del dimensionado de los conductores.

LÍNEA	V_{max} (V)	I_{max} (A)	Longitud (m)	Sección (mm^2)	I_{adm} (A)
Generador – Inversor (CC)	35,4	54,5	2,90	16	91
Inversor – Carga (CA)	230	4,20	2,00	1,5	21

Tabla 2. Resumen del cálculo de la sección de los conductores.

4. PROTECCIONES

4.1. INSTALACIÓN EN CORRIENTE CONTINUA

Los 10 módulos que integran el subsistema de generación se conectan en paralelo mediante un cuadro de conexión con un grado de protección IP55 ubicado en la propia estructura del generador. La caja debe disponer de un número suficiente de entradas (al menos 10).

La salida del cuadro contará con un fusible que protegerá la línea que se dirige hacia el inversor. Según las recomendaciones del fabricante de módulos fotovoltaicos, la tensión nominal de este fusible deberá ser, al menos, 1,56 veces la tensión en el MPP de los módulos.

Según la norma UNE 20460-4-43 el producto del valor D de la intensidad máxima que soporta el cable por 0,906 deberá ser igual o superior al valor de la intensidad nominal del fusible de protección. Los fusibles seleccionados (*Tabla 3*) cumplen ambas condiciones.

TRAMO	Sección (mm^2)	I_{max} (A)	I_{adm} (A)	Protección
Cuadro conexión - Inversor	16	54,5	91	Fusible 80A

Tabla 3. Resumen de protecciones en la instalación en CC.

4.2. INSTALACIÓN EN CORRIENTE ALTERNA

En la instalación de corriente alterna, a la salida del inversor se instalará un cuadro de protección con protección IP55 con un interruptor diferencial y un magnetotérmico.

TRAMO	Sección (mm ²)	I _{max} (A)	I _{adm} (A)	Protección
Inversor - Motor	1,5	4,20	21	Magnetotérmico 5A, curva D Diferencial 5A-II-30mA

Tabla 4. Resumen de protecciones en la instalación en CA.

5. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

El objetivo de la puesta a tierra es limitar la tensión que puede aparecer en las masas metálicas debido a un defecto de aislante y asegurar el correcto funcionamiento de las protecciones. Consiste en una unión metálica directa entre determinados elementos de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo. Mediante esta conexión se consigue que no existan diferencias de potencial peligrosas en el conjunto de instalaciones, caseta y superficie próxima al terreno. Además, la puesta a tierra permite el paso de corrientes de descarga de origen atmosférico. Las distintas partes de la instalación de puesta a tierra son las siguientes:

- **Terreno:** absorbe las descargas
- **Tomas de tierra:** elementos de unión entre terreno y circuito. Están formados por electrodos colocados en el terreno que se unen, mediante una línea de enlace con tierra, en los puntos de puesta a tierra.
- **Línea principal de tierra:** une los puntos de puesta a tierra con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas.
- **Derivaciones de las líneas principales de tierra:** uniones entre la línea principal de tierra y los conductores de protección.
- **Conductores de protección:** unión entre las derivaciones de la línea principal de tierra y las masas, con la finalidad de proteger contra los contactos indirectos.

5.1. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección unirán eléctricamente la estructura de soporte del generador fotovoltaico y los marcos metálicos de los módulos, así como el inversor y el cuadro general de protección de la instalación al borne principal de tierra con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Según la ITC-BT-18, la sección de los conductores de protección será la indicada en la *Tabla 5*. En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE FASE DE LA INSTALACIÓN – S (mm ²)	SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN – S _p (mm ²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Tabla 5. Relación entre las secciones de los conductores de protección y de fase según la ITC-BT-18.

5.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Para la toma de tierra se emplea un electrodo tipo pica constituido por un cable de cobre enterrado de 75 mm² de sección y picas de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro mínimo.

Considerando que la sensibilidad del interruptor diferencial instalado en el cuadro de conexión de corriente alterna es de 30 mA y que, según la ITC-BT-18 ninguna masa de la parte de CA puede alcanzar una tensión de contacto de valor superior a 24 V, la resistencia más desfavorable no podrá ser superior al valor determinado mediante la siguiente expresión.

$$R_{\max} = \frac{V}{I} = \frac{24}{0,03} = 800 \ \Omega \quad [6]$$

donde:

R_{max} resistencia máxima (Ω)
V tensión de contacto (V)
I sensibilidad del interruptor diferencial (A)

El número de picas a utilizar está condicionado por la naturaleza conductora de terreno y debe garantizar una resistencia inferior a la determinada mediante la *Ecuación 6*. En la siguiente tabla se recoge el valor de la resistividad del terreno según su naturaleza según la ITC-BT-18.

NATURALEZA DEL TERRENO	VALOR MEDIO DE RESISTIVIDAD (Ω·m)
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 6. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno según la ITC-BT-18.

En este caso se ha considera una resistividad media de 500 Ω·m. La resistencia de una pica vertical viene dada por la siguiente expresión (*Ec. 7*).

$$R = \frac{\rho_a}{L} = \frac{500}{2} = 250 \ \Omega \quad [7]$$

donde:

R resistencia de la pica (Ω)
ρ_a resistividad del terreno (Ω·m)
L longitud de la pica (m)

Por lo que será suficiente la instalación de una sola pica como toma de tierra.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 9

OBRA CIVIL

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBRA DE TOMA	5
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA DE TOMA.....	5
2.2. DIMENSIONADO DE LA OBRA DE TOMA.....	5
3. DEPÓSITO DE REGULACIÓN	6
3.1. DESCRIPCIÓN DEL DEPÓSITO DE REGULACIÓN	6
3.2. DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO DE REGULACIÓN	7
3.3. NORMAS CONSIDERADAS	7
3.4. ACCIONES CONSIDERADAS	7
3.4.1. <i>Gravitatorias</i>	7
3.4.2. <i>Viento</i>	8
3.4.3. <i>Sismo</i>	8
3.4.4. <i>Hipótesis de carga</i>	8
3.4.5. <i>Empujes en muros</i>	8
3.4.6. <i>Listado de cargas</i>	8
3.4.7. <i>Estados límite</i>	9
3.5. SITUACIONES DEL PROYECTO.....	9
3.5.1. <i>Coefficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)</i>	9
3.5.2. <i>Combinaciones</i>	11
3.6. DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS.....	12
3.7. DATOS GEOMÉTRICOS DE MUROS	12
3.7.1. <i>Datos geométricos del muro</i>	12
3.7.2. <i>Empujes y zapata del muro</i>	12
3.8. LISTADO DE PAÑOS.....	13
3.9. LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN	14

3.10. MATERIALES UTILIZADOS.....	14
3.10.1. Hormigones	14
3.10.2. Aceros por elemento y posición	14
3.11. ESFUERZOS Y ARMADOS EN MUROS.....	14
3.11.1. Esfuerzos de muros por hipótesis.....	14
3.11.2. Arranques de muros por hipótesis	15
3.11.3. Pésimos de muros	15
3.11.4. Listado de armados de muros de sótano	16
3.11.5. Sumatorio de esfuerzos en muros por hipótesis.....	17
3.12. ARMADOS EN VIGAS	18
3.12.1. Pórtico 1.....	18
3.12.2. Pórtico 2.....	19
3.12.3. Pórtico 3.....	20
3.12.4. Pórtico 4.....	21
3.13. ARMADOS EN LOSAS	22
3.13.1. Alineaciones longitudinales	22
3.13.2. Alineaciones transversales.....	22
3.14. MEDICIÓN DE ARMADOS DE PLACAS ALIGERADAS.....	22
4. CASETA DE RIEGO	23

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se describe el diseño y dimensionado de las distintas obras previstas para la toma de agua de la acequia, su almacenamiento y el alojamiento de los equipos eléctricos e hidráulicos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación de riego fotovoltaico.

Se prevee la ejecución de una obra de toma directa de la acequia de La Torrecilla mediante la que se conduce el agua de riego hasta un depósito de regulación que almacenará el agua necesaria para el riego entre cada turno. El dimensionado del depósito de regulación ha sido llevado a cabo mediante el programa informático CYPE. Finalmente se describen las características técnicas de la caseta de riego de hormigón prefabricado que se instalará sobre el depósito de regulación.

2. OBRA DE TOMA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA DE TOMA

Como se ha descrito en el **Anejo 4** (Estudio de Recursos Hídricos), el agua que riega la parcela de proyecto es conducida directamente desde el azud de Los Molinos en el río Cidacos a través de la red de acequias estudiada. El punto concreto de toma de agua en la parcela para su acumulación en el depósito de regulación y posterior bombeo a través de la red de riego se encuentra en el PK 1,71 de la acequia de La Torrecilla.

Se ha proyectado una obra de toma directa que capta el agua de riego desde la acequia mediante una arqueta de hormigón prefabricada de 0,7x0,7 de dimensiones interiores de la que sale una tubería de PVC enterrada y la conduce hasta el depósito de regulación. La apertura de la captación está controlada por una válvula de tajadera de accionamiento manual y dispone, en el punto de entrada, de una rejilla de acero inoxidable para evitar la entrada de objetos voluminosos en arrastre o suspensión al depósito. En el **Plano 8** se se puede apreciar el diseño de la obra de toma.

2.2. DIMENSIONADO DE LA OBRA DE TOMA

La sección de la tubería de la captación debe garantizar el llenado completo del depósito de regulación en un tiempo de captación disponible de 3 horas (**Anejo 3**). Como se explica en el apartado siguiente el volumen normal del depósito es de 180 m³ por lo que el caudal de entrada al mismo deberá ascender a 16,67 l/s. Considerando la acequia como un depósito en el que el nivel del líquido permanece constante y que el vertido de la toma al depósito de regulación se produce a presión atmosférica, se aplicará la siguiente expresión con el fin determinar la velocidad del flujo de agua en la captación.

$$v = (2 \cdot gh)^{1/2} \quad [1]$$

donde:

v	velocidad del flujo de agua [m·s ⁻¹]
g	constante gravitatoria [9,81 m·s ⁻²]
h	diferencia de altura geométrica [m]

A continuación aplicando la ecuación de continuidad (Ec. 2) se determina la sección mínima necesaria que cumpla la premisa establecida.

$$S = \frac{Q}{v} \quad [2]$$

donde:

- Q caudal [$m^3 \cdot s^{-1}$]
 v velocidad del flujo de agua [$m \cdot s^{-1}$]
 S Sección interior de la conducción [m]

Como se explica en el **Anejo 3** según las medidas realizadas en campo, el calado de la acequia en carga oscila entre los 45 y 65 cm. En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la sección de la tubería de la toma en estas dos situaciones. Por seguridad, el caudal se ha mayorado un 10%.

CALADO (m)	VELOCIDAD ($m \cdot s^{-1}$)	CAUDAL ($m^3 \cdot s^{-1}$)	DIÁMETRO MÍN. (mm)	DIÁMETRO COMERCIAL	
				DIÁMETRO INT. (mm)	DIÁMETRO EXT. (mm)
0,45	2,971	0,018	88,63	104,6	110
0,65	3,571	0,018	80,85	84,6	90

Tabla 1. Cálculo de la sección de tubería de la obra de toma.

Por tanto, se colocará una tubería de PVC de 110 mm de diámetro nominal y 0,6 MPa de presión nominal dotada de una pendiente del 1% que asegurará el llenado del depósito de regulación en la situación más desfavorable de carga de la acequia. Se ha elegido una válvula de tajadera con un diámetro nominal de 100 mm, una presión nominal de 1 MPa y accionamiento manual para controlar el paso del agua a través de la captación que se instalará en la cara interior de la acequia. A la entrada de la tubería y accesible para su limpieza, se colocará una rejilla de acero inoxidable con un paso libre de 2x2 cm.

3. DEPÓSITO DE REGULACIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DEL DEPÓSITO DE REGULACIÓN

La discontinuidad temporal en el suministro hidráulico hace necesaria la construcción de un depósito de regulación que permita acumular el agua necesaria para el riego del cultivo durante las 84 horas (3,5 días) que transcurren entre los turnos de riego, momentos en los que se podrá tomar agua de la acequia. Se ha proyectado un depósito de hormigón completamente enterrado, fundamentalmente, por dos razones:

- La entrada del agua al depósito se produce por gravedad sin la necesidad de suministro energético adicional.
- Se minimiza el impacto visual que provocaría un depósito instalado en superficie.

El depósito está configurado de la siguiente forma:

- Losa de hormigón armado HA-25 in situ de 30 cm de espesor.
- Muros de hormigón armado HA-25 in situ de 30 cm de espesor.
- Forjado de placa alveolar de 25 cm rematado con una capa de compresión de 5 cm de hormigón en masa HM-20.

Cuenta, además, con un acceso de 1,5x0,8 m para el desarrollo de operaciones de limpieza y mantenimiento. En los **Planos 9 y 10** se representa la vista en planta y secciones del depósito.

3.2. DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO DE REGULACIÓN

Para establecer la capacidad de almacenamiento del depósito se ha considerado el mes más desfavorable, es decir, aquél en el que la dosis de riego prevista es mayor. En el **Anejo 5** se han estimado unas necesidades hídricas totales anuales de 282,4 mm. Realizando un análisis mensual, en el mes de julio se han previstos las mayores necesidades hídricas ascendiendo a 33,1 mm, éste es el valor que determinará la capacidad del depósito. Considerando una superficie regable de 3,92 ha, el volumen mensual de agua de riego asciende a 1297,52 m³. Teniendo en cuenta, como se ha explicado en el apartado anterior, que el llenado del depósito se producirá cada 3,5 días o, lo que es lo mismo, en ocho ocasiones en un mismo mes, la capacidad de almacenamiento del depósito asciende a 162,19 m³. Este valor se mayorará en un 10% resultando 178,41 m³.

Considerando el espacio disponible en la zona en la que se ubicará el depósito se han determinado unas dimensiones superficiales interiores del depósito de 12,5x8 m que suponen una profundidad de 1,80 m hasta la parta inferior de la tubería de toma para alcanzar el volumen de almacenamiento deseado. A esta profundidad se le ha añadido un resguardo suficiente que impida el desbordamiento del depósito en caso de que acequia se encuentre en plena carga. Teniendo en cuenta que el calado máximo de la acequia de La Torrecilla de la que se capta el agua es de 70 cm y que su parte superior se encontrará a la misma altura que la parte inferior del forjado del depósito, se añadirán estos 70 cm a la profundidad del mismo, con lo que las dimensiones interiores (sin considerar el espesor de solera, muros y forjado) son las que adjuntan en la siguiente tabla.

Superficie (m)	12,5x8
Altura total (cm)	2,5
Altura de la entrada de la toma (m)	1,8 (desde la solera)
Volumen normal (m³)	180
Volumen total (m³)	250 (considerando el resguardo)

3.3. NORMAS CONSIDERADAS

- Hormigón: EHE-08
- Aceros conformados: CTE DB-SE A
- Aceros laminados y armados: CTE DB-SE A
- Categoría de uso: G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento

3.4. ACCIONES CONSIDERADAS

3.4.1. Gravitatorias

Planta	S.C.U. (t/m²)	Cargas muertas (t/m²)
Forjado 1	0.00	0.00
Cimentación	0.00	0.00

3.4.2. Viento

Sin acción de viento.

3.4.3. Sismo

Sin acción de sismo.

3.4.4. Hipótesis de carga

Automáticas	Carga permanente Sobrecarga de uso	
Adicionales	Referencia	Naturaleza
	Nieve	Nieve

3.4.5. Empujes en muros

- Empuje de Defecto
- Una situación de relleno
- Carga: Carga permanente
- Con relleno: Cota 0.00 m
- Ángulo de talud 0.00 Grados
- Densidad aparente 1.80 t/m³
- Densidad sumergida 1.10 t/m³
- Ángulo rozamiento interno 30.00 Grados
- Evacuación por drenaje 100.00 %

3.4.6. Listado de cargas

Cargas especiales introducidas (en Tm, Tm/m y Tm/m²)

GRUPO	HIPÓTESIS	TIPO	VALOR	COORDENADAS
0	Carga permanente	Superficial	2.80	(12.50, 8.00) (0.00, 8.00) (0.00, 0.00) (12.50, 0.00)
	Sobrecarga de uso	Superficial	0.10	(12.50, 8.00) (0.00, 8.00) (0.00, 0.00) (12.50, 0.00)
1	Carga permanente	Puntual	0.05	(7.50, 2.33)
	Carga permanente	Puntual	0.05	(9.33, 3.14)
	Carga permanente	Puntual	0.05	(11.16, 3.94)
	Carga permanente	Puntual	0.05	(8.31, 0.50)
	Carga permanente	Puntual	0.05	(10.14, 1.31)
	Carga permanente	Puntual	0.05	(11.97, 2.11)
	Carga permanente	Superficial	1.20	(8.90, 7.90) (12.40, 7.90) (12.40, 5.75) (8.90, 5.75)
	Sobrecarga de uso	Superficial	0.10	(12.65, 8.15) (-0.15, 8.15) (-0.15, -0.15) (12.65, -0.15)
Nieve	Superficial	0.06	(12.65, 8.15) (-0.15, 8.15) (-0.15, -0.15) (12.65, -0.15)	

3.4.7. Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón	CTE
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno	Acciones características
Desplazamientos	

3.5. SITUACIONES DEL PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

A. Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \gamma_{Q1} \cdot \Psi_{p1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \cdot \Psi_{ai} \cdot Q_{ki} \quad [3]$$

donde:

- G_k acción permanente
- Q_k acción variable
- γ_G coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_{Q,1}$ coeficiente parcial de seguridad de acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$ coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\Psi_{p,1}$ coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\Psi_{a,i}$ coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

B. Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki} \quad [4]$$

3.5.1. Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

A. E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08

PERSISTENTE O TRANSITORIA				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (Ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (Ψ_p)	Acompañamiento (Ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

B. E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C

PERSISTENTE O TRANSITORIA				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (Ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (Ψ_p)	Acompañamiento (Ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

C. Tensiones sobre el terreno

ACCIONES VARIABLES SIN SISMO		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

D. Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

3.5.2. Combinaciones

Nombres de las hipótesis

- G.....Carga permanente
- Qa.....Sobrecarga de uso
- NiveNieve

A. E.L.U. de rotura. Hormigón

Comb.	G	Qa	Nieve
1	1.000		
2	1.350		
3	1.000	1.500	
4	1.350	1.500	
5	1.000		1.500
6	1.350		1.500
7	1.000	1.500	0.750
8	1.350	1.500	0.750

B. E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

Comb.	G	Qa	Nieve
1	1.000		
2	1.600		
3	1.000	1.600	
4	1.600	1.600	
5	1.000		1.600
6	1.600		1.600
7	1.000	1.600	0.800
8	1.600	1.600	0.800

C. Desplazamientos

Comb.	G	Qa	Nieve
1	1.000		
2	1.000	1.000	
3	1.000		1.000
4	1.000	1.000	1.000

3.6. DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

GRUPO	NOMBRE DEL GRUPO	PLANTA	NOMBRE PLANTA	ALTURA (m)	COTA (m)
1	Forjado 1	1	Forjado 1	2.80	-0.00
0	Cimentación				-2.80

3.7. DATOS GEOMÉTRICOS DE MUROS

Las dimensiones están expresadas en metros.

3.7.1. Datos geométricos del muro

REF.	TIPO MURO	GI- GF	VÉRTICES		PLANTA	DIMENSIONES izquierda+derecha=total
			inicial	final		
M1	Muro de hormigón armado	0-1	(0.00, 0.00)	(12.50, 0.00)	1	0+0.3=0.3
M2	Muro de hormigón armado	0-1	(12.50, 0.00)	(12.50, 8.00)	1	0+0.3=0.3
M3	Muro de hormigón armado	0-1	(0.00, 8.00)	(12.50, 8.00)	1	0.3+0=0.3
M4	Muro de hormigón armado	0-1	(0.00, 0.00)	(0.00, 8.00)	1	0.3+0=0.3

3.7.2. Empujes y zapata del muro

REF.	EMPUJES	ZAPATA DEL MURO
M1	Empuje izquierdo: Sin empujes Empuje derecho: Empuje de Defecto	Viga de cimentación: 0.300 x 0.300 Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00 canto:0.30 Tensiones admisibles -Situaciones persistentes: 2.00 kp/cm ² -Situaciones accidentales: 3.00 kp/cm ² Módulo de balasto: 10000.00 t/m ³
M2	Empuje izquierdo: Sin empujes Empuje derecho: Empuje de Defecto	Viga de cimentación: 0.300 x 0.300 Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00 canto:0.30 Tensiones admisibles -Situaciones persistentes: 2.00 kp/cm ² -Situaciones accidentales: 3.00 kp/cm ² Módulo de balasto: 10000.00 t/m ³
M3	Empuje izquierdo: Empuje de Defecto Empuje derecho: Sin empujes	Viga de cimentación: 0.300 x 0.300 Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00 canto:0.30 Tensiones admisibles -Situaciones persistentes: 2.00 kp/cm ² -Situaciones accidentales: 3.00 kp/cm ² Módulo de balasto: 10000.00 t/m ³
M4	Empuje izquierdo: Empuje de Defecto Empuje derecho: Sin empujes	Viga de cimentación: 0.300 x 0.300 Vuelos: izq.:0.00 der.:0.00 canto:0.30 Tensiones admisibles -Situaciones persistentes: 2.00 kp/cm ² -Situaciones accidentales: 3.00 kp/cm ² Módulo de balasto: 10000.00 t/m ³

3.8. LISTADO DE PAÑOS

Placas aligeradas consideradas

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
PRETENAR: PHP-25+5	<p>PRETENAR S.A. Canto total forjado: 30 cm Espesor capa compresión: 5 cm Ancho de placa: 1203 mm Ancho mín. de placa: 280 mm Entrega mínima: 10 cm Entrega máxima: 15 cm Entrega lateral: 0 cm Hormigón de la placa: HA-40, Yc=1.35 (Pref.) Hormigón de la capa y juntas: HA-25, Yc=1.5 Acero de negativos: B 500 S, Ys=1.15 Peso propio: 0.48318 t/m² Volumen de hormigón: 0.17 m³/m²</p>

Esfuerzos por bandas de 1 m

REF.	FLEXIÓN POSITIVA							Cortante Último	
	Momento		Rigidez		Momento de servicio				
	Último	Fisura	Total	Fisura	Según la clase de exposición (1)				
	kp·m/m		Mp·m ² /m		I	II	III	kp/m	
PA	11182.5		5859.3	5554.0	4931.7	5495.4	7010.2	15087.7	9080.0
QA	13269.1		5876.0	5722.9	6146.8	6942.9	8765.5	15104.0	9560.0
RA	16286.4		5900.8	5929.0	8060.1	9217.1	11500.5	15127.4	10279.0
SA	18237.5		5917.2	6043.2	9347.6	10749.2	13338.4	15143.7	10758.0
TA	20651.4		5937.9	6165.6	11000.0	12714.6	15691.1	15163.1	11365.0
UA	24147.8		5989.6	6308.7	12742.1	14806.3	18367.0	15190.6	12278.0

REFUERZO SUPERIOR	FLEXIÓN NEGATIVA B 500 S, Ys=1.15					
	Momento último		Momento Fisura kp·m/m	Rigidez		Cortante Último kp/m
	Tipo	Macizado		Total	Fisura	
kp·m/m		Mp·m ² /m				
Ø12 c/250	5696.2	5781.9	4685.0	5462.9	689.8	
Ø12 c/200	6914.4	6901.1	4718.7	5486.7	808.7	
(Ø16 + Ø10) c/333	9653.4	9676.9	4802.2	5546.0	1082.9	
(Ø16 + Ø12) c/333	10340.5	10336.4	4822.6	5560.3	1144.9	
Ø16 c/200	11994.9	11995.9	4874.6	5596.5	1297.3	
Ø16 c/143	15679.9	15707.4	4992.9	5678.2	1590.3	
Ø16 c/111	19124.4	19237.5	5111.1	5758.0	1873.3	
Ø20 c/143	23017.3	23489.3	5258.9	5855.5	2426.5	
Ø20 c/111	26079.5	28426.1	5442.4	5973.7	4453.7	

(1) Según la clase de exposición:

- Clase I: Ambiente agresivo (Ambiente III)
- Clase II: Ambiente exterior (Ambiente II)
- Clase III: Ambiente interior (Ambiente I)

3.9. LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

LOSAS CIMENTACIÓN	CANTO (cm)	MÓDULO BALASTO (t/m ³)	TENSIÓN ADMISIBLE EN SITUACIONES PERSISTENTES (kp/cm ²)	TENSIÓN ADMISIBLE EN SITUACIONES ACCIDENTALES (kp/cm ²)
Todas	30	10000.00	2.00	3.00

3.10. MATERIALES UTILIZADOS

3.10.1. Hormigones

Para todos los elementos estructurales de la obra: HA-25; $f_{ck} = 255 \text{ kp/cm}^2$; $\gamma_c = 1.50$

3.10.2. Aceros por elemento y posición

A. Aceros en barras

Para todos los elementos estructurales de la obra: B 500 S; $f_{yk} = 5097 \text{ kp/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$

B. Aceros en perfiles

TIPO DE ACERO PARA PERFILES	ACERO	LÍMITE ELÁSTICO (kp/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kp/cm ²)
Aceros conformados	S235	2396	2140673
Aceros laminados	S275	2803	2140673

3.11. ESFUERZOS Y ARMADOS EN MUROS

3.11.1. Esfuerzos de muros por hipótesis

Tramo: Nivel inicial / nivel final del tramo entre plantas.

Soporte	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Hipótesis	Base						Cabeza					
					N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)	N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)
M1	Forj. 1	30.0	-2.80/-0.00	Carga permanente	44.66	7.40	16.41	2.40	32.50	1.27	28.05	4.90	0.28	2.21	-6.81	-1.08
				Sobrecarga de uso	3.51	-0.00	0.90	0.00	0.49	0.05	4.85	-0.22	0.04	0.00	0.18	-0.02
				Nieve	2.11	-0.00	0.61	0.00	0.33	0.03	2.91	-0.14	0.02	0.00	0.12	-0.01
M2	Forj. 1	30.0	-2.80/-0.00	Carga permanente	29.21	-10.04	1.91	-19.70	-1.05	0.44	4.54	0.09	0.91	3.52	-1.38	-0.13
				Sobrecarga de uso	1.80	-0.49	0.00	-0.30	-0.00	-0.01	0.49	0.03	-0.01	-0.13	-0.00	0.00
				Nieve	1.08	-0.34	0.00	-0.21	-0.00	-0.00	0.29	0.02	-0.00	-0.08	-0.00	0.00
M3	Forj. 1	30.0	-2.80/-0.00	Carga permanente	49.96	9.92	-17.56	-2.04	-33.15	-1.97	33.95	29.72	-0.32	-2.25	6.60	1.69
				Sobrecarga de uso	3.51	-0.01	-0.90	0.00	-0.49	-0.05	4.86	-0.22	-0.04	0.01	-0.17	0.03
				Nieve	2.11	-0.00	-0.61	0.00	-0.33	-0.03	2.91	-0.13	-0.02	0.00	-0.12	0.02
M4	Forj. 1	30.0	-2.80/-0.00	Carga permanente	25.42	9.11	2.23	19.33	1.70	-0.51	3.59	-0.02	-0.39	-3.47	1.59	-0.01
				Sobrecarga de uso	1.80	0.49	-0.00	0.30	-0.00	0.00	0.42	-0.02	0.00	0.12	0.00	-0.00
				Nieve	1.08	0.33	-0.00	0.21	-0.00	0.00	0.25	-0.01	0.00	0.08	0.00	-0.00

3.11.2. Arranques de muros por hipótesis

Los esfuerzos de pantallas y muros son en ejes generales y referidos al centro de gravedad de la pantalla o muro en la planta.

SOPORTE	HIPÓTESIS	ESFUERZOS EN ARRANQUES					
		N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
M1	Carga permanente	44.66	7.40	16.41	2.40	32.50	1.27
	Sobrecarga de uso	3.51	-0.00	0.90	0.00	0.49	0.05
	Nieve	2.11	-0.00	0.61	0.00	0.33	0.03
M2	Carga permanente	29.21	-10.04	1.91	-19.70	-1.05	0.44
	Sobrecarga de uso	1.80	-0.49	0.00	-0.30	-0.00	-0.01
	Nieve	1.08	-0.34	0.00	-0.21	-0.00	-0.00
M3	Carga permanente	49.96	9.92	-17.56	-2.04	-33.15	-1.97
	Sobrecarga de uso	3.51	-0.01	-0.90	0.00	-0.49	-0.05
	Nieve	2.11	-0.00	-0.61	0.00	-0.33	-0.03
M4	Carga permanente	25.42	9.11	2.23	19.33	1.70	-0.51
	Sobrecarga de uso	1.80	0.49	-0.00	0.30	-0.00	0.00
	Nieve	1.08	0.33	-0.00	0.21	-0.00	0.00

3.11.3. Pésimos de muros

- Aprovechamiento: Nivel de tensiones (relación entre la tensión máxima y la admisible). Equivale al inverso del coeficiente de seguridad.
- Nx : Axil vertical.
- Ny : Axil horizontal.
- Nxy: Axil tangencial.
- Mx : Momento vertical (alrededor del eje horizontal).
- My : Momento horizontal (alrededor del eje vertical).
- Mxy: Momento torsor.
- Qx : Cortante transversal vertical.
- Qy : Cortante transversal horizontal.

Muro M1: Longitud: 1250 cm [Nudo inicial: 0.00;0.00 -> Nudo final: 12.50;0.00]										
PLANTA	COMPROBACIÓN	APROVECHAMIENTO (%)	PÉSIMOS							
			Nx (t/m)	Ny (t/m)	Nxy (t/m)	Mx (t·m/m)	My (t·m/m)	Mxy (t·m/m)	Qx (t/m)	Qy (t/m)
Forjado 1 (e=30.0 cm)	Arm. vert. der.	0.82	-4.62	-1.28	-1.21	-0.69	-0.27	-0.02	---	---
	Arm. horz. der.	0.28	-3.41	-1.25	0.78	-0.68	-0.30	-0.01	---	---
	Arm. vert. izq.	2.10	-6.01	-0.76	-0.64	2.38	0.30	0.04	---	---
	Arm. horz. izq.	0.48	-1.54	-1.85	1.19	0.10	0.55	-0.00	---	---
	Hormigón	6.22	-6.01	-0.76	-0.64	2.38	0.30	0.04	---	---
	Arm. transve.	1.94	-5.12	-1.22	-0.77	---	---	---	-2.30	-0.03

Muro M2: Longitud: 800 cm [Nudo inicial: 12.50;0.00 -> Nudo final: 12.50;8.00]										
PLANTA	COMPROBACIÓN	APROVECHAMIENTO (%)	PÉSIMOS							
			Nx (t/m)	Ny (t/m)	Nxy (t/m)	Mx (t-m/m)	My (t-m/m)	Mxy (t-m/m)	Qx (t/m)	Qy (t/m)
Forjado 1 (e=30.0 cm)	Arm. vert. der.	0.62	-2.17	0.66	0.72	-0.66	-0.28	-0.01	---	---
	Arm. horz. der.	0.28	-1.68	-0.83	-2.47	-0.49	-0.36	0.01	---	---
	Arm. vert. izq.	2.17	-6.42	-0.81	0.81	2.43	0.31	0.05	---	---
	Arm. horz. izq.	0.48	-1.81	-2.26	2.10	-0.02	0.50	-0.01	---	---
	Hormigón	6.40	-6.42	-0.81	0.81	2.43	0.31	0.05	---	---
	Arm. transve.	1.90	-4.65	-0.56	0.03	---	---	---	-2.25	-0.03

Muro M3: Longitud: 1250 cm [Nudo inicial: 0.00;8.00 -> Nudo final: 12.50;8.00]										
PLANTA	COMPROBACIÓN	APROVECHAMIENTO (%)	PÉSIMOS							
			Nx (t/m)	Ny (t/m)	Nxy (t/m)	Mx (t-m/m)	My (t-m/m)	Mxy (t-m/m)	Qx (t/m)	Qy (t/m)
Forjado 1 (e=30.0 cm)	Arm. vert. der.	2.25	-6.66	-0.84	0.11	-2.53	-0.32	-0.04	---	---
	Arm. horz. der.	0.46	-1.70	-1.80	1.02	-0.09	-0.53	0.00	---	---
	Arm. vert. izq.	0.91	-6.27	-1.48	0.10	0.65	0.26	0.02	---	---
	Arm. horz. izq.	0.27	-6.27	-1.48	0.10	0.65	0.26	0.02	---	---
	Hormigón	6.66	-6.66	-0.84	0.11	-2.53	-0.32	-0.04	---	---
	Arm. transve.	1.98	-5.63	-1.40	0.60	---	---	---	2.35	0.04

Muro M4: Longitud: 800 cm [Nudo inicial: 0.00;0.00 -> Nudo final: 0.00;8.00]										
PLANTA	COMPROBACIÓN	APROVECHAMIENTO (%)	PÉSIMOS							
			Nx (t/m)	Ny (t/m)	Nxy (t/m)	Mx (t-m/m)	My (t-m/m)	Mxy (t-m/m)	Qx (t/m)	Qy (t/m)
Forjado 1 (e=30.0 cm)	Arm. vert. der.	1.97	-5.64	-0.71	0.39	-2.24	-0.28	-0.03	---	---
	Arm. horz. der.	0.57	-1.61	-1.62	-1.17	-0.12	-0.72	-0.08	---	---
	Arm. vert. izq.	0.65	-1.98	0.12	-0.69	0.73	0.28	0.01	---	---
	Arm. horz. izq.	0.27	-1.90	-1.02	-2.17	0.51	0.31	0.06	---	---
	Hormigón	5.83	-5.64	-0.71	0.39	-2.24	-0.28	-0.03	---	---
	Arm. transve.	1.86	-4.17	-0.63	0.59	---	---	---	2.20	-0.01

3.11.4. Listado de armados de muros de sótano

Muro M1: Longitud: 1250 cm [Nudo inicial: 0.00;0.00 -> Nudo final: 12.50;0.00]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
Forjado 1	30.0	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	---	---	---	---	100.0	---

Muro M2: Longitud: 800 cm [Nudo inicial: 12.50;0.00 -> Nudo final: 12.50;8.00]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
Forjado 1	30.0	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	---	---	---	---	100.0	---

Muro M3: Longitud: 1250 cm [Nudo inicial: 0.00;8.00 -> Nudo final: 12.50;8.00]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
Forjado 1	30.0	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	---	---	---	---	100.0	---

Muro M4: Longitud: 800 cm [Nudo inicial: 0.00;0.00 -> Nudo final: 0.00;8.00]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal				F.C. (%)	Estado
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)	Sep.hor (cm)		
Forjado 1	30.0	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	---	---	---	---	100.0	---

F.C. = El factor de cumplimiento indica el porcentaje de área en el cual el armado y espesor de hormigón son suficientes.

3.11.5. Sumatorio de esfuerzos en muros por hipótesis

Sólo se tienen en cuenta los esfuerzos de pilares, muros y pantallas, por lo que si la obra tiene vigas con vinculación exterior, vigas inclinadas, diagonales o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

Planta: Cimentación															
SOPORTE	TRAMO (m)	HIPÓTESIS	Esfuerzos locales en la base del soporte						Esfuerzos locales referidos al origen (X=0.00, Y=0.00, Z=-2.80)						
			N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)	N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t-m)	
M1 [6.250;-0.150] (e=30.0 cm)	-2.80/-0.00	Carga permanente Sobrecarga de uso Nieve	44.66	7.40	16.41	2.40	32.50	1.27	44.66	286.50	9.71	2.40	32.50	204.73	
			3.51	-0.00	0.90	0.00	0.49	0.05	3.51	21.93	0.38	0.00	0.49	3.13	
			2.11	-0.00	0.61	0.00	0.33	0.03	2.11	13.16	0.29	0.00	0.33	2.10	
M2 [12.650;4.000] (e=30.0 cm)	-2.80/-0.00	Carga permanente Sobrecarga de uso Nieve	29.21	-10.04	1.91	-19.70	-1.05	0.44	29.21	359.52	118.76	-19.70	-1.05	65.98	
			1.80	-0.49	0.00	-0.30	-0.00	-0.01	1.80	22.34	7.22	-0.30	-0.00	1.20	
			1.08	-0.34	0.00	-0.21	-0.00	-0.00	1.08	13.34	4.33	-0.21	-0.00	0.83	
M3 [6.250;8.150] (e=30.0 cm)	-2.80/-0.00	Carga permanente Sobrecarga de uso Nieve	49.96	9.92	-17.56	-2.04	-33.15	-1.97	49.96	322.14	389.58	-2.04	-33.15	-192.6	
			3.51	-0.01	-0.90	0.00	-0.49	-0.05	3.51	21.92	27.69	0.00	-0.49	-3.14	
			2.11	-0.00	-0.61	0.00	-0.33	-0.03	2.11	13.16	16.56	0.00	-0.33	-2.11	
M4 [-0.150;4.000] (e=30.0 cm)	-2.80/-0.00	Carga permanente Sobrecarga de uso Nieve	25.42	9.11	2.23	19.33	1.70	-0.51	25.42	5.30	103.92	19.33	1.70	-78.11	
			1.80	0.49	-0.00	0.30	-0.00	0.00	1.80	0.22	7.21	0.30	-0.00	-1.20	
			1.08	0.33	-0.00	0.21	-0.00	0.00	1.08	0.17	4.32	0.21	-0.00	-0.83	
Sumatorio		Carga permanente Sobrecarga de uso Nieve							149.25	973.47	621.97	-0.00	0.00	0.05	
									10.62	66.40	42.50	-0.00	-0.00	0.00	
									6.37	39.84	25.50	-0.00	-0.00	0.00	

Este listado es de utilidad para conocer las cargas actuantes por encima de la cota de la base de los soportes sobre una planta, por lo que para casos tales como pilares apeados traccionados, los

esfuerzos de dichos pilares tendrán la influencia no sólo de las cargas por encima sino también la de las cargas que recibe de plantas inferiores.

Junto a la referencia de cada soporte se indican las coordenadas X e Y del centro de gravedad (m) y en pilares, el ángulo (grados) de giro de los ejes locales respecto a los globales.

3.12. ARMADOS EN VIGAS

3.12.1. Pórtico 1

A. Tramo nº 1 (L= 6.90 m) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	-----	-----	11.2	3.4	-----	11.2	3.4
E. cap. mom. pos. inf.	-----	11.2	-----	11.2	-----	-----	11.2
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 0.14) 11.2(x= 2.54) 11.2(x= 5.76)						
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.67) 11.2(x= 3.35) 11.2(x= 6.45)						
Env. momentos negat.	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
Env. momentos posit.	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
Momentos repres.	0.0(0.40) -0.1(0.14) 0.0(1.76) 0.0(5.76) 0.0(6.90)						
Env. cortantes negat.	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Env. cortantes posit.	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Cortantes repres.	0.3(x= 0.90) -0.3(x= 0.00)						
Envolvente de torsión	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00) 0.00(x= 6.90) Tor. agota.: 2.37						

- Arm.Montaje: 3Ø12(0.19P+7.16=7.35)
- Arm.Superior: 3Ø12(0.19P+7.16=7.35)
- Estribos: 41x1eØ8c/0.17(6.97)

B. Tramo nº 2 (L= 2.00 m) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	3.4	11.2	11.2	3.4	11.2	11.2	3.4
E. cap. mom. pos. inf.	11.2	-----	-----	11.2	-----	-----	11.2
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 0.64) 11.2(x= 0.86) 11.2(x= 1.64)						
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.05) 11.2(x= 1.55) 11.2(x= 1.95)						
Env. momentos negat.	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
Env. momentos posit.	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
Momentos repres.	0.0(0.0) 0.0(0.36) 0.0(0.86) 0.0(1.64) 0.0(2.00)						
Env. cortantes negat.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Env. cortantes posit.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Cortantes repres.	0.1(x= 1.00) 0.0(x= 1.50)						
Envolvente de torsión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00) 0.00(x= 2.00) Tor. agota.: 2.37						

- Arm.Montaje: 3Ø12(2.15>>)
- Arm.Superior: 3Ø12(2.15>>)
- Estribos: 12x1eØ8c/0.17(1.92)

C. Tramo nº 3 (L= 3.90) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	3.4	11.2	11.2	-----	11.2	3.4	11.2
E. cap. mom. pos. inf.	11.2	-----	-----	11.2	-----	11.2	3.4
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 1.14)		11.2(x= 1.86)	11.2(x= 3.79)			
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.45)		11.2(x= 2.95)	11.2(x= 3.27)			
Env. momentos negat.	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0
Env. momentos posit.	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0
Momentos repres.	0.0(0.0)		0.0(0.64)	0.0(1.86)	-0.1(3.79)	0.0(3.50)	
Env. cortantes negat.	0.0	-0.0	-0.1	-0.2	-0.4	-0.4	0.1
Env. cortantes posit.	0.0	-0.0	-0.0	-0.1	-0.2	-0.2	0.3
Cortantes repres.	0.3(x= 3.90)			-0.4(x= 3.00)			
Envolvente de torsión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00)		0.01(x= 3.90)	Tor. agota.: 2.37			

- Arm.Montaje: 3Ø12(<<2.15+4.01+0.19P=6.35)
- Arm.Superior: 3Ø12(<<2.15+4.01+0.19P=6.35)
- Estribos: 24x1eØ8c/0.17(3.97)

3.12.2. Pórtico 2

A. Tramo nº 1 (L= 9.40) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	-----	11.2	-----	-----	11.2	-----	3.4
E. cap. mom. pos. inf.	-----	3.4	11.2	-----	-----	11.2	11.2
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 0.14)		11.2(x= 3.54)	11.2(x= 6.54)			
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.67)		11.2(x= 4.35)	11.2(x= 7.85)			
Env. momentos negat.	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
Env. momentos posit.	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0
Momentos repres.	0.0(0.40)		-0.1(0.14)	0.0(2.54)	0.0(7.76)	0.0(9.40)	
Env. cortantes negat.	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
Env. cortantes posit.	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	-0.0
Cortantes repres.	0.4(x= 0.90)			-0.3(x= 0.00)			
Envolvente de torsión	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00)		0.00(x= 9.40)	Tor. agota.: 2.37			

- Arm.Inferior: 3Ø12(0.19P+7.16=7.35) ----- 3Ø12(2.65>>)
- Arm.Superior: 3Ø12(0.19P+7.16=7.35)
- Estribos: 56x1eØ8c/0.17(9.47)

B. Tramo nº 2 (L= 3.40) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	3.4	-----	11.2	11.2	-----	-----	11.2
E. cap. mom. pos. inf.	11.2	11.2	3.4	-----	-----	-----	3.4
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 1.13) 11.2(x= 2.14) 11.2(x= 3.29)						
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.45) 11.2(x= 0.95) 11.2(x= 2.77)						
Env. momentos negat.	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.1
Env. momentos posit.	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0
Momentos repres.	0.0(0.0) 0.0(0.36) 0.0(2.14) -0.1(3.29) 0.0(3.00)						
Env. cortantes negat.	-0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.5	0.1
Env. cortantes posit.	-0.0	-0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	0.2
Cortantes repres.	0.2(x= 3.40) -0.5(x= 2.50)						
Envolvente de torsión	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00) 0.01(x= 3.40) Tor. agota.: 2.37						

- Arm.Inferior: 3Ø12(<<2.65+3.51+0.19P=6.35) -----
- Arm.Superior: 3Ø12(6.16+0.19P=6.35)
- Estribos: 21x1eØ8c/0.17(3.47)

3.12.3. Pórtico 3

A. Tramo nº 1 (L= 3.90) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	-----	3.4	11.2	-----	11.2	11.2	3.4
E. cap. mom. pos. inf.	-----	11.2	-----	11.2	3.4	3.4	11.2
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 0.17) 11.2(x= 1.76) 11.2(x= 2.76)						
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.52) 11.2(x= 1.94) 11.2(x= 3.44)						
Env. momentos negat.	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
Env. momentos posit.	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
Momentos repres.	0.0(0.40) 0.0(0.17) 0.0(1.76) 0.0(3.54) 0.0(3.90)						
Env. cortantes negat.	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
Env. cortantes posit.	0.0	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
Cortantes repres.	0.3(x= 0.90) -0.4(x= 0.00)						
Envolvente de torsión	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00) 0.00(x= 3.90) Tor. agota.: 2.37						

- Arm.Montaje: 3Ø12(0.19P+4.01>>>)
- Arm.Superior: 3Ø12(0.19P+4.01>>>)
- Estribos: 24x1eØ8c/0.17(3.97)

B. Tramo nº 2 (L= 4.40) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	3.4	-----	3.4	11.2	11.2	11.2	11.2
E. cap. mom. pos. inf.	11.2	-----	11.2	3.4	-----	-----	-----
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 1.36) 11.2(x= 2.64) 11.2(x= 4.26)						
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.54) 11.2(x= 1.46) 11.2(x= 3.77)						
Env. momentos negat.	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Env. momentos posit.	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Momentos repres.	0.0(0.0) 0.0(0.86) 0.0(2.64) 0.0(4.26) 0.0(4.00)						
Env. cortantes negat.	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.4	0.2
Env. cortantes posit.	0.1	0.0	-0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.3
Cortantes repres.	0.3(x= 4.40) -0.4(x= 3.50)						
Envolvente de torsión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00) 0.01(x= 4.40) Tor. agota.: 2.37						

- Arm.Montaje: 3Ø12(<<4.20+4.51+0.19P=8.90)
- Arm.Superior: 3Ø12(<<4.20+4.51+0.19P=8.90)
- Estribos: 27x1eØ8c/0.17(4.47)

3.12.4. Pórtico 4

A. Tramo nº 1 (L= 3.90) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	-----	3.4	11.2	-----	11.2	11.2	3.4
E. cap. mom. pos. inf.	-----	11.2	3.4	-----	3.4	3.4	11.2
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 0.14) 11.2(x= 1.54) 11.2(x= 2.76)						
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.63) 11.2(x= 0.94) 11.2(x= 3.44)						
Env. momentos negat.	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
Env. momentos posit.	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
Momentos repres.	0.0(0.40) 0.0(0.14) 0.0(1.54) 0.0(3.54) 0.0(3.90)						
Env. cortantes negat.	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
Env. cortantes posit.	0.0	0.4	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1
Cortantes repres.	0.5(x= 0.90) -0.3(x= 0.00)						
Envolvente de torsión	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00) 0.00(x= 3.90) Tor. agota.: 2.37						

- Arm.Montaje: 3Ø12(0.19P+4.01>>>)
- Arm.Superior: 3Ø12(0.19P+4.01>>>)
- Estribos: 24x1eØ8c/0.17(3.97)

B. Tramo nº 2 (L= 4.40) Cimentación Tipo R Sección BxH = 30x30

	N.izq.0L	L/6	2L/6	L/2	4L/6	5L/6	N.der.1L
E. cap. mom. neg. sup.	3.4	-----	3.4	11.2	11.2	11.2	11.2
E. cap. mom. pos. inf.	11.2	-----	11.2	3.4	-----	3.4	3.4
Cap. mom. neg. repre. sup.	11.2(x= 1.36)		11.2(x= 2.86)		11.2(x= 4.26)		
Cap. mom. pos. repre. inf.	11.2(x= 0.54)		11.2(x= 3.46)		11.2(x= 3.54)		
Env. momentos negat.	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Env. momentos posit.	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Momentos repres.	0.0(0.0)		0.0(0.86)		0.0(2.86)		0.0(4.00)
Env. cortantes negat.	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	0.2
Env. cortantes posit.	0.1	0.0	-0.0	-0.1	-0.2	-0.3	0.3
Cortantes repres.	0.3(x= 4.40)			-0.5(x= 3.50)			
Envolvente de torsión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01
Torsor borde apoyo:	0.00(x= 0.00)		0.01(x= 4.40)		Tor. agota.: 2.37		

- Arm.Montaje: 3Ø12(<<4.20+4.51+0.19P=8.90)
- Arm.Superior: 3Ø12(<<4.20+4.51+0.19P=8.90)
- Estribos: 27x1eØ8c/0.17(4.47)

3.13. ARMADOS EN LOSAS

3.13.1. Alineaciones longitudinales

- Armadura Base Inferior: 1Ø12c/30
- Armadura Base Superior: 1Ø12c/30
- Canto: 30

3.13.2. Alineaciones transversales

- Armadura Base Inferior: 1Ø12c/30
- Armadura Base Superior: 1Ø12c/30
- Canto: 30

3.14. MEDICIÓN DE ARMADOS DE PLACAS ALIGERADAS

Longitud	Díámetro
	Ø12
1.00+0.15p = 1.15	100
Total m.l. 115.00	115.00
Tot. kg+10% 112.31	112.31

4. CASETA DE RIEGO

Como solución para albergar los elementos que se listan a continuación se ha optado por una caseta prefabricada de hormigón de la empresa PREPHOR.

- Conjunto motor – bomba.
- Elementos del cabezal de riego.
- Dispositivos de accionamiento y control de la instalación de riego.
- Elementos del subsistema de acondicionamiento de energía y baterías.
- Cuadro de protecciones eléctricas.

Se trata de una caseta de hormigón armado en fabricación monobloque que aporta una mayor rigidez al edificio, evita la formación de fisuras en las juntas durante el manejo y transporte y elimina los puentes térmicos. Las características técnicas de la caseta se aprecian en la siguiente tabla:

Dimensiones exteriores (cm)	380x245
Dimensiones interiores (cm)	350x215
Altura exterior (cm)	298
Altura interior (cm)	270
Peso aproximado (kg)	11.000
Hormigón armado – vibrado	HA-45/P/12/IIa
Acero en armaduras	B-500-S
Aislante	Poliestireno expandido tipo IV
Espesor de aislante (cm)	4 – 5

La caseta cuenta, además, con una puerta de seguridad de una hoja de acero galvanizado y dos aberturas de ventilación cubiertas con rejilla ejecutada en perfiles de acero galvanizado S 250 GD imprimado y pintado. La caseta irá apoyada directamente sobre el armado del depósito de regulación.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 10

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. OBJETO	5
1.2. ALCANCE DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	5
1.3. DATOS DE LA OBRA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	5
2. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA	6
3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN GENERALES	7
3.1. SEÑALIZACIÓN.....	7
3.2. ILUMINACIÓN	8
3.3. SEÑALES ÓPTICO-ACÚSTICAS DE VEHÍCULOS DE OBRA	8
3.4. CIRCULACIÓN Y ACCESOS A LA OBRA.....	9
3.5. PROTECCIONES COLECTIVAS	9
3.6. PROTECCIONES INDIVIDUALES	9
3.7. FORMACIÓN DEL PERSONAL SOBRE RIESGOS LABORALES	10
4. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....	10
4.1. REPLANTEO.....	12
4.2. DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO.....	13
4.3. EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO.....	13
4.4. EXCAVACIÓN EN ZANJA.....	15
4.5. RELLENOS	17
4.6. COLOCACIÓN Y MONTAJE DE TUBOS.....	18
4.7. ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	19
4.8. HORMIGONADO	20
4.9. MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA	23
4.10. TRABAJOS DE SOLDADURA	24
4.11. ARMADO	24
4.12. MONTAJE DE EQUIPOS.....	25
4.13. INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD	26

4.14. INSTALACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS Y CABLES.....	28
5. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR.....	29
5.1. COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD	29
5.2. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	30
6. OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.....	30
7. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES.....	31
8. LIBRO DE INCIDENCIAS	32
9. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	32
10. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.....	33
11. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD	33

1. INTRODUCCIÓN

Se elabora el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, dado que en el proyecto de obras redactado y del que este documento forma parte, no se dan ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de Presidencia, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

1.1. OBJETO

El Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto precisar las normas de seguridad y salud aplicables en la obra, conforme especifica el apartado 2 del artículo 6 del citado Real Decreto. Igualmente se especifica que a tal efecto debe contemplar:

- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

1.2. ALCANCE DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio contiene todas las medidas preventivas aplicables a los riesgos derivados de los trabajos a realizar para la puesta en marcha del presente proyecto.

Deber servir también de base para que las Empresas Constructoras, Contratistas, Subcontratistas y trabajadores autónomos que participen en las obras, antes del comienzo de la actividad en las mismas, puedan elaborar un Plan de Seguridad y Salud tal y como indica el articulado del Real Decreto citado en el punto anterior.

En dicho Plan podrán modificarse algunos de los aspectos señalados en este Estudio con los requisitos que establece la mencionada normativa. El citado Plan de Seguridad y Salud es el que, en definitiva, permitirá conseguir y mantener las condiciones de trabajo necesarias para proteger la salud y la vida de los trabajadores durante el desarrollo de las obras que contempla este estudio.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presupuesto de ejecución por contrata de la obra asciende a la cantidad de 79.771,13 €, valor inferior a los 450.759,08 € que establece el RD 1627/1997 como condición para la redacción de un Estudio de Seguridad y Salud y no se prevé emplear a más de 20 trabajadores simultáneamente en la obra por lo que no se da ninguna de las circunstancias o supuestos previstos en el Apartado 1 del

Artículo 4 del R.D. 1627/1997, de modo que se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

2. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA

A continuación se incluye una relación de normas que constituyen el marco jurídico de la prevención en obra:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. del 10-11-95).
- R.D. 39/1997 de 17 de Enero (B.O.E.31/1/1997), por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. 9/3/1971).
- Ordenanza de Trabajo, construcción, vidrio y cerámica (O.M. 28/8/1970).
- Decreto 1215/1997 (B.O.E. 188 de 18/7/1997) que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 1627/1997 de 24 de Octubre (B.O.E. 25/10/1997) por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en aplicación de la Directiva 92/57/CEE.
- R.D. 773/1997 de 30 de Mayo (B.O.E. 12/6/1997), sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 644/1997 de 12 de Mayo (B.O.E. 24/5/1997) sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados por la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- R.D. 485/1997 de 14 de Abril (B.O.E. 23/4/1997) sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 486/1997 de 14 de Abril (B.O.E. 23/4/1997) por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/1997 de 14 de Abril (B.O.E. 23/4/1997) sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores.
- R.D. 665/1997 de 12 de Mayo (B.O.E. 24/5/1997) sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- R.D. 2291/1985 de 8 de Noviembre (B.O.E. 11/12/1985) por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención.
- Orden de 28 de Junio (B.O.E. 7/7/1988) por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM2 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención, referente a grúas torre desmontables en obra.
- R.D. 1316/1989 de 27 de Octubre (B.O.E. 2/11/1989 y B.O.E. 9/12/1989) sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- R.D. 1435/1992 de 27 de Noviembre (B.O.E. 11/12/1992), por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.

3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN GENERALES

3.1. SEÑALIZACIÓN

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- A. Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- B. Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- C. Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- D. Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

3.1.1. Paneles de señalización

Presentarán las siguientes características:

	ADVERTENCIA	PROHIBICIÓN	OBLIGACIÓN	SALVAMENTO	CONTRA INCENDIOS
FORMA	Triangular	Redonda	Redonda	Rectangular	Rectangular
COLOR DEL FONDO	Amarillo	Blanco	Azul	Verde	Rojo
COLOR DE CONTRASTE	Negro	Rojo	-	-	-
COLOR DE SÍMBOLO	Negro	Negro	Blanco	Blanco	Blanco

Tabla 1. Características de los paneles de señalización.

3.1.2. Cinta de señalización:

- En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los anteriores paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

3.1.3. Cinta de delimitación de zona de trabajo:

- Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

3.2. ILUMINACIÓN

Cumplirá el anexo IV del RD 486/97, que establece las condiciones mínimas de iluminación en función de la zona de trabajo:

ZONA		NIVEL DE ILUMINACIÓN MÍNIMO (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	Baja exigencia visual	100
	Exigencia visual moderada	209
	Exigencia visual alta	500
	Exigencia visual muy alta	1000
Áreas o locales de uso ocasional		25
Áreas o locales de uso habitual		100
Vías de circulación de uso ocasional		25
Vías de circulación de uso habitual		50

Tabla 2. Condiciones mínimas de iluminación en función de la zona de trabajo (RD 486/97).

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.
- En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.

No se permitirá ningún tipo de iluminación basado en llama.

3.3. SEÑALES ÓPTICO-ACÚSTICAS DE VEHÍCULOS DE OBRA

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, en cumplimiento del anexo IV del RD 485/97.
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás (anexo I del RD 1215/97).
- Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.
- Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (laminas, conos, cintas, mallas, lámparas destellantes, etc.).
- Protecciones colectivas particulares a cada fase de obra.

3.4. CIRCULACIÓN Y ACCESOS A LA OBRA

En lo referente a circulación por la obra y los accesos a la misma, se aplicará lo indicado en el artículo 11 del anexo IV del RD 1627/97.

- Los accesos de vehículos deben ser distintos de los del personal, en el caso de que se utilicen los mismos se debe dejar un pasillo para el paso de personas protegido mediante vallas.
- En ambos casos los pasos deben ser de superficies regulares, bien compactadas y niveladas.
- Si fuese necesario realizar pendientes se recomienda que estas no superen un 11% de desnivel.
- Todas estas vías estarán debidamente señalizadas y periódicamente se procederá a su control y mantenimiento.
- Si existieran zonas de acceso limitado deberán estar equipadas con dispositivos que eviten el paso de los trabajadores no autorizados.
- El paso de vehículos en el sentido de entrada se señalizará con limitación de velocidad a 10 ó 20 km/h y ceda el paso.
- Se obligará la detención con una señal de STOP en lugar visible del acceso en sentido de salida.
- En las zonas donde se prevé que puedan producirse caídas de personas o vehículos deberán ser balizadas y protegidas convenientemente.
- Las maniobras de camiones y hormigoneras deberán ser dirigidas por un operario competente, y deberán colocarse topes para las operaciones de aproximación y vaciado.

3.5. PROTECCIONES COLECTIVAS

Se aplicarán las siguientes medidas colectivas de protección:

- Protección mecánica en huecos para evitar riesgos de caídas.
- En cada tajo colocar un extintor portátil de polvo polivalente.
- Mamparas opacas para aquellos puestos de trabajo que generen riesgo de proyecciones (por partículas o por arco de soldadura) a terceros.
- Uso de lona ignífuga para cubrir los materiales combustibles que estén próximos a los trabajos de proyecciones incandescentes, otra medida es retirarlos a otra zona de acopio de materiales.
- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente, recolocándolos en las instalaciones preparadas para ello o en las zonas de acopio de materiales o acopio de residuos.

3.6. PROTECCIONES INDIVIDUALES

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones individuales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco.
- Pantalla facial transparente.
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal de inactínico.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Guantes de varios tipos.
- Cinturón de seguridad.
- Absorbedores de energía.
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.
- Gafas (contra impactos, viruta, etc.).
- Calzado de seguridad adecuado para cada uno de los trabajos.
- Protección auditiva.
- Ropa de trabajo.

Los Equipos de Protección Individual (EPIs), deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Marcado CE. Dispondrán del certificado y del sello de forma visible.
2. Se registrarán por la normativa (RD 773/1997), cumpliendo así lo establecido en la normativa europea (Directiva 89/656/CE).

3.7. FORMACIÓN DEL PERSONAL SOBRE RIESGOS LABORALES

La finalidad de la prevención de Riesgos Laborales en su aplicación en trabajos de riesgo especial es la acción de informar y formar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar y asimismo, darles a conocer de las técnicas preventivas y mantener la seguridad de todo el personal.

Por lo tanto, cada operario que participe en la obra aquí descrita deberá estar formado e informado de los riesgos que trae consigo la ejecución de sus trabajos y de las medidas o técnicas preventivas a aplicar para evitarlos, o en su defecto, disminuir sus consecuencias.

Asimismo cada uno de ellos deberá probar que posee dicha cualificación en virtud de la siguiente documentación:

- Certificado de información de los riesgos del trabajo a ejecutar.
- Certificación de los riesgos de los trabajos que se vayan a ejecutar en la misma obra y al mismo tiempo.
- Certificado de la asistencia al curso de formación de Prevención de Riesgos Laborales, de carácter general, y del riesgo específico que deriven el trabajo a ejecutar (constarán las horas del mismo, el temario y el diploma).

4. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Con el fin de identificar los riesgos potenciales que puedan producirse durante la ejecución material del proyecto y plantear medidas preventivas y medidas de protección tanto individuales como colectivas, en primer lugar, es necesario extraer las distintas unidades constructivas que componen la obra con el fin de evaluar cada una de ellas por separado.

Se ha dividido la obra en tres en tres grandes bloques. A continuación se enumeran las fases en que se dividen cada uno de ellos:

BLOQUE 1. OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO DE REGULACIÓN:

- Replanteo.
- Limpieza y desbroce del terreno.
- Excavación del depósito de regulación.
- Excavación de zanja para la tubería de la obra de toma.
- Vertido del hormigón de limpieza.
- Colocación de encofrados y armadura.
- Vertido del hormigón.
- Desencofrado.
- Colocación del forjado.
- Vertido de la capa de hormigón de compresión sobre el forjado.
- Colocación de la caseta de riego.

BLOQUE 2. RED DE RIEGO

- Replanteo.
- Inyección de tuberías portaemisores.
- Excavación de zanjas para tuberías primarias y secundarias.
- Conexión de la tubería primaria con las secundarias.
- Montaje de la valvulería.
- Colocación de las arquetas de protección de las conexiones de sector.
- Instalación del cabezal de riego y sistema de bombeo.
- Conexión del cabezal de riego con la tubería principal.
- Colocación del automático y solenoides.
- Ejecución de la instalación eléctrica del sistema de bombeo, automático y solenoides.
- Realización de pruebas de carga.

BLOQUE 3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

- Montaje de la estructura de soporte.
- Colocación de los módulos fotovoltaicos sobre la estructura.
- Interconexionado de los módulos fotovoltaicos.
- Instalación del inversor/cargador y las baterías.
- Conexión de la instalación de corriente continua con el inversor
- Ejecución de la instalación eléctrica en corriente alterna.
- Ejecución de la instalación de puesta a tierra.
- Realización de pruebas.

De las fases anteriores se han extraído las **Unidades Constructivas** comunes que se analizarán en los apartados siguientes. Éstas son:

1. Replanteo.
2. Desbroce y limpieza del terreno.
3. Excavaciones a cielo abierto.
4. Excavación en zanja.
5. Rellenos.
6. Colocación y montaje de tubos.
7. Encofrado y desencofrado.

8. Hormigonado.
9. Montaje de estructura metálica.
10. Trabajos de soldadura.
11. Armado.
12. Montaje de equipos.
13. Instalaciones de electricidad.
14. Instalación de equipos eléctricos y cables.

A continuación se analiza, una por una, cada una de las unidades constructivas enumeradas.

4.1. REPLANTEO

4.1.1. Riesgos

- Deslizamientos de tierras o rocas.
- Atropellos.
- Caídas del personal, rasguños.
- Picaduras de insectos.
- Trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas.

4.1.2. Medidas preventivas

- Antes del inicio de los trabajos de campo, se realizará un recorrido rápido con objeto de señalar los lugares de observación y los recorridos a realizar, detectando los posibles peligros y la forma de sortearlos o eliminarlos.
- Se comprobará la posible presencia de infraestructura de servicios que entrañase un riesgo para el personal.
- Todos los medios a utilizar, como cintas, jalones, banderas, miras, etc., deberán ser de material no conductor de la electricidad y carecer en lo posible de partes metálicas u otros materiales capaces de crear campos de electricidad estática.

4.1.3. Protecciones colectivas

- Al ser trabajos que pueden realizarse en el campo generalmente no se requerirá de ninguna protección de tipo colectivo, salvo en los puntos de observación próximos a cortes del terreno, o cuando el trabajo se desarrolle dentro de una zona en la cual exista maquinaria o personas trabajando. En esos casos se deberán colocar barandillas.

4.1.4. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Ropa de trabajo.
- Casco.
- Botas de seguridad.
- Impermeable.

4.2. DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO

4.2.1. Riesgos

- Deslizamiento de tierras o rocas.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras.
- Caídas del personal.
- Problemas de circulación en fases iniciales, embarramientos.
- Interferencias con conducciones de servicio.
- Riesgos a terceros, derivados de la intromisión descontrolada de los mismos a las obras.

4.2.2. Medidas preventivas

- Antes del inicio de los trabajos se llevará a cabo una inspección con el fin de detectar las posibles causas de accidentes y evitarlos.
- Se establecerá un plan de trabajo y movimientos de la maquinaria marcando los caminos y sentidos de circulación con las velocidades permitidas.
- Se localizarán, si las hubiese, las conducciones de servicio y se marcará su situación.
- Si fuese necesario se colocarán testigos que indiquen el movimiento del terreno.

4.2.3. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Casco.
- Botas de seguridad.
- Mascarillas antipolvo.
- Guantes.
- Ropa de trabajo.
- Impermeable.

4.3. EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO

4.3.1. Riesgos

- Deslizamiento de tierras y/o rocas.
- Desprendimientos de tierras y/o rocas, por el manejo de la maquinaria.
- Desprendimientos de tierras y/o rocas, por sobrecarga de los bordes de excavación.
- Alud de tierras por alteraciones de la estabilidad de una ladera.
- Desprendimientos de tierra y/o roca, por no emplear el talud adecuado.
- Desprendimientos de tierra y/o roca, por variación de la humedad del terreno.
- Desprendimientos de tierra y/o roca, por filtraciones acuosas.
- Desprendimientos de tierra y/o roca, por fallo de las entibaciones.
- Desprendimientos de tierra y/o roca, en excavaciones bajo nivel freático.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria y camiones.
- Caídas de personas o materiales a distinto nivel.

- Problemas de circulación interna debidos al mal estado de las pistas de acceso o circulación.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Riesgos a terceros, derivados de la intromisión descontrolada de los mismos en la obra, durante las horas dedicadas a producción o a descanso.
- Proyección de partículas.
- Inhalación de polvo.
- Ruido.

4.3.2. Medidas preventivas

- Antes del inicio de los trabajos se llevará a cabo una inspección con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- El frente de excavación realizado mecánicamente, no sobrepasará en más de un metro la altura máxima de ataque del brazo de la máquina.
- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles desprendimientos del terreno.
- Se eliminarán todas las viseras de los frentes de excavación que, por su situación, ofrezcan riesgo de desprendimiento.
- El frente y parámetros verticales de una excavación deberán ser inspeccionados siempre al iniciar los trabajos por el Capataz o Encargado que señalará los puntos que deben sanearse antes del inicio de las tareas.
- Las coronaciones de taludes permanentes, a las que deban acceder las personas, se protegerán mediante una barandilla de 90 cm. de altura, listón intermedio y rodapié, situada a dos metros del borde de coronación del talud (como norma general).
- Se detendrá cualquier trabajo al pie de un talud, si no reúne las debidas condiciones de estabilidad.
- Se inspeccionarán las entibaciones antes del inicio de cualquier trabajo.
- Se prohibirán los trabajos en la proximidad de postes eléctricos, de teléfono, etc. cuya estabilidad no quede garantizada antes del inicio de las tareas.
- Se prohibirá permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su adecuación definitiva.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no inferior a los 3 metros para vehículos ligeros y de 4 metros para pesados.
- Se conservarán en buenas condiciones los caminos de circulación interna.
- Se evitará la producción de encharcamientos.
- Se mantendrá el orden en el tráfico interno.
- Se construirán dos accesos a la excavación separados entre sí, uno para la circulación de personas y otro para la de la maquinaria y camiones.
- Se prohibirá trabajar o permanecer observando dentro del radio de acción del brazo de la máquina.
- La maquinaria y los vehículos contarán con señales acústicas y luminosas de aviso.
- Se utilizará la señalización adecuada.

4.3.3. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección colectiva estarán homologados por la C.E.
- Vallas de protección.
- Topes de desplazamiento de vehículos.
- Barandillas de 0,90 cm, listón intermedio y rodapié.

4.3.4. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Ropa de trabajo.
- Casco (lo utilizarán, aparte del personal a pie, los maquinistas y camioneros que deseen o deban abandonar las correspondientes cabinas de conducción).
- Botas de seguridad.
- Impermeable.
- Mascarilla antipolvo.
- Protectores auditivos.
- Gafas antipolvo.
- Cinturón de seguridad.
- Guantes.

4.4. EXCAVACIÓN EN ZANJA

4.4.1. Riesgos

- Desprendimiento de tierras.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas al interior de la zanja.
- Atrapamiento de personas mediante maquinaria.
- Los derivados por interferencias con conducciones enterradas (agua, corriente eléctrica, saneamiento, etc.).
- Inundación.
- Golpes por objetos.
- Caídas de objetos.

4.4.2. Medidas preventivas

- El personal que debe trabajar en el interior de las zanjas conocerá los riesgos a los que está sometido.
- El acceso y salida de una zanja se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en el borde superior de la zanja y estará apoyada sobre una superficie sólida de reparto de cargas. La escalera sobrepasará en 1 m el borde de la zanja.
- Estarán prohibidos los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia inferior a los 2 m, (como norma general) del borde de una zanja.
- Los productos de la excavación se acopiarán a un solo lado de la zanja.
- Cuando la profundidad de una zanja sea igual o superior a los 2 m se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria (pasamanos, listón intermedio y rodapié) situada a una distancia mínima de 2 m del borde.
- Cuando la profundidad de una zanja sea inferior a los 2 m, podrá instalarse una señalización de peligro de los siguientes tipos:
 - a) Línea de señalización paralela a la zanja formada por cinta de banderola sobre pies derechos.
 - b) Cierre eficaz del acceso a la coronación de los bordes de las zanjas en toda la zona.

- Si los trabajos requieren iluminación se efectuará mediante torretas aisladas con toma a tierra, en las que se instalarán proyectores de intemperie, alimentados a través de un cuadro eléctrico general de obra.
- Si los trabajos requieren iluminación portátil, la alimentación de las lámparas se efectuará a 24 V. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora y de carcasa-mango aislados eléctricamente.
- Los taludes serán formados correctamente.
- En régimen de lluvias y encharcamientos de las zanjas será imprescindible la revisión minuciosa y detallada de los taludes antes de reanudar los trabajos.
- Se revisará el estado de cortes o taludes a intervalos regulares en aquellos casos en los que puedan recibir empujes exógenos por proximidad de caminos, carreteras, calles, etc. transitados por vehículos; y en especial si en la proximidad se establecen trabajos con uso de martillos neumáticos, compactaciones por vibración o paso de maquinaria para el movimiento de tierras.
- Los trabajos a realizar en los bordes de las zanjas con taludes no muy estables, se ejecutarán sujetos con el cinturón de seguridad amarrado a "puntos fuertes" ubicados en el exterior de las zanjas.
- Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran en el interior de las zanjas para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.
- Se revisarán las entibaciones tras la interrupción de los trabajos antes de reanudarse de nuevo.
- Se desviarán todas aquellas instalaciones afectadas.
- Se mantendrá el orden y la limpieza del entorno.

4.4.3. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección colectiva estarán homologados por la C.E.
- Barandillas a 0,90 m, listón intermedio y rodapié.
- Señalización con cinta para profundidades menores de 2 m.
- Entibación y arriostramiento.
- Instalación de pasos sobre las zanjas.
- Colocación de escaleras portátiles, separadas como máximo 30 m.

4.4.4. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Casco.
- Mascarilla antipolvo.
- Gafas antipolvo.
- Cinturón de seguridad.
- Guantes.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Impermeable.
- Protectores auditivos.

4.5. RELLENOS

4.5.1. Riesgos

- Siniestros de vehículos por exceso de carga o mal mantenimiento.
- Caídas de material desde las cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde las cajas o carrocerías de los vehículos.
- Choques entre vehículos por falta de señalización.
- Atropello de personas.
- Vuelco de vehículos durante descargas en sentido de retroceso.
- Accidentes por conducción en ambientes de poca visibilidad.
- Accidentes por conducción sobre terrenos encharcados.
- Vibraciones sobre las personas.
- Ruido ambiental.

4.5.2. Medidas preventivas

- Todo el personal que maneje los camiones, dumper, apisonadoras o compactadoras, será especialista en el manejo de estos vehículos, estando en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.
- Todos los vehículos serán revisados periódicamente, en especial en los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejadas las revisiones en el libro de mantenimiento.
- Quedará prohibido sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que llevarán siempre escrita de forma legible.
- Se prohibirá el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.
- Cada equipo de carga para rellenos será dirigido por un jefe de equipo que coordinará las maniobras.
- Se regará periódicamente el terreno para evitar polvaredas.
- Se señalizarán los accesos y recorrido de los vehículos en el interior de la obra para evitar las interferencias.
- Se instalará en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.
- Se prohibirá la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m, como norma general, en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.
- Todos los vehículos empleados en la obra, para las operaciones de relleno y compactación serán dotados de bocina automática de marcha hacia atrás.
- Se señalizarán los accesos a la vía pública, mediante las señales normalizadas de "peligro indefinido", "peligro salida de camiones" y "STOP".
- Los vehículos de compactación y apisonado irán provistos de cabina de seguridad en caso de vuelco.
- Se establecerán a lo largo de la obra los letreros de señalización de los riesgos propios de este tipo de trabajos (vuelco, atropello, colisión, etc.).
- Los conductores de cualquier vehículo provisto de cabina cerrada quedarán obligados a utilizar el casco de seguridad para abandonar la cabina en el interior de la obra.
- Se evitará la presencia de personas en las zonas de carga y descarga de camiones.
- Se mantendrá el orden y la limpieza del entorno.

4.5.3. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección colectiva estarán homologados por la C.E
- Topes de limitación de recorrido para el vertido.
- Pórtico de seguridad antivuelco en máquinas.

4.5.4. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Casco.
- Botas de seguridad.
- Mascarilla antipolvo.
- Guantes.
- Impermeable.
- Ropa de trabajo.

4.6. COLOCACIÓN Y MONTAJE DE TUBOS

4.6.1. Riesgos

- Desprendimiento de tierras.
- Caídas al mismo y a distinto nivel.
- Desprendimiento de tubos durante su izado.
- Rotura de la eslinga o gancho de sujeción.
- Atrapamientos.
- Sobreesfuerzos.

4.6.2. Medidas preventivas

- a) Los tubos una vez distribuidos se acuñarán para evitar que rueden.
- b) Para no mantener grandes tramos de zanjas abiertas se procurará que se monten los tubos a medida que se va abriendo la zanja.
- c) La eslinga, gancho o balancín empleado para elevar y colocar los tubos, estará en perfectas condiciones y será capaz de soportar los esfuerzos a los que estará sometido.
- d) Antes de iniciar la maniobra de elevación del tubo se le ordenará a los trabajadores que se retiren lo suficiente como para no ser alcanzados en el caso de caída del mismo.
- e) Se prohibirá a los trabajadores permanecer bajo cargas suspendidas o bajo el radio de acción de la pluma de la grúa cuando ésta vaya cargada con el tubo.
- f) Se les ordenará a los trabajadores que estén recibiendo los tubos en el fondo de la zanja que se retiren lo suficiente hasta que la grúa los sitúe, para evitar que por una falsa maniobra del gruista puedan resultar atrapados entre el tubo y la zanja.
- g) El gancho de la grúa tendrá pestillo de seguridad.
- h) Se deberán paralizar los trabajos de montaje de tubos bajo regímenes de vientos superiores a 60 km/h.
- i) Los trabajadores que estén montando los tubos usarán obligatoriamente guantes de cuero, casco y botas de seguridad.

4.6.3. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E

- Ropa de trabajo.
- Casco.
- Guantes.
- Botas de seguridad.
- Faja elástica.
- Impermeable.

4.7. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

4.7.1. Riesgos

- Desprendimientos por mal apilado de la madera.
- Golpes en las manos durante la clavazón.
- Caída de los encofradores al vacío.
- Vuelcos de los paquetes de madera durante las maniobras de izado.
- Caída de madera al vacío durante las operaciones de desencofrado.
- Caída de personas por los huecos.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Cortes al utilizar las sierras de mano.
- Cortes al utilizar las mesas de sierra circular.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Electrocutación por anulación de tomas de tierra de maquinaria eléctrica.
- Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas.
- Golpes por objetos.

4.7.2. Medidas preventivas

- En estos trabajos será recomendable el uso de redes, barandillas y cubrición de huecos.
- Se prohibirá la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonos, puntales, ferralla, etc.
- El ascenso y descenso del personal a los encofrados se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias
- Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de las losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.
- Se esmerará el orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- Los clavos o puntas existentes en la madera usada se extraerán con la mayor brevedad.
- Los clavos sueltos o arrancados se eliminarán mediante un barrido y apilado en lugar conocido para su posterior retirada.
- Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán su correspondiente protección a tierra e interruptores diferenciales.
- Antes de proceder al hormigonado se comprobará la estabilidad del conjunto (encofrado más armadura).
- Los tableros de encofrado para muros, aletas, etc. dispondrán de plataformas de trabajo con barandillas.
- Para andar por encima de las parrillas de ferralla se instalarán pasarelas de 60 cm de ancho formadas por tablonos.

- Una vez concluido un determinado trabajo, se limpiará eliminando todo el material sobrante, que se apilará para su posterior retirada.
- Se colocará un cartel con la siguiente señalización:

<p> Uso obligatorio del casco. Uso obligatorio de botas de seguridad. Uso obligatorio de guantes. Uso obligatorio del cinturón de seguridad en algunos casos. Peligro de caída de objetos. Peligro de caída al vacío. </p>

4.7.3. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección colectiva estarán homologados por la C.E.
- Barandilla, listón intermedio y rodapié en plataformas de trabajo situadas a más de 2 m de altura.
- Correcta protección de la sierra circular, utilizando "empujadores" para las piezas pequeñas.
- Utilización de escaleras de mano reglamentarias.
-
- Colocación de tableros sobre los huecos, de modo que actúen de caminos seguros.

4.7.4. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Casco.
- Botas de seguridad.
- Faja elástica.
- Cinturón porta-herramientas.
- Guantes.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Botas de goma o de PVC de seguridad.
- Impermeable.

4.8. HORMIGONADO

4.8.1. Riesgos

- Caída de personas y/u objetos al mismo nivel.
- Caída de personas y/u objetos a distinto nivel.
- Caída de personas y/u objetos al vacío.
- Hundimiento de encofrados.
- Heridas punzantes en pies y manos.
- Caída de encofrados trepadores.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Pisadas sobre superficies de tránsito.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.

- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos).
- Salpicaduras de hormigón en los ojos.
- Fallo de entibaciones.
- Corrimiento de tierras.
- Los derivados de la ejecución de trabajos bajo circunstancias meteorológicas adversas.
- Atrapamientos.
- Atropellos por maquinaria.
- Vibraciones por manejo de agujas vibrantes.
- Ruido ambiental.
- Electrocutación. Contactos eléctricos.

4.8.2. Medidas preventivas respecto a la forma de puesta en obra

A. Vertidos directos mediante canaleta

- Se instalarán fuertes topes de final de recorrido de los camiones hormigonera, para evitar vuelcos.
- Se prohibirá acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m (como norma general) del borde de la excavación.
- Se prohibirá situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.
- Se instalarán barandillas sólidas en el frente de la excavación.
- Se instalará un cable de seguridad amarrado a "puntos sólidos", en el que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad en los trabajos con riesgo de caída desde altura.
- La maniobra de vertido será dirigida por un responsable que vigilará que no se realicen maniobras inseguras.

B. Vertido mediante cubo

- Se prohibirá cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustente.
- Se señalizará mediante una traza horizontal, ejecutada con pintura de color amarillo, el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca con las manos protegidas con guantes impermeables.
- La maniobra de aproximación se dirigirá mediante señales preestablecidas fácilmente inteligibles por el gruista o mediante teléfono autónomo.

C. Vertido mediante bombeo

- El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.
- La tubería de la bomba de hormigonado se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.
- La manguera terminal de vertido será gobernada por un mínimo de dos operarios, para evitar las caídas por movimientos incontrolados de la misma.
- Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie, se establecerá un camino de tabloncillos seguro sobre los que se apoyarán los operarios que gobiernen el vertido con la manguera.

- El hormigonado de elementos verticales se ejecutará gobernando la manguera desde plataformas reglamentarias.
- El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, de modo que se eviten accidentes.
- Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) enviando masas de mortero de dosificación, en evitación de "atoramiento" o "tapones".
- Para evitar "atoramientos" o "tapones" internos de hormigón se han de procurar evitar los codos de radio reducido. Después de concluido el bombeo, se lavará y limpiará el interior de las tuberías de impulsión de hormigón.

4.8.3. Medidas preventivas durante el vertido

A. Hormigonado de muros

- Antes del inicio del vertido del hormigón, se revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones de contención de tierras de los taludes del vaciado que interesan a la zona de muro que se va a hormigonar, para realizar los refuerzos o saneos que fueran necesarios.
- El acceso al trasdós del muro (espacio comprendido entre el encofrado externo y el talud del vaciado), se efectuará mediante escaleras de mano.
- Se prohibirá el acceso "escalando" el encofrado.
- Antes del inicio del hormigonado se revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.
- Antes del inicio del hormigonado, y como remate de los trabajos de encofrado, se habrá construido la plataforma de trabajo de coronación del muro desde donde se realizarán las labores de vertido y vibrado.
- El vertido del hormigón en el interior del encofrado se hará repartiéndolo uniformemente a lo largo del mismo, por tongadas regulares, en evitación de sobrecargas puntuales que puedan deformar o reventar el encofrado.
- El desencofrado del trasdós del muro (zona comprendida entre éste y el talud del vaciado) se efectuará lo antes posible, para no alterar la entibación si la hubiere, o la estabilidad del talud.

B. Hormigonado de losas

- Los huecos permanecerán siempre tapados para evitar caídas a distinto nivel.
- La escalera de acceso a la losa sobrepasará en 1 m la altura a salvar.
- Los grandes huecos se protegerán tendiendo redes horizontales.
- Antes del inicio del vertido de hormigón se revisará el buen estado de seguridad de los encofrados, en especial la verticalidad, nivelación y sujeción de los puntales, en evitación de hundimientos.
- Se prohibirá concentrar cargas de hormigón en un solo punto. El vertido se realizará extendiendo el hormigón con suavidad sin descargas bruscas y en superficies amplias.
- Se prohibirá transitar pisando directamente sobre las armaduras, debiéndose utilizar tableros de 0,60 m de anchura.

4.8.4. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección colectiva estarán homologados por la C.E.
- Topes de final de recorrido de vehículos (Dumper, camión hormigonera).
- Plataforma de trabajo de 0,60 m de anchura con barandilla, a 0,90 m mínimo, listón intermedio y rodapié.
- Torretas de hormigonado.

- Escaleras portátiles reglamentarias.
- Visera de protección contra caída de objetos.
- Redes perimetrales.
- Toma a tierra de las máquinas.
- Pasarelas de madera de 0,60 m de anchura.

4.8.5. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Casco.
- Botas de seguridad.
- Guantes.
- Gafas contra la proyección de partículas.
- Cinturón de seguridad.
- Impermeable.
- Ropa de trabajo.

4.9. MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA

4.9.1. Riesgos

- Caídas de personal y de materiales.
- Golpes y atrapamientos.
- Electrocutión.

4.9.2. Medidas preventivas

- Se seguirán las normas de montaje, soldadura y roblonado.
- Las zonas de trabajo permanecerán limpias y ordenadas.
- Los perfiles se acopiarán en posición horizontal, se elevarán con grúa con auxilio de balancines y se guiará con equipos de tres hombres.
- Se señalará la zona de paso de los perfiles suspendidos y durante el izado y punteado se prohibirá la presencia de personal en la vertical de estas operaciones.
- Se extremará la vigilancia y control de los cables, eslingas, balancines,...
- Se amarrarán los cables de seguridad a elementos estructurales sólidos, para poder enganchar a ellos los cinturones de seguridad.
- No se comenzarán los trabajos en altura hasta que no se hayan instalado las protecciones colectivas.
- No se trabajará en el izado y montaje de piezas bajo régimen de vientos fuertes.

4.9.3. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección colectiva estarán homologados por la C.E.
- Redes de seguridad.

4.9.4. Protecciones personales

- Casco.
- Guantes.
- Ropa de trabajo y botas de seguridad.
- Cinturón de Seguridad.
- Equipo de soldador completo.

4.10. TRABAJOS DE SOLDADURA

4.10.1. Riesgos

- Caídas, atrapamientos, aplastamientos, quemaduras
- Derrumbe, proyección de partículas
- Contacto con la energía eléctrica
- Derivadas de las radiaciones y la inhalación de vapores

4.10.2. Medidas preventivas

- Se suspenderán los trabajos con vientos superiores a 60 Km/h o con lluvia.

4.10.3. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección colectiva estarán homologados por la C.E.
- Redes de seguridad.
- Cables de seguridad entre los pilares para el anclaje de los cinturones de seguridad.

4.10.4. Normas para soldadores

- Protegerse con el yelmo de soldar
- No mirar directamente al arco voltaico
- Soldar en lugar ventilado
- No soldar sin protecciones
- Escoger electrodo adecuado
- Cerciorarse del aislamiento de las pinzas y bornes de conexión

4.10.5. Protecciones personales

- Ropa de trabajo.
- Equipo de soldador: Pantalla o yelmo de soldador, polainas y guantes para soldar
- Botas de seguridad.

4.11. ARMADO

4.11.1. Riesgos

- Cortes y heridas en manos y pies por manejo de redondos de acero
- Aplastamientos durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla.

- Los derivados de las eventuales roturas de redondos de acero durante el doblado.
- Sobreesfuerzos.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.

4.11.2. Medidas preventivas

- Se habilitará en obra un espacio dedicado al acopio clasificado de los redondos de ferralla próximo al lugar de montaje de las armaduras.
- Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose alturas de las pilas superiores a 1,50 m.
- El transporte aéreo de paquetes de armaduras mediante grúa se ejecutará suspendiendo la carga de dos puntos separados mediante eslingas, siendo el ángulo superior, en el anillo de cuelgue que formen las hondillas de la eslinga entre sí, menor o igual que 90°.
- La ferralla montada se almacenará en los lugares destinados a tal efecto.
- Se efectuará un barrido de puntas, alambres y recortes de ferralla
- La ferralla montada se transportará al punto de ubicación suspendida del gancho de la grúa mediante eslingas que la sujetarán de dos puntos distantes para evitar deformaciones y desplazamientos no deseados.

4.11.3. Protecciones personales

- Como protecciones individuales se utilizarán fajas elásticas (para evitar sobreesfuerzos), guantes de seguridad, botas de seguridad y ropa de trabajo.

4.12. MONTAJE DE EQUIPOS

4.12.1. Riesgos

- Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes equipos.
- Atrapamientos durante maniobras de ubicación.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Vuelco de piezas.
- Desplome de piezas.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Cortes o golpes por manejo de máquinas-herramienta.
- Aplastamientos de manos o pies al recibir las piezas.
- Los derivados de la realización de trabajos bajo régimen de fuertes vientos.

4.12.2. Medidas preventivas

- Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos, en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de recibir los equipos servidos mediante grúa, en caso de ser recibidos en altura.

- El equipo en suspensión del balancín se guiará mediante cabos sujetos a los laterales de la pieza mediante un equipo formado por tres hombres. Dos de ellos gobernarán la pieza mediante los cabos mientras un tercero guiará la maniobra.
- Una vez presentado en el sitio de instalación el equipo, se procederá, sin descolgarlo del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos, al montaje definitivo, concluido el cual, podrá desprenderse del balancín.
- Se tomarán precauciones para que las operaciones se realicen lo más sincronizadas posible. No ha de olvidarse que se está manejando elementos sumamente pesados con gran inercia durante las maniobras, de modo que una leve oscilación puede hacer caer a un hombre.
- Diariamente se realizará por parte del Vigilante de Seguridad cualificado una inspección sobre el buen estado de los elementos de elevación (eslingas, balancines, pestillos de seguridad, etc.) haciendo anotación expresa en un libro de control que estará a disposición de la Dirección Facultativa.
- Se prohibirá trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome.
- Se instalarán señales de "peligro, paso de cargas suspendidas" sobre pies derechos bajo los lugares destinados a su paso.
- Se prepararán zonas de la obra compactadas para facilitar la circulación de camiones de transporte de equipos.
- Los equipos se descargarán de los camiones y se acopiarán en los lugares acondicionados para tal menester.
- Los equipos se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado.
- A los equipos en acopio antes de proceder a su izado para ubicarlos en la obra, se les amarrarán los cabos de guía para realizar las maniobras sin riesgos.
- Se evitará que los equipos en suspensión se guíen directamente con las manos.
- Se paralizará la labor de instalación de los equipos bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h.
- Si alguna pieza prefabricada llegara a su sitio de instalación girando sobre sí misma, se la intentará detener utilizando exclusivamente los cabos de gobierno. Quedará prohibido intentar detenerla directamente con el cuerpo o alguna de sus extremidades, en prevención del riesgo de caídas por oscilación o penduleo de la pieza en movimiento.
- Las zonas de trabajo permanecerán limpias de materiales o herramientas que puedan obstaculizar las maniobras de instalación.

4.12.3. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Cascos.
- Guantes.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Impermeable.

4.13. INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD

4.13.1. Riesgos

- Caídas de personas a distinto nivel.

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Caídas por objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Choques contra objetos móviles.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Exposición a contactos eléctricos.
- Exposición a radiaciones.

4.13.2. Medidas preventivas

- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión.
- Las pruebas que se tengan que realizar con tensión se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica.
- La herramienta manual se revisará con periodicidad para evitar cortes y golpes en su uso y dispondrá de doble aislamiento de seguridad.
- Se emplearán guantes adecuados en la comprobación de ausencia de tensión.
- Se comprobarán periódicamente las protecciones y el aislamiento de los conductores.
- Si fuera preciso utilizar pértigas aislantes, se comprobará que la tensión de utilización de la pértiga corresponde a la tensión de instalación.
- Las escaleras de mano simples no salvarán más de 5 m; para alturas superiores estarán fijadas sólidamente en su base y en su cabeza, debiendo ser la distancia entre peldaños menor de 30 cm. Las escaleras de tijera estarán provistas de un dispositivo que limite su apertura, no debiendo ser usadas simultáneamente por dos trabajadores ni transportar por ellas cargas superiores a 25 kg.
- La escalera de mano deberá sobrepasar en lugares elevados 1 m del punto superior de apoyo, debiendo separarse su base como mínimo 1/4 de la longitud de la escalera.
- Todos los componentes de la instalación cumplirán las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- En locales cuya humedad relativa alcance o supere el 70%, así como en ambientes corrosivos, se potenciarán las medidas de seguridad.
- Las zonas de trabajo se iluminarán adecuadamente y carecerán de objetos o herramientas que estén en lugar no adecuado.

4.13.3. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección estarán homologados por la C.E
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

4.13.4. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Casco.
- Botas de seguridad.
- Herramientas eléctricas portátiles, dotadas de protección contra contactos indirectos.
- Ropa de trabajo y cinturón de seguridad.
- Los soldadores emplearán guantes, polainas y pantalla o yelmo de soldador.

4.14. INSTALACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS Y CABLES

4.14.1. Riesgos

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Caídas por objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Choques contra objetos móviles.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Exposición a contactos eléctricos.
- Exposición a radiaciones.

4.14.2. Medidas preventivas

- Se realizarán comprobaciones para verificar que se trabaja en ausencia de tensión.
- Se utilizará de manera estricta el sistema de señalización a base de tarjetas de PROHIBICIÓN DE MANIOBRAS Y DE PRUEBAS.
- Estricta observación de las distancias mínimas de seguridad para los trabajos efectuados en la proximidad de instalaciones de A.T.
- Se comprobarán periódicamente las protecciones y el aislamiento de los conductores.
- Herramientas manuales aisladas y en buen estado de conservación.
- Máquinas herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos indirectos mediante doble aislamiento y utilización de bajas tensiones de alimentación, así como protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA).
- Las conexiones eléctricas de los cables de la red de tierra se realizarán según el proceso de soldadura aluminotérmica.
- Todos los componentes de la instalación cumplirán las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- En locales cuya humedad relativa alcance o supere el 70 %, así como en ambientes corrosivos se potenciarán las medidas de seguridad.
- Se llevará a cabo una organización diaria de los trabajos para la buena disposición y distribución del personal y de la maquinaria.
- Se mantendrá el orden y la limpieza en todas las áreas de trabajo.

- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas de acuerdo con la normativa vigente sobre iluminación en las obras de construcción (Anexo IV del Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre).

4.14.3. Protecciones colectivas

- Los equipos de protección estarán homologados por la C.E.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

4.14.4. Protecciones personales

- Los equipos de protección personal estarán homologados por la C.E.
- Casco.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Guantes.
- Gafas de protección contra impactos.
- Cinturón de seguridad.

5. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

5.1. COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

La designación de los coordinadores en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

1. Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
2. Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se

recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el artículo 10 del R.D. 1627/1997.

3. Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
4. Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
6. Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

5.2. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como la personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la Dirección Facultativa.

6. OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

El contratista y subcontratista están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.

- Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de accesos, y la determinación de vías, zonas de desplazamientos y circulación.
 - Manipulación de distintos materiales y utilización de medios auxiliares.
 - Mantenimiento, control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
 - Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
 - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra
 - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
 3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
 4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.
 5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud, y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente, o en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades del coordinador, Dirección Facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

7. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza
 - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros
 - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra
 - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
 3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
 4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
 5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.
 6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997.
 7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

8. LIBRO DE INCIDENCIAS

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 h una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

9. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de

incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

10. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

11. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del R.D. 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

En Pamplona, a 31 de agosto de 2.011

Ignacio García Ruiz

Alumno de Ingeniero Agrónomo

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

ANEJO 11

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO	5
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	5
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	5
SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS	7
SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA	7
 CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO	 8
SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	8
SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	8
SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS	8
SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA	9
SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO	10
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO.....	10
SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS	11
 CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	 12
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRCTURAS	12
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS.....	12
 CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	 13
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES.....	13
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES.....	13

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO

SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

E02119	m3	CAMA DE GRAVA PARA ASIENTO			
		Cama de grava para asiento de tubería.			
___E3AR010	1,100 m3	GRAVA FINA, PUESTA EN OB	6,58	7,24	
___E2CO015	0,225 h	COMPACTADOR	14,09	3,17	
___E1MO030	0,074 h	PEÓN ORDINARIO	9,66	0,71	
___EOVA001	0,280 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,21	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	11,30	0,68	
TOTAL PARTIDA					12,01

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con UN CÉNTIMOS

E02120	m	APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA			
		Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes			
___E2RT010	0,009 h	RETROEXCAVADORA	35,28	0,32	
___E1MO030	0,070 h	PEÓN ORDINARIO	9,66	0,68	
___EOVA001	0,010 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,01	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	1,00	0,06	
TOTAL PARTIDA					1,07

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con SIETE CÉNTIMOS

E02121	m3	EXCAVACIÓN DEPÓSITO TODO TERRENO			
		Excavación en construcción de depósito, en cualquier clase de terreno (materiales duros como gravas, margas y			
___E1MO030	0,012 h	PEÓN ORDINARIO	9,66	0,12	
___E2RT005	0,005 h	PALA EXCAVADORA	44,07	0,22	
___E2PC000	0,005 h	PALA CARGADORA	40,20	0,20	
___E2CA000	0,007 h	CAMIÓN BASCULANTE	39,45	0,28	
___EOVA001	0,137 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,10	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	0,90	0,05	
TOTAL PARTIDA					0,97

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS

E02122	m2	DESBROCE Y LIMPIEZA ESPESOR MÁXIMO 20 cm, D<= 20 m			
		Desbroce y despeje de la vegetación herbácea, con un espesor máximo de 20 cm, incluidas las excavaciones y el transporte de la capa vegetal hasta fuera del área de ocupación de la obra, a una distancia de transporte máxima			
M01077	0,001 h	Motoniveladora 131/160 CV	76,89	0,08	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	0,10	0,00	
TOTAL PARTIDA					0,08

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con OCHO CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN

E02125	m2	FOR.PLAC.ALVEO.c=25;HA-25/P/20			
		Forjado de placa alveolada prefabricada de hormigón, canto 25 cm., con capa de compresión de 5 cm. de hormigón HA-25/P/20/I, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado y armadura de reparto de			
O010A090	0,350 h.	Cuadrilla A	35,44	12,40	
P03EL030	1,000 m2	Placa alveolar canto 25 cm.	25,32	25,32	
P01HA010	0,052 m3	Hormigón HA-25/P/20/I central	72,87	3,79	
P03AM080	1,100 m2	Malla 15x30x6 -2,051 kg/m2	1,12	1,23	
E05HFE020	0,300 m2	ENCOFRADO FORJADO PLACA PREFAB.	5,17	1,55	
M02GE190	0,050 h.	Grúa telescópica s/cam. 26-35 t.	50,00	2,50	
TOTAL PARTIDA					46,79

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y SEIS EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
E02123	kg	ACERO REDONDOS B-500-S			
		Acero especial B-500-S en redondos, colocado.			
___E1VO015	0,009 h	1 OFICIAL 1ª Y 1 PEÓN ES	21,38	0,19	
___E3AC005	1,000 kg	ACERO ESPECIAL B-500-S	1,05	1,05	
___E0VA001	0,016 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,01	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	1,30	0,08	

TOTAL PARTIDA **1,33**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS

E02124	m2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO BERENJENOS			
		Encofrado por una cara y desencofrado en madera, incluso berenjenos.			
___E1VO025	0,342 h	1 OF 1ª+1 ESP 1ª+1 PEÓN	32,46	11,10	
___E3MD005	1,050 m2	TABLERO PARA ENCOFRADO,	4,54	4,77	
___E0VA001	0,486 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,36	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	16,20	0,97	

TOTAL PARTIDA **17,20**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

E02126	m3	HORMIGÓN ARMAR HA-25/B/15-20/IIa+Qb			
		Hormigón para armar HA-25/B/15-20/IIa+Qb, colocado y vibrado.			
___E1VO025	0,500 h	1 OF 1ª+1 ESP 1ª+1 PEÓN	32,46	16,23	
___E3HG020	1,000 m3	HORMIGÓN HA-25/B/15-20/IIa+Qb	58,35	58,35	
___E2VA035	0,060 h	VIBRADOR	11,76	0,71	
___E0VA001	1,500 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	1,11	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	76,40	4,58	

TOTAL PARTIDA **80,98**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA EUROS con NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS

E02127	ud	PATE POLIPROPILENO			
		Pate de polipropileno con alma metálica, colocado.			
___E3AC025	1,000 ud	PATE DE POLIPROPILENO	4,49	4,49	
___E1VO015	0,110 h	1 OFICIAL 1ª Y 1 PEÓN ES	21,38	2,35	
___E0VA001	0,115 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,09	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	6,90	0,41	

TOTAL PARTIDA **7,34**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS

E02128	m3	HORMIGÓN EN MASA, HM-20/B/15-20/IIa+Qb			
		Hormigón en masa HM-20/B/15-20/IIa+Qb, en limpieza, regularización y rellenos, colocado.			
___E1VO025	0,200 h	1 OF 1ª+1 ESP 1ª+1 PEÓN	32,46	6,49	
___E0VA001	1,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,74	
___E3HG006	1,000	HORMIGÓN HM-20/B/15-20/IIa+Qb	47,60	47,60	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	54,80	3,29	

TOTAL PARTIDA **58,12**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y OCHO EUROS con DOCE CÉNTIMOS

E02129	m2	REJILLA TIPO TRAMEX			
		Rejilla tipo Tramex, compuesta por pletina de acero de 20x2 mm, formando cuadrícula de 30x30 mm, con uniones			
___E3AC310	1,000 m2	REJILLA TIPO TRAMEX 30x30 mm	98,55	98,55	
___E1MO030	0,400 h	PEÓN ORDINARIO	9,66	3,86	
___E0VA001	0,200 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,15	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	102,60	6,16	

TOTAL PARTIDA **108,72**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHO EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	----------	---------

SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS

E02130		m	TUBERÍA DE PVC 110-0,6		
			Tubería de PVC con junta elástica, de 110 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte propor-		
___E5PV030	1,000	m	TUBERÍA PVC 110-0.6	1,56	1,56
%__%5TJ010	5,000	%	P.P. JUNTAS Y PIEZAS PVC	1,60	0,08
%__%5TA020	2,000	%	ANCLAJES TUBERÍA PVC/PE/POLIESTER	1,60	0,03
___E1VO020	0,019	h	1 OFICIAL 1ª Y 1 ESPECIAL	21,54	0,41
%__%5TP020	4,000	%	PRUEBAS TUBERÍA PVC/PE/POLIESTER	2,10	0,08
___E0VA001	0,100	ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,07
%__%0VA002	6,000	%	COSTES INDIRECTOS	2,20	0,13
TOTAL PARTIDA					2,36

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA

E02131		ud	VÁLVULA TAJADERA 100-1,0		
			Válvula de tajadera de 100 mm de diámetro nominal, PN 1,00 MPa, incluso juntas y tornillería, colocada y proba-		
___E6VC041	1,000	ud	VALV TAJADERA 100-1.00	120,50	120,50
%__%6VT000	3,000	%	P. P. DE TORNILLERÍA Y JUNTAS	120,50	3,62
___E1VO020	0,600	h	1 OFICIAL 1ª Y 1 ESPECIAL	21,54	12,92
%__%6VV000	5,000	%	PRUEBAS	137,00	6,85
___E0VA001	1,730	ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	1,28
%__%0VA002	6,000	%	COSTES INDIRECTOS	145,20	8,71
TOTAL PARTIDA					153,88

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO**SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

E02120	m	APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA			
		Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes			
___E2RT010	0,009 h	RETROEXCAVADORA	35,28	0,32	
___E1MO030	0,070 h	PEÓN ORDINARIO	9,66	0,68	
___E0VA001	0,010 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,01	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	1,00	0,06	
TOTAL PARTIDA					1,07

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con SIETE CÉNTIMOS

E02132	m	COLOCACIÓN TUBERÍA P.E. REJÓN			
		Colocación de tubería de PE mediante rejón a una profundidad máxima de 0,90 m.			
___03TB120	1,087 m	INYECCIÓN POLIETILENO.	0,20	0,22	
___E1MO015	0,005 h	OFICIAL 2ª	10,70	0,05	
___E0VA001	0,050 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,04	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	0,30	0,02	
TOTAL PARTIDA					0,33

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS

E02133	ud	APERTURA HOYO PARA CONEXIÓN			
		Apertura y tapado de hoyo para conexión de tubería secundaria con ramales porta emisores.			
___E2RT010	0,028 h	RETROEXCAVADORA	35,28	0,99	
___E1MO030	0,019 h	PEÓN ORDINARIO	9,66	0,18	
___E0VA001	0,010 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,01	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	1,20	0,07	
TOTAL PARTIDA					1,25

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con VEINTICINCO CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN

E02134	ud	CASETA PREF. HORMIGÓN 3,80X2,45			
		Caseta prefabricada de hormigón armado en fabricación monobloque de dimensiones exteriores 380x245 cm y altura exterior 298 cm, ejecutada en hormigón HA-45/P/12IIa, armaduras B-500-S, con 5 cm de aislamiento de po-			
O010A090	0,320 h.	Cuadrilla A	35,44	11,34	
P03EL020	1,000 ud	Caseta hormigón prefabricada 3,80x2,45	2.645,35	2.645,35	
M02GE190	0,045 h.	Grúa telescópica s/cam. 26-35 t.	50,00	2,25	
TOTAL PARTIDA					2.658,94

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS

E02135	m	TUBERÍA DE PVC 50mm 0,6MPa			
		Tubería de PVC para encolar, de 50 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional			
___E5PV010	1,000 m	TUBERÍA DE PVC 50-0.6	0,42	0,42	
%___%5TJ010	5,000 %	P.P. JUNTAS Y PIEZAS PVC	0,40	0,02	
%___%5TA020	2,000 %	ANCLAJES TUBERÍA PVC/PE/POLIESTER	0,40	0,01	
___E1VO020	0,010 h	1 OFICIAL 1ª Y 1 ESPECIAL	21,54	0,22	
%___%5TP020	4,000 %	PRUEBAS TUBERÍA PVC/PE/POLIESTER	0,70	0,03	
___E0VA001	0,070 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,05	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	0,80	0,05	
TOTAL PARTIDA					0,80

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
E02136	m	TUBERÍA DE PEBD 32mm 0,4MPa			
		Tubería de polietileno de baja densidad, de 32 mm de diámetro, presión de trabajo 0,4 MPa, para inyectar mediante			
___E1VO005	0,020 h	1 PEÓN+1/10 CAPATAZ	10,58	0,21	
%___%5TP020	4,000 %	PRUEBAS TUBERÍA PVC/PE/POLIESTER	0,20	0,01	
___E0VA001	0,070 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,05	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	0,30	0,02	
P26TPB030	1,000 m.	TUBERÍA PEBD 32mm PN4	0,21	0,21	

TOTAL PARTIDA 0,50

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

E02137	m	TUB. EMIS. AUTO. PEBD 16mm 4l/h 0,4MPa			
		Tubería de polietileno baja densidad, de 16 mm de diámetro exterior, para instalación enterrada de red de riego, presión de 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, con goteo integrado autolimpiante y autocompensante cada 100			
___E5PE013	1,000 m	TUBERÍA EMISORA PEBD 16mm	0,21	0,21	
%___%5TJ015	8,000 %	P.P. JUNTAS Y PIEZAS ESPECIALES	0,20	0,02	
___E1VO005	0,020 h	1 PEÓN+1/10 CAPATAZ	10,58	0,21	
%___%5TP020	4,000 %	PRUEBAS TUBERÍA PVC/PE/POLIESTER	0,40	0,02	
___E0VA001	0,070 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,05	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	0,50	0,03	

TOTAL PARTIDA 0,54

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

E02138	m	TUBERÍA DE PVC 63mm 0,6MPa			
		Tubería de PVC con junta elástica, de 63 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte propor-			
___E5PV015	1,000 m	TUBERÍA DE PVC 63-0.6	0,66	0,66	
%___%5TJ010	5,000 %	P.P. JUNTAS Y PIEZAS PVC	0,70	0,04	
%___%5TA020	2,000 %	ANCLAJES TUBERÍA PVC/PE/POLIESTER	0,70	0,01	
___E1VO020	0,009 h	1 OFICIAL 1ª Y 1 ESPECIAL	21,54	0,19	
%___%5TP020	4,000 %	PRUEBAS TUBERÍA PVC/PE/POLIESTER	0,90	0,04	
___E0VA001	0,097 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,07	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	1,00	0,06	

TOTAL PARTIDA 1,07

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con SIETE CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA

E02139	ud	VÁLVULA HIDRÁULICA 32 mm Doble			
		Conjunto de dos válvulas hidráulica de PVC con diafragma de control y cierre, de 32 mm de diámetro, conectadas a la red primaria y secundaria mediante tubería de HDPE de 32 mm, incluso bridas, montabridas, juntas y tornillería, válvulas de 4 vías, arqueta de protección formada por tubo de hormigón de 60 cm de diámetro interior con tapa de acero galvanizado de 4 mm de espesor, herrajes y relleno con 15 cm de grava, incluso parte proporcional pa-			
___05VH500	4,000 ud	CODO DE 90° DE PVC DE 4 mm DE ESPESOR	0,96	3,84	
___05VH502	1,000 ud	PIEZA T PVC 50 mm	1,17	1,17	
___05VH510	1,000 ud	COLLARÍN DE TOMA PVC 63X2"	2,12	2,12	
___E3HG900	1,000 m	ARQUETA Ø 60 cm	62,75	62,75	
___05VH504	2,000 ud	P.P. PANEL MANDO 4 VÍAS.	12,02	24,04	
___05VH505	2,000 ud	P.P. MICROTUBO PE 5,5 x 8 Y CONEXIONES.	27,03	54,06	
___E1VO015	3,494 h	1 OFICIAL 1ª Y 1 PEÓN ES	21,38	74,70	
___E0VA001	1,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,74	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	223,40	13,40	
P26VH373	1,000 ud	VÁLVULA HIDRÁUL. PLÁST. D=32mm	58,35	58,35	
___E5PV010	1,513 m	TUBERÍA DE PVC 50-0.6	0,42	0,64	

TOTAL PARTIDA 295,81

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
E02140	ud	DESAGÜE DE SECTOR			
		Desagüe para tubería secundaria de sector de PEBD, formado por válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 32 mm de diámetro, manguito de subida en PVC de diámetro 50 mm, PN 0,6 MPa, incluso reducción, arqueta de tubo de hormigón en masa de 0,5 m de longitud y 0,4 m de diámetro interior y con 15 cm de espesor de gravilla, co-			
___E5HM503	1,000 m	TUBO HORMIGÓN D= 40 cm.	23,20	23,20	
___E5PV010	1,000 m	TUBERÍA DE PVC 50-0.6	0,42	0,42	
___E6VL005	1,000 ud	VÁLVULA ESFERA 32mm PN10	3,45	3,45	
___E1VO015	0,383 h	1 OFICIAL 1º Y 1 PEÓN ES	21,38	8,19	
___E0VA001	1,250 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,93	
% ___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	36,20	2,17	

TOTAL PARTIDA **38,36**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

E02158	ud	VÁLVULA DE ESFERA 63 mm			
		Válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 63 mm de diámetro, colocada y probada.			
___E1VO015	0,383 h	1 OFICIAL 1º Y 1 PEÓN ES	21,38	8,19	
___E0VA001	1,250 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,93	
% ___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	9,10	0,55	
___E6VL007	1,000 ud	VÁLVULA ESFERA 63 mm PN10	7,54	7,54	

TOTAL PARTIDA **17,21**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO

E02141	ud	BOMBA CENTR.MULTI.VERT.750W-1 1/2"			
		Electrobomba centrífuga de dos etapas de eje vertical para instalación en superficie de la marca Grundfos, modelo CRE10-2 o similar, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, con motor MGE monofásico con bridas de 750W de potencia, con convertidor de frecuencia, salida a 1 1/2", i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magneto-térmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instala-			
O01OB170	2,000 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	15,61	31,22	
O01OB195	2,500 h.	Ayudante fontanero	14,03	35,08	
O01OB200	0,500 h.	Oficial 1º electricista	15,00	7,50	
P26EBS015	1,000 ud	Bomba centr.multi.vert.750 W-1 1/2"	402,32	402,32	
P26VT001	1,000 ud	Válv.de pie/retención D=1 1/2"	17,81	17,81	
P26EM020	1,000 ud	Cuadro mando electrobomba 1 CV	342,26	342,26	

TOTAL PARTIDA **836,19**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHOCIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO

E02142	ud	FILTRO DE PLÁSTICO ANILLAS 2"			
		Suministro e instalación de filtro de anillas de plástico para riego por goteo, carcasa de PVC, D=2", i/piezas y acce-			
O01OB180	0,600 h.	Oficial 2º fontanero calefactor	14,22	8,53	
O01OB195	0,600 h.	Ayudante fontanero	14,03	8,42	
P26L025	1,000 ud	Filtro de plástico anillas 2"	156,05	156,05	

TOTAL PARTIDA **173,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SETENTA Y TRES EUROS

E02143	ud	FILTR.ARENA TANQ.FIB.VIDR.20"			
		Suministro e instalación de filtro de arena, tanque de poliéster y fibra de vidrio, de tipo agrícola, para instalación de			
O01OB170	2,500 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	15,61	39,03	
O01OB195	2,500 h.	Ayudante fontanero	14,03	35,08	
P26L035	1,000 ud	Filtr.arena tanq.fib.vidrio 20"	378,50	378,50	
P26VP300	1,000 ud	Válvula selecto. 6 vías D=1 1/2"	71,07	71,07	

TOTAL PARTIDA **523,68**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS VEINTITRES EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	----------	---------

SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS

E02154					
	ud	AUTÓ. PROGRAM. PLC SIMATIC S7-200			
		Autómata programable de la marca Siemens, modelo S7-200 o similar, con CPU-224, con 14/10 entradas/salidas a			
___E7PG000	1,000 ud	AUTÓ. PROGRAM. PLC SIMATIC S7-200	1.109,00	1.109,00	
%___%6VV000	5,000 %	PRUEBAS	1.109,00	55,45	
%___%6VT000	3,000 %	P. P. DE TORNILLERÍA Y JUNTAS	1.164,50	34,94	
___E1VO015	3,175 h	1 OFICIAL 1ª Y 1 PEÓN ES	21,38	67,88	
___E0VA001	1,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,74	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	1.268,00	76,08	
TOTAL PARTIDA				1.344,09	

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con NUEVE CÉNTIMOS

E02155					
	ud	SOLENOIDE TIPO LATCH			
		Solenoido tipo Latch para control de válvula hidráulica mediante programador, alimentado por batería de 24 V, presión nominal 1,2 MPa, incluso conexión hidráulica a panel de mandos, soporte, cables y conexión a programador,			
___E7PG004	1,000 ud	SOLENOIDE LATCH	29,05	29,05	
%___%6VV000	5,000 %	PRUEBAS	29,10	1,46	
___E1MO015	0,247 h	OFICIAL 2ª	10,70	2,64	
___E0VA001	1,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	0,74	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	33,90	2,03	
TOTAL PARTIDA				35,92	

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CINCO EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA					
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS					
E02145	ud	ESTRUCTURA SOPORTE FV 12 m2 ACERO EN FRÍO			
		Estructura de soporte para una superficie de 12 m2 de captadores a 30° de inclinación sobre la horizontal, para superficie plana, a anclar o lastrar, formado por perfiles de acero en frío, incluso imprimación como protección antioxidante.			
___E1VO015	1,500 h	1 OFICIAL 1ª Y 1 PEÓN ES	21,38	32,07	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	32,10	1,93	
O010A050	1,500 h.	AYUDANTE INSTALADOR	13,75	20,63	
___E0VA001	4,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	2,96	
U45CB100	1,000 ud	ESTRUCTURA TIPO1	422,01	422,01	
TOTAL PARTIDA					479,60
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con SESENTA CÉNTIMOS					
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS					
E02146	ud	MÓD. FOTOVOLTAICO BP 175 Wp			
		Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, marca BP, modelo BP-175 S o similar, con tolerancia -0/+25%, clase de protección II, características eléctricas principales Vn=24 Vcc, Voc=43,6 Vcc, Vpmp=35,4 Vcc, Icc=5,45 A, I _{pmp} =4,94, grado de protección IP65 con 6 diodos de by-pass, conexión mediante multiconto, bornera atornillable, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material para amarre a la estructura (no incluida), completo.			
O010B200	8,000 h.	Oficial 1ª electricista	15,00	120,00	
O010B220	8,000 h	Ayudante electricista	17,13	137,04	
P15LC050	1,000 ud	MÓD. SILICIO MONOCRISTALINO BP 175 Wp	1.121,68	1.121,68	
___E0VA001	4,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	2,96	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	1.381,70	82,90	
TOTAL PARTIDA					1.464,58
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS					
E02147	ud	INVERSOR VICTRON ENERGY C24V 800W			
		Inversor Victron Energy C24/800/16, 24 Vcc, rango de tensión de entrada 19-36 Vcc, 230 Vac, potencia de salida 800 W y pico de potencia de 1.600 W, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente.			
O010B200	1,000 h.	Oficial 1ª electricista	15,00	15,00	
O010B220	1,000 h	Ayudante electricista	17,13	17,13	
P15LFI060	1,000 ud	REGULADOR DE CARGA XANTREX C60	132,50	132,50	
___E0VA001	4,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	2,96	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	167,60	10,06	
TOTAL PARTIDA					177,65
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SETENTA Y SIETE EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
E02148	ud	BATERÍA SONNENSCHNEIN 12V 200Ah			
		Batería de la marca Sonnenschein o similar de 12 V, capacidad 200 Ah y límite inferior de descarga del 30%, incluido.			
O010B200	1,000 h.	Oficial 1ª electricista	15,00	15,00	
O010B220	1,000 h	Ayudante electricista	17,13	17,13	
___E0VA001	4,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	2,96	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	35,10	2,11	
P15LB030	1,000 ud	Batería solar 200Ah	189,62	189,62	
TOTAL PARTIDA					226,82
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTISEIS EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS					
E02157	ud	REGULADOR DE CARGA XANTREX C60			
		Regulador de carga Xantrex C60 con MPPT, 24Vcc, tensión máxima en circuito abierto FV 55Vcc, corriente de carga 60A, corriente pico máxima 85A, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completo.			
O010B200	1,000 h.	Oficial 1ª electricista	15,00	15,00	
O010B220	1,000 h	Ayudante electricista	17,13	17,13	
P15LFI060	1,000 ud	REGULADOR DE CARGA XANTREX C60	132,50	132,50	
___E0VA001	4,000 ud	PEQUEÑOS MATERIALES	0,74	2,96	
%___%0VA002	6,000 %	COSTES INDIRECTOS	167,60	10,06	
TOTAL PARTIDA					177,65
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SETENTA Y SIETE EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS					

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES					
E02150	m	LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x16 mm², EN TUBO INSTALADO			
		Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x16 mm² tendido en tubo pre-			
O01004	0,043 h	Oficial 1ª	16,12	0,69	
P25091	1,000 m	Conductor Cu RV 0,6/1 1x16 mm² (p.o.)	0,90	0,90	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	1,60	0,04	
TOTAL PARTIDA					1,63
Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS					
E02095	m	LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x1,5 mm², EN TUBO INSTALADO			
		Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x1,5 mm² tendido en tubo			
O01004	0,023 h	Oficial 1ª	16,12	0,37	
P25086	1,000 m	Conductor Cu RV 0,6/1 1x1,5 mm² (p.o.)	0,19	0,19	
%2.5CI	2,500 %	Costes indirectos 2,5%	0,60	0,02	
TOTAL PARTIDA					0,58
Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS					
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES					
E02151	ud	UD TOMA TIERRA EN BAJA TENSION			
		Ud.Toma de tierra de baja tensión formada por una caja de seccionamiento CST-50 cable de cobre desnudo de 1x75 mm2 y pica de cobre necesario. Incluso soldadura aluminotermica en picas y excavación. Totalmente ins-			
035001306	2,000 UN	Caja secc. tierra CST-50	15,77	31,54	
046000507	1,000 UN	Pica tierra 1,5 m.	8,67	8,67	
046010452	1,000 UN	Grapa pica tierra	1,45	1,45	
046002693	1,000 UN	Cartucho C-45 KLK	2,03	2,03	
046999009	1,000 UN	Parte Proporcional molde soldadura	9,28	9,28	
046999005	5,000 UN	Cable Cobre desnudo 75 mm2	8,76	43,80	
133990001	1,000 UN	Cinta Denso antihumedad Rollo 10 Mts.	7,83	7,83	
SERVICIOS	4,000 h	OFICIAL / HORA OFICIAL	22,02	88,08	
TOTAL PARTIDA					192,68
Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y DOS EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS					
E02152	ud	CUADRO PROTECCIÓN CA MONOF IP55			
		Cuadro de mando y protección en el lado de corriente alterna monofásica formado por caja estanca, con grado de protección IP55, en salida de inversor dotada de interruptor magnetotérmico de 5A, interruptor diferencial 2x5 A 30			
P15FB010	1,000 ud	Caja IP55 12 mód.	22,50	22,50	
P15FD010	1,000 ud	Interruptor diferencial 2x5 A 30 mA	9,37	9,37	
P15FE009	1,000 ud	Interruptor automático Legrand (I+N) 6 A	26,14	26,14	
900000927	6,000 UN	P.A. Pequeños materiales	6,57	39,42	
120099009	5,000 h	OFICIAL / HORA OFICIAL	22,02	110,10	
TOTAL PARTIDA					207,53
Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SIETE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS					
E02153	ud	CUADRO CONEXIÓN CC IP55			
		Cuadro de conexión y protección contra sobretensiones en el lado de corriente continua formado por caja estanca, con grado de protección IP55 y ventana transparente precintable y fusible de 80A, completamente montado, proba-			
900000927	6,000 UN	P.A. Pequeños materiales	6,57	39,42	
120099009	3,000 h	OFICIAL / HORA OFICIAL	22,02	66,06	
P15FB010	1,000 ud	Caja IP55 12 mód.	22,50	22,50	
P15FB012	1,000 ud	Fusible 80A	9,05	9,05	
TOTAL PARTIDA					137,03
Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO TREINTA Y SIETE EUROS con TRES CÉNTIMOS					

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Documento N°3

PLANOS

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

Plano 1. LOCALIZACIÓN

Plano 2. VISTA GENERAL DEL REGADÍO

Plano 3. TOPOGRAFÍA DE PARCELA

Plano 4. MAPA DE VISIBILIDAD

Plano 5. SECTORIZACIÓN

Plano 6. RED DE RIEGO

Plano 7. DETALLES DE LA RED DE RIEGO

Plano 8. OBRA DE TOMA

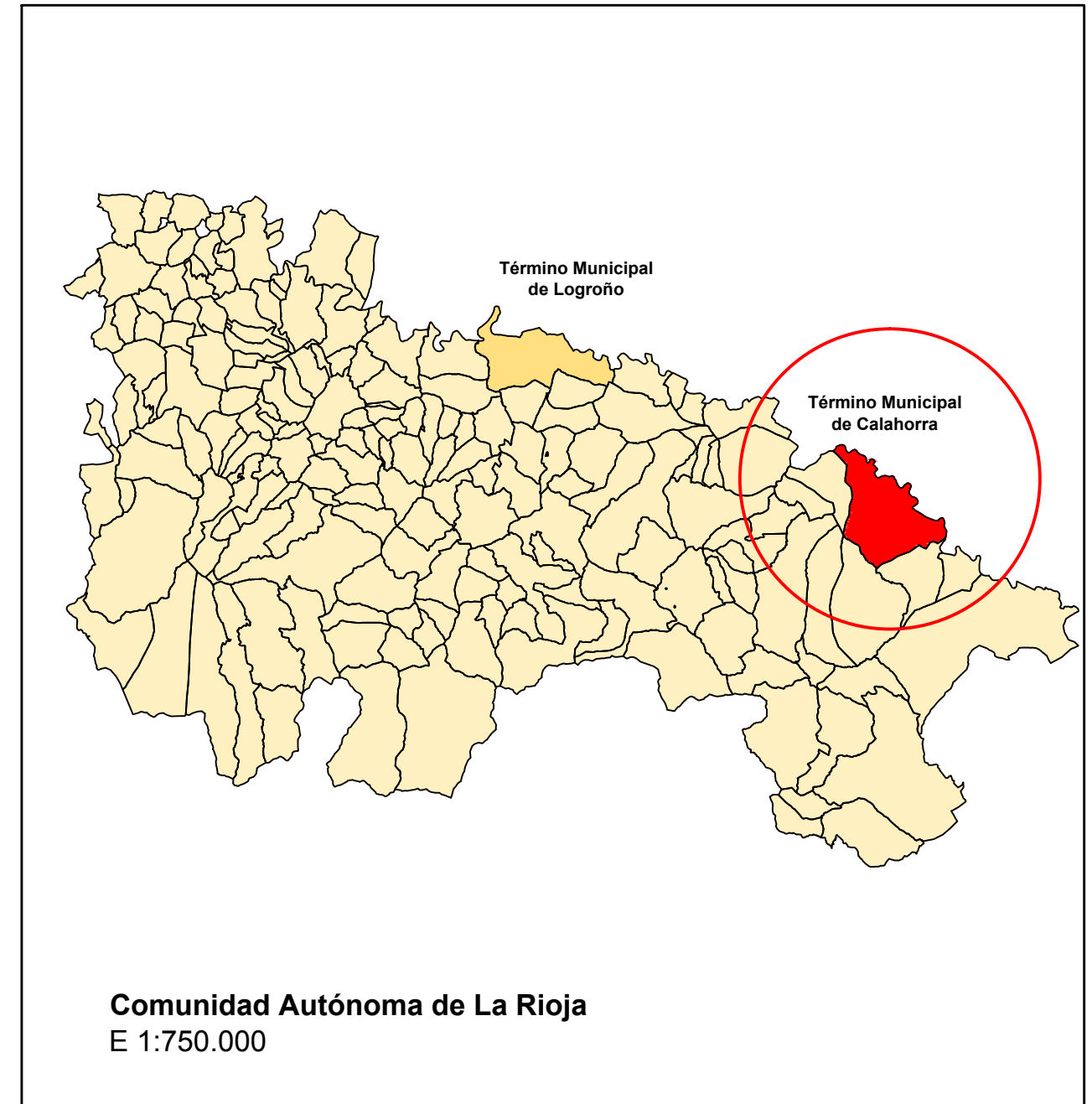
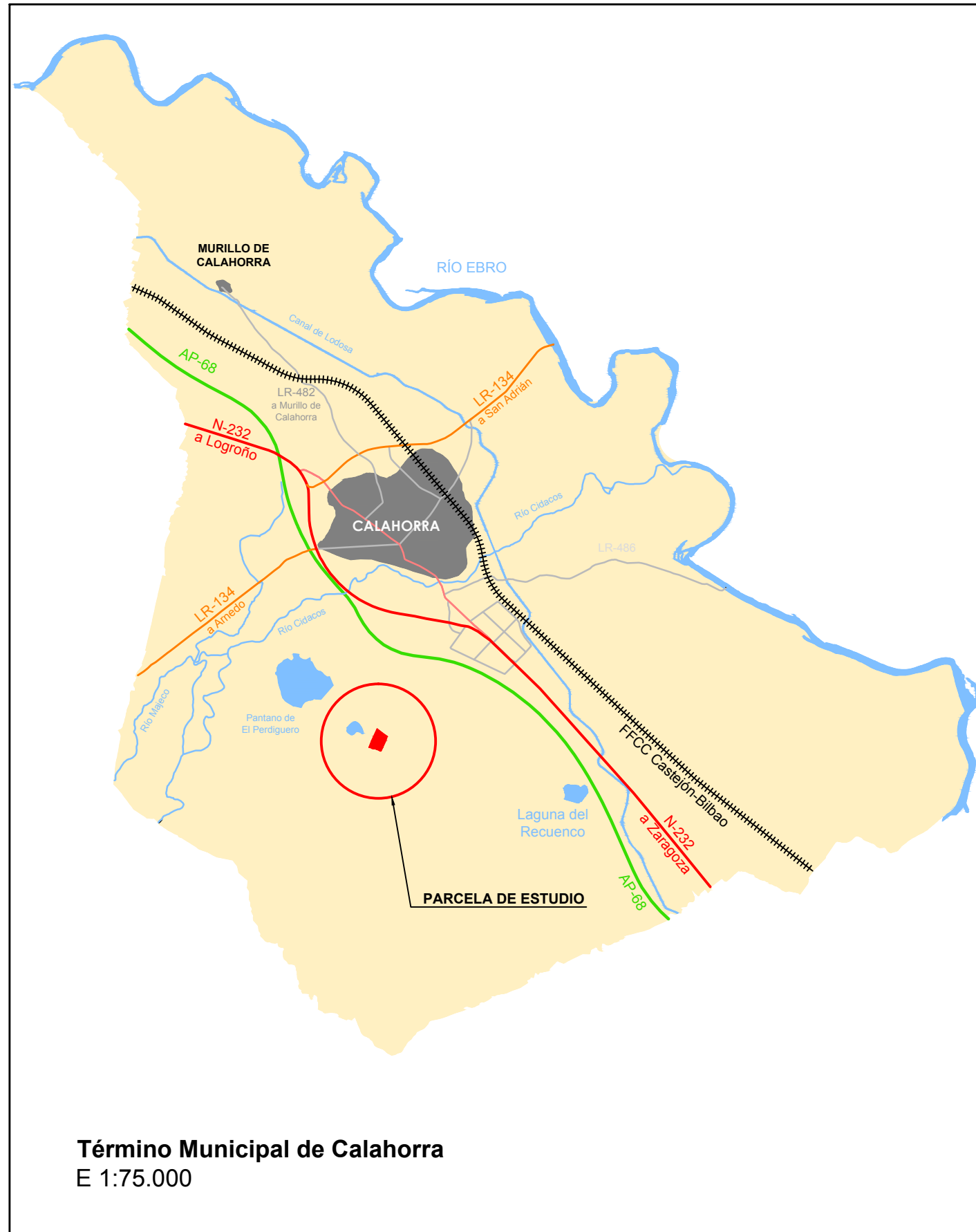
Plano 9. DEPÓSITO DE REGULACIÓN – SECCIÓN 1

Plano 10. DEPÓSITO DE REGULACIÓN – SECCIÓN 2

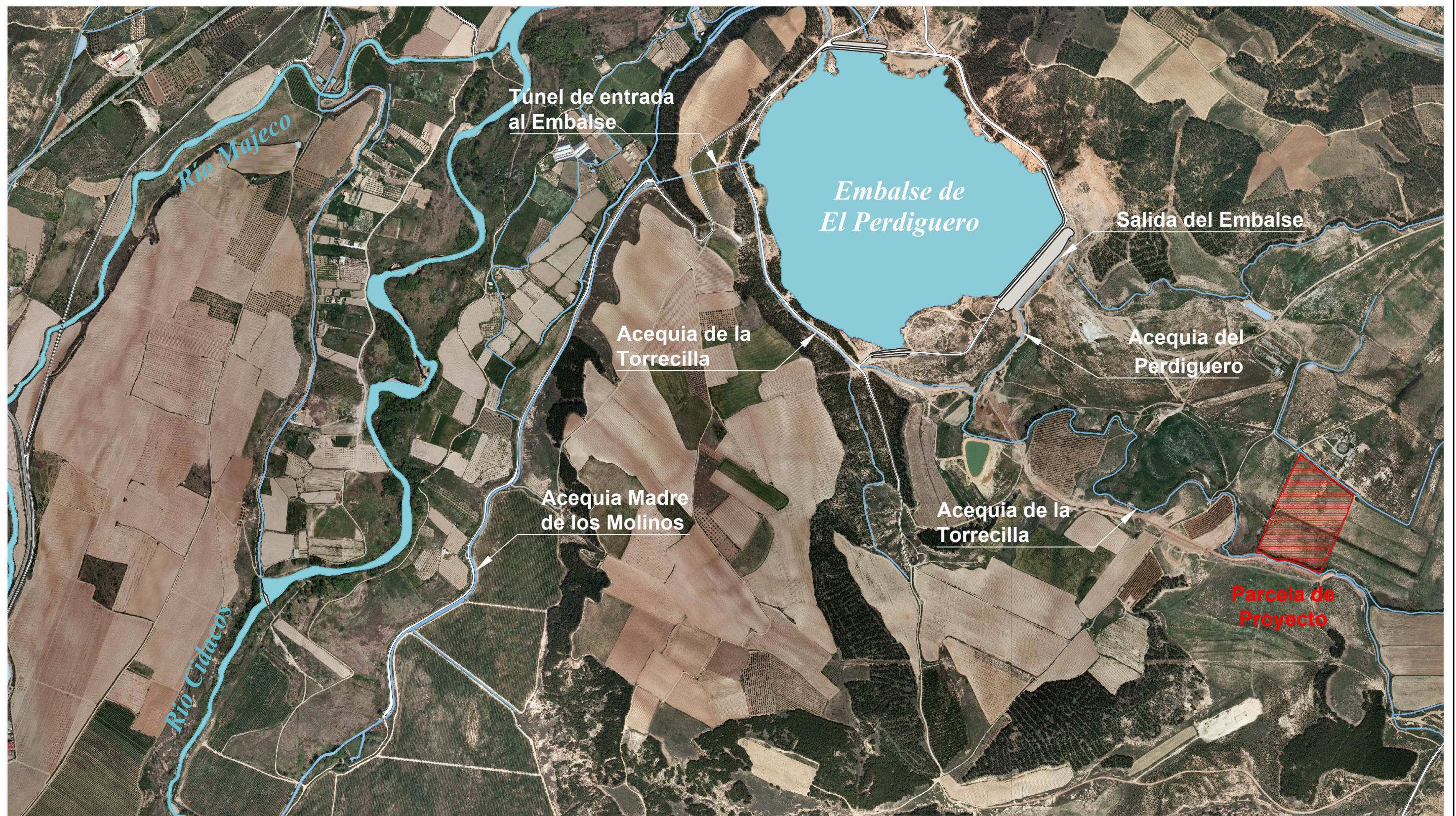
Plano 11. CABEZAL DE RIEGO

Plano 12. CAPTADOR FOTOVOLTAICO

Plano 13. ESQUEMA UNIFILAR



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural			
Proyecto de: RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)			
Plano: LOCALIZACIÓN		Escala: En plano Escala gráfica (m):	Plano nº: 1
Elaborado: Ignacio García Ruiz	Firma:	Fecha: Julio 2.011	




ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

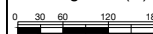
Plano: **VISTA GENERAL DEL REGADÍO**

Elaborado: **Ignacio García Ruiz**

Firma: 

Fecha: **Julio 2.011**

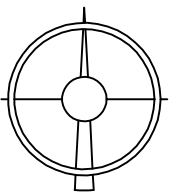
Escala: **1/10.000**

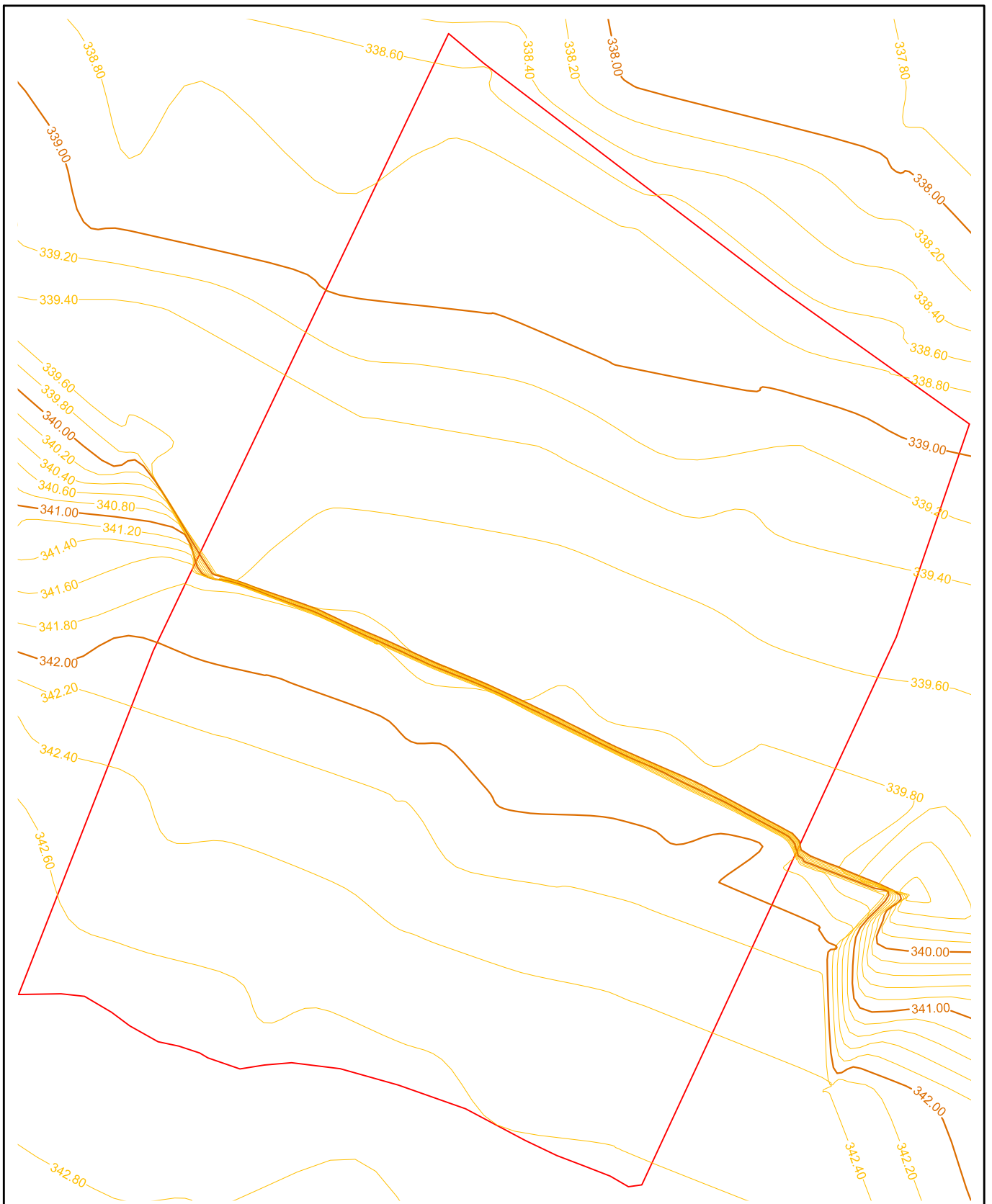
Escala gráfica (m): 

Plano nº: **2**



Esquema:





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
 Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural



Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

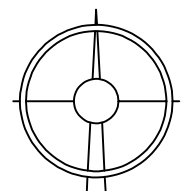
Esquema:

Plano: **TOPOGRAFÍA DE PARCELA**

Escala: **1/1.500**

Plano n°:

3

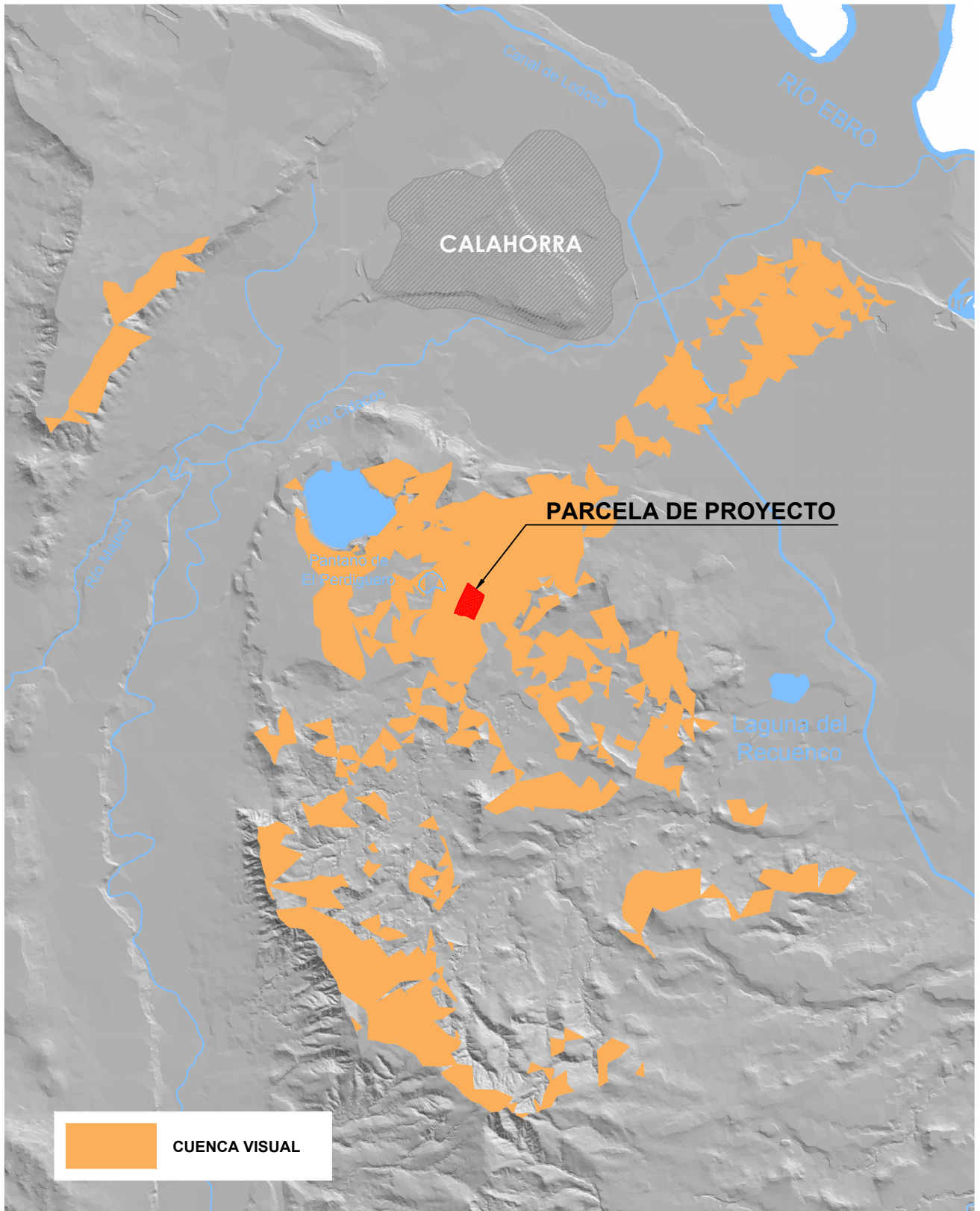


Elaborado: **Ignacio García Ruiz**

Firma:

Fecha: **Julio 2.011**

Escala gráfica (m):



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
 Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural



Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

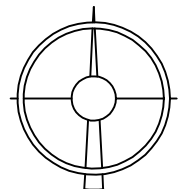
Esquema:

Plano: **MAPA DE VISIBILIDAD**

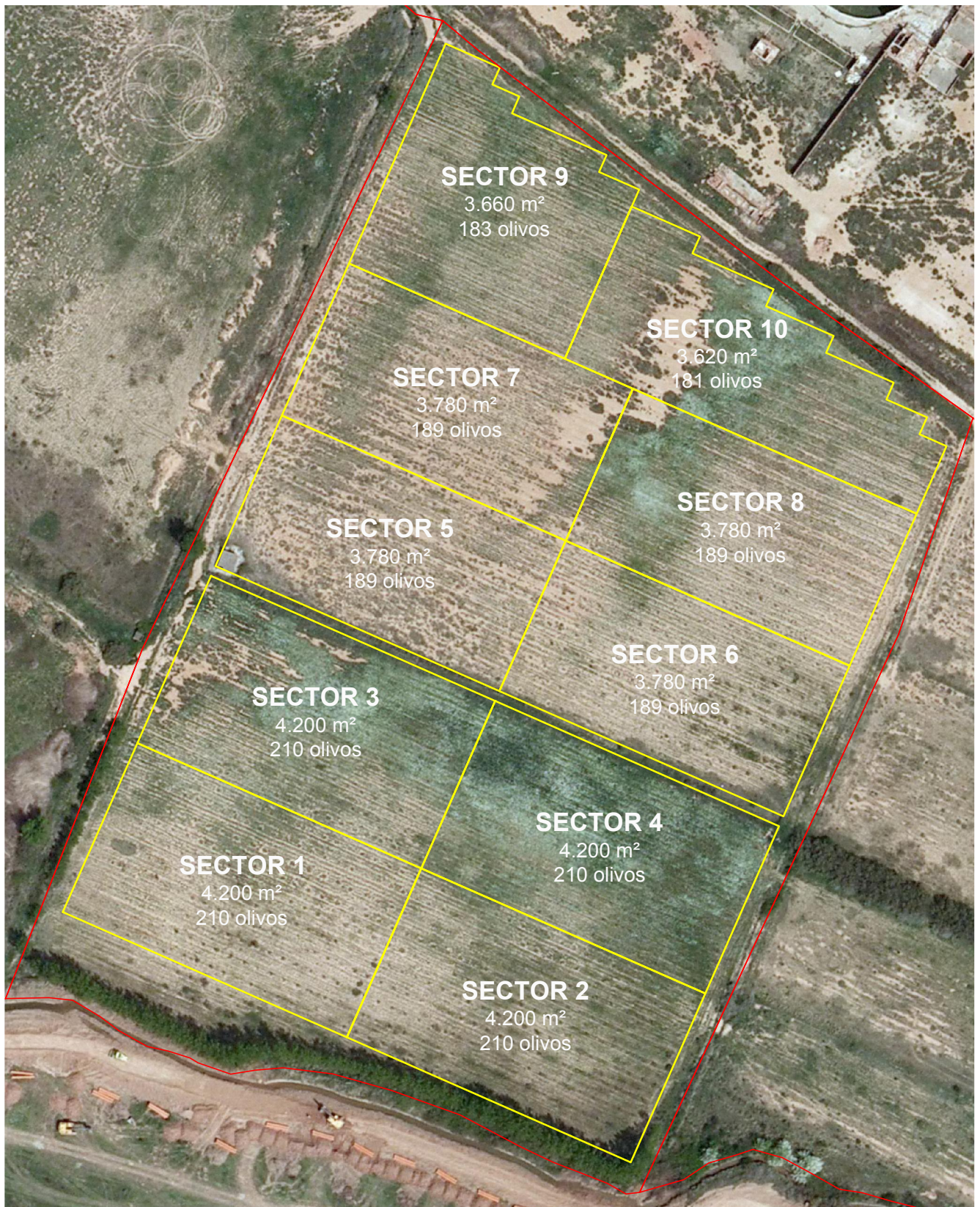
Escala: **1/50.000**

Plano n°:

4



Escala gráfica (m):
 0 150 300 600 900



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural



Proyecto de:

**RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR
EN CALAHORRA (La Rioja)**

Esquema:

Plano:

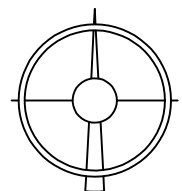
SECTORIZACIÓN







Escala:

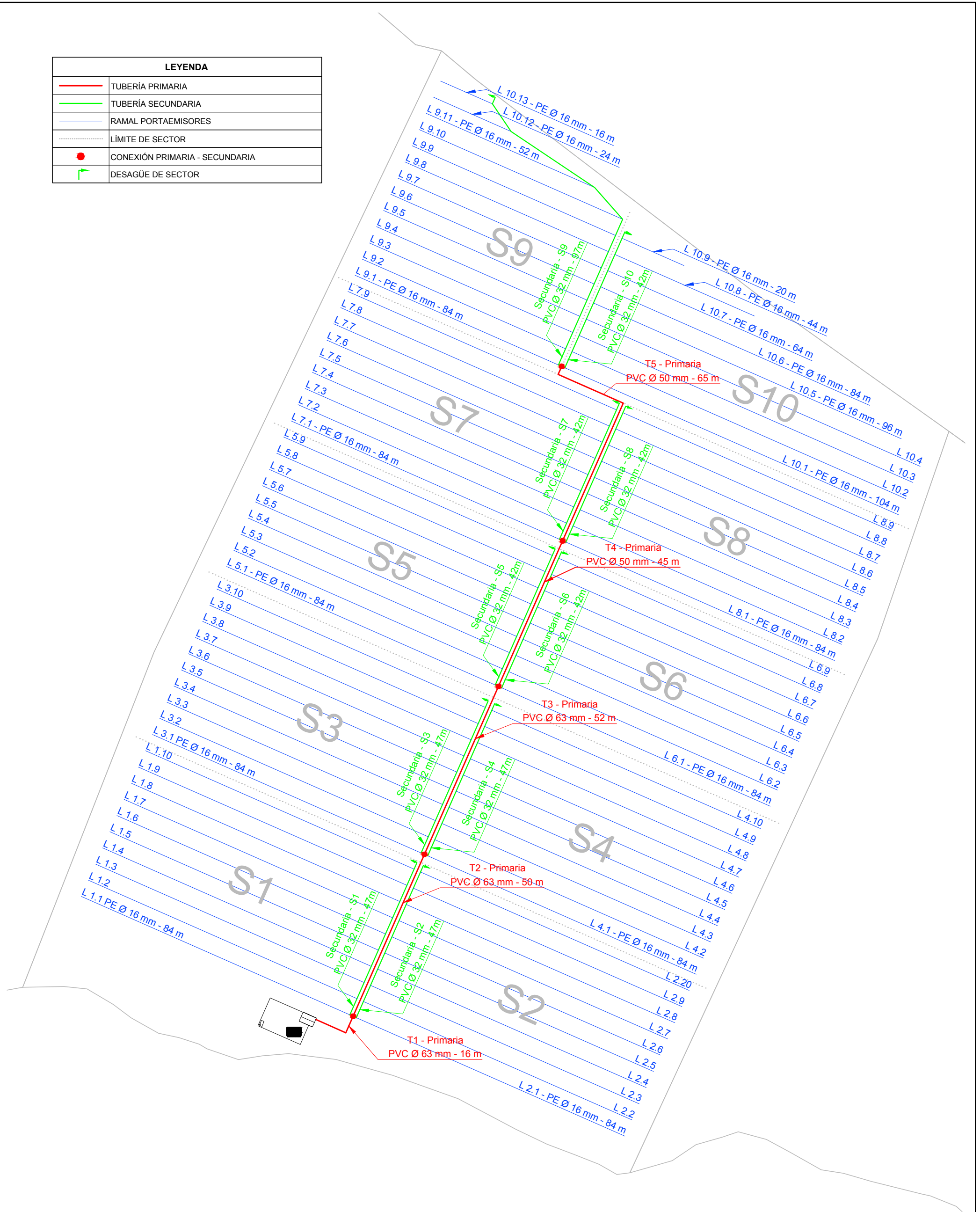
1/1.500

Plano n°:

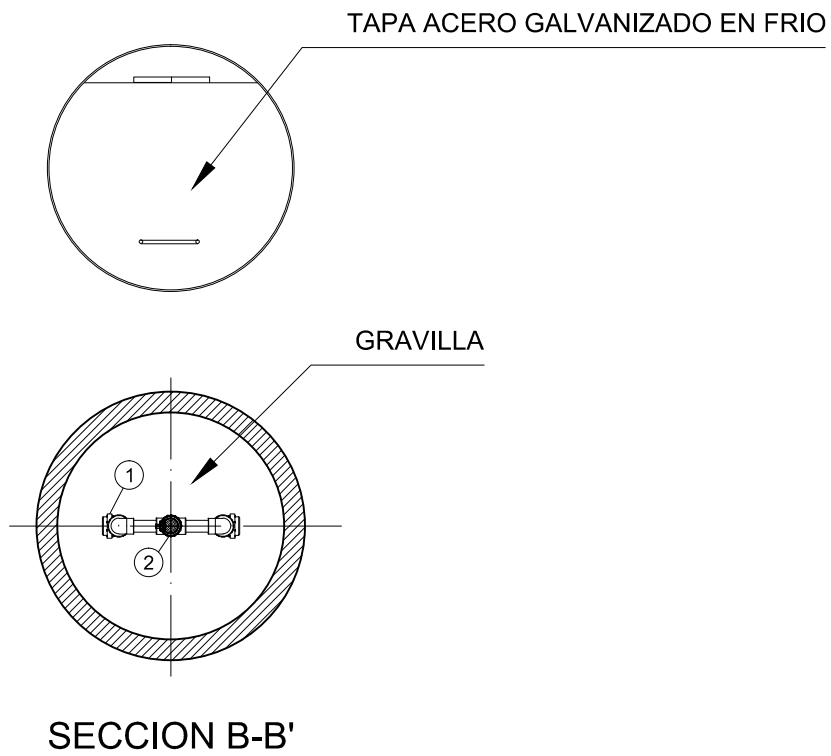
5



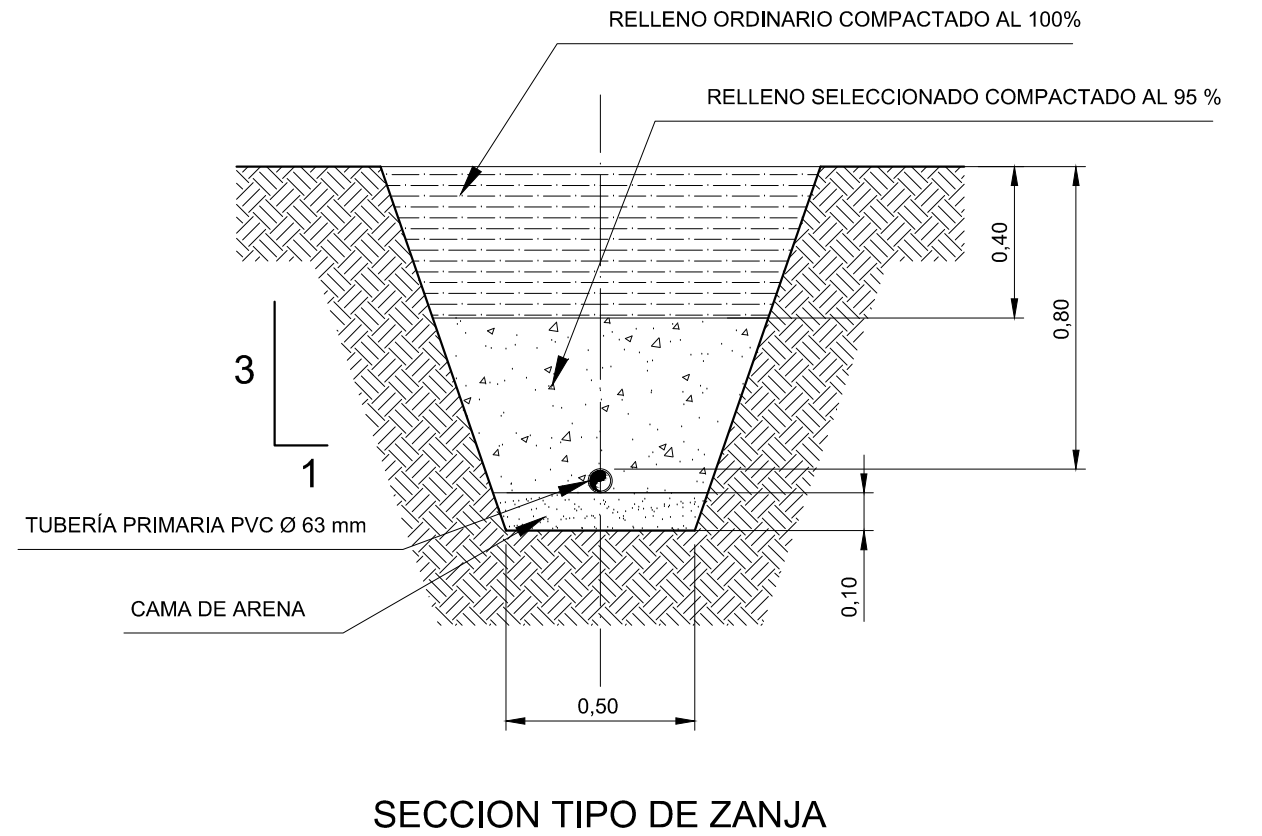
LEYENDA	
	TUBERÍA PRIMARIA
	TUBERÍA SECUNDARIA
	RAMAL PORTAEMISORES
	LÍMITE DE SECTOR
	CONEXIÓN PRIMARIA - SECUNDARIA
	DESAGÜE DE SECTOR



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural		 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa
Proyecto de: RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)		
Plano: RED DE RIEGO		Esquema: 
Elaborado: Ignacio García Ruiz	Firma: 	
		Escala: 1/1.000 Escala gráfica (m): 
		6

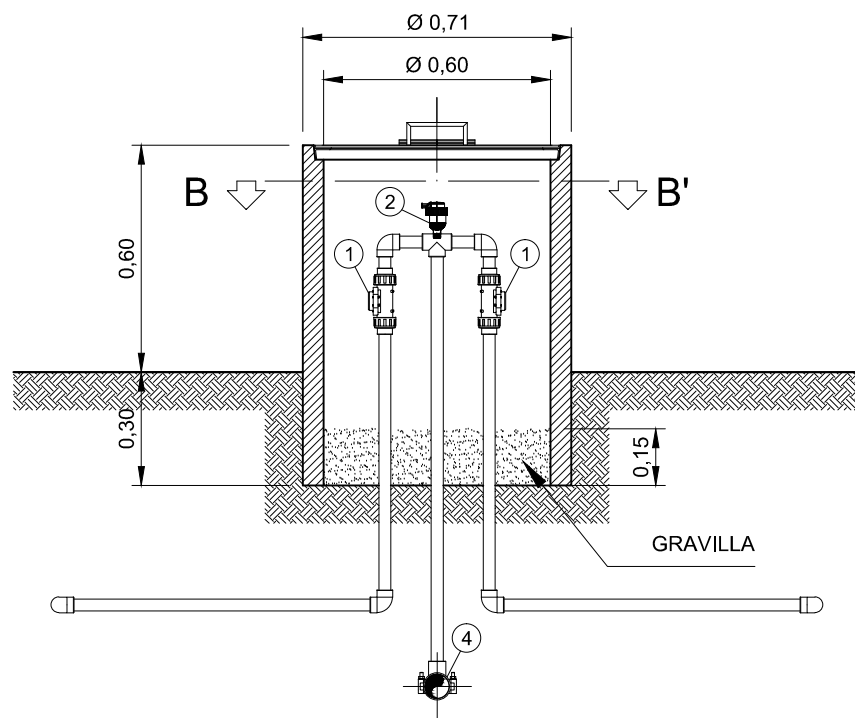


VISTA POR "A"

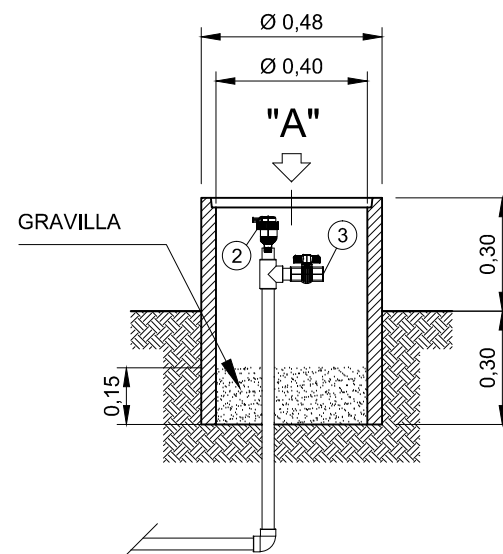


SECCION TIPO DE ZANJA

LEYENDA	
1	VÁLVULA HIDRÁULICA DE SECTOR D32 mm PN16
2	VENTOSA TRIPLE EFECTO 3/4" PN16
3	VÁLVULA DE BOLA EN DESAGÜE D32 mm PN10
4	COLLARÍN DE TOMA PP 63 / 32 mm PN10



CONEXIÓN PRIMARIA-SECUNDARIA



DESAGÜE DE SECTOR

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Plano: **DETALLES - RED DE RIEGO**

Escala: 1/20

Plano nº: **7**

Elaborado: Ignacio García Ruiz

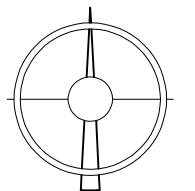
Firma:

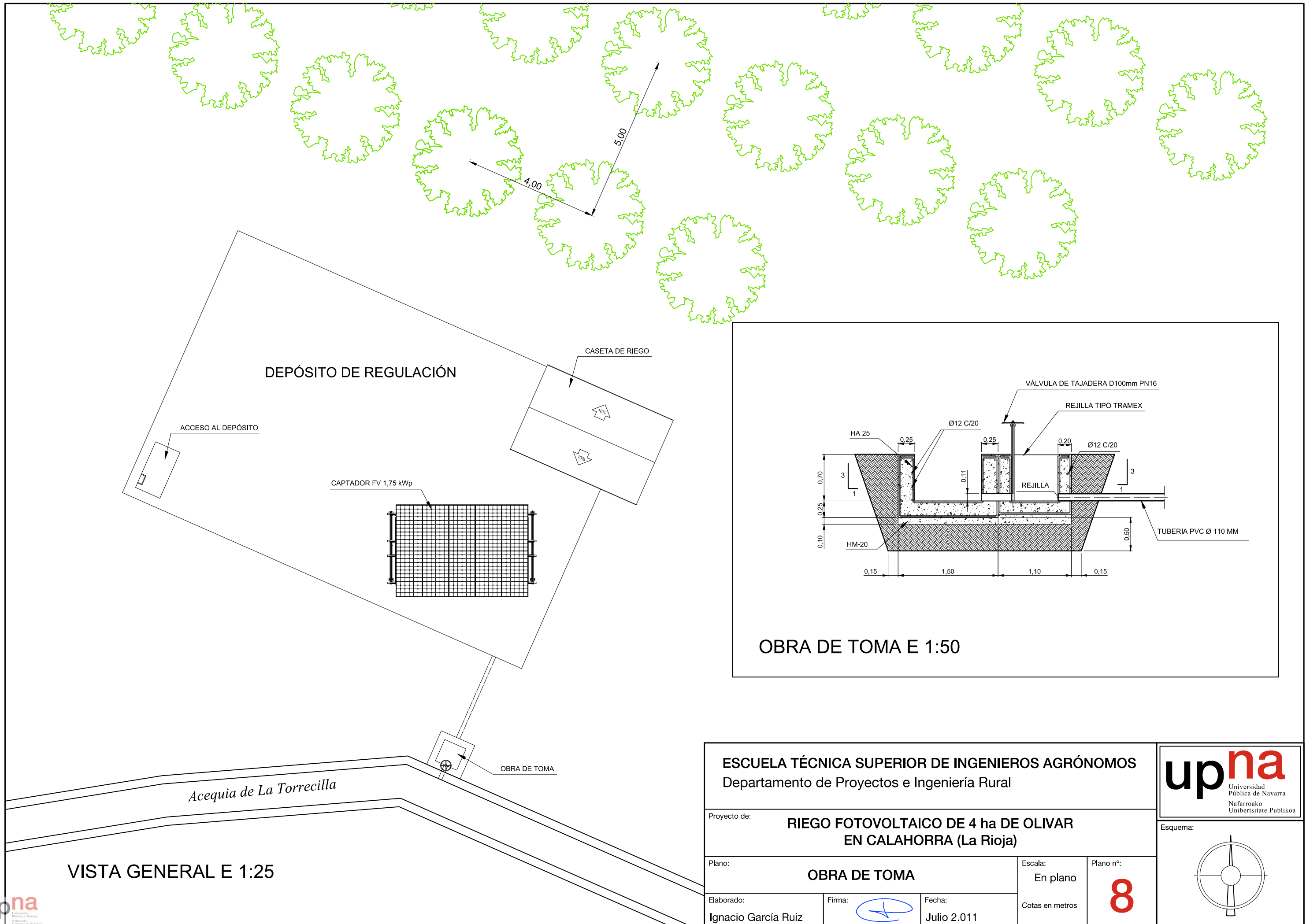
Fecha: Julio 2.011

Cotas en metros

upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Esquema:





DEPÓSITO DE REGULACIÓN

ACCESO AL DEPÓSITO

CAPTADOR FV 1,75 kWp

CAsETA DE RIEGO

OBRA DE TOMA

Acequia de La Torrecilla

VISTA GENERAL E 1:25

OBRA DE TOMA E 1:50

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Plano: **OBRA DE TOMA**

Escala: **En plano**

Plano nº:

Elaborado: **Ignacio García Ruiz**

Firma:

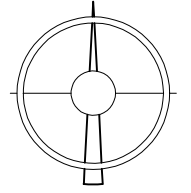
Fecha: **Julio 2.011**

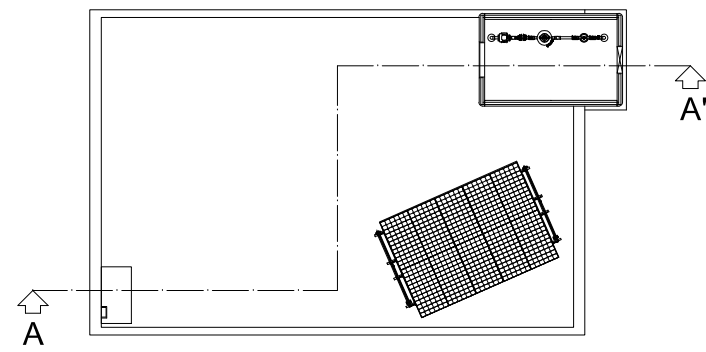
Cotas en metros

8



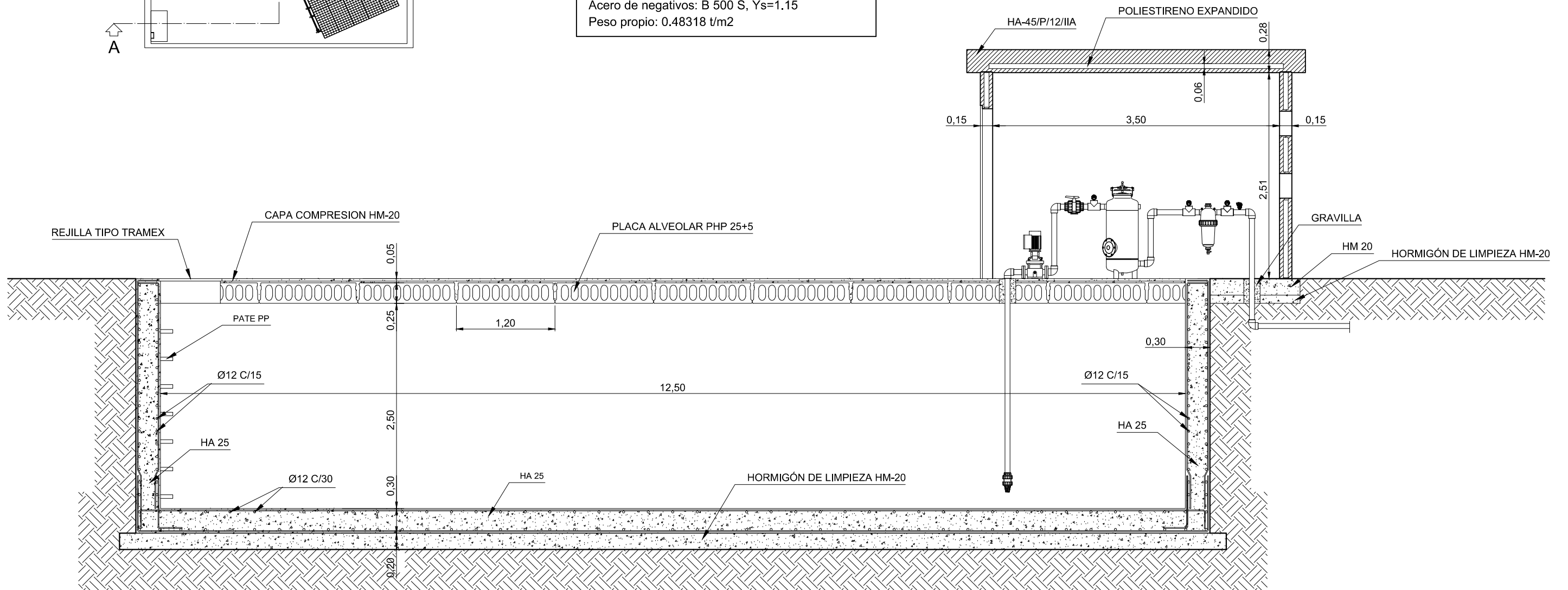
Esquema:





CUADRO CARACTERÍSTICAS PLACA ALVEOLAR PHP 25+5	
Canto total forjado: 30 cm	
Espesor capa compresión: 5 cm	
Ancho de placa: 1203 mm	
Entrega mínima: 10 cm	
Hormigón de la placa: HA-40, Yc=1.35 (Pref.)	
Hormigón de la capa y juntas: HA-25, Yc=1.5	
Acero de negativos: B 500 S, Ys=1.15	
Peso propio: 0.48318 t/m2	

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
ELEMENTO	TIPO	NIVEL DE CONTROL	COEF. DE SEGURIDAD
Hormigón	HA-25/P/12/IIa	Estadístico	1,50
Acero	B-500S	Normal	1,15



SECCION A-A'

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural



Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Esquema:

Plano: **DEPÓSITO DE REGULACIÓN - SECCIÓN 1**

Escala: 1/50

Plano nº:

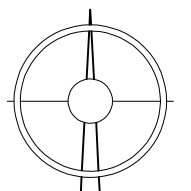
9

Elaborado: Ignacio García Ruiz

Firma:

Fecha: Julio 2.011

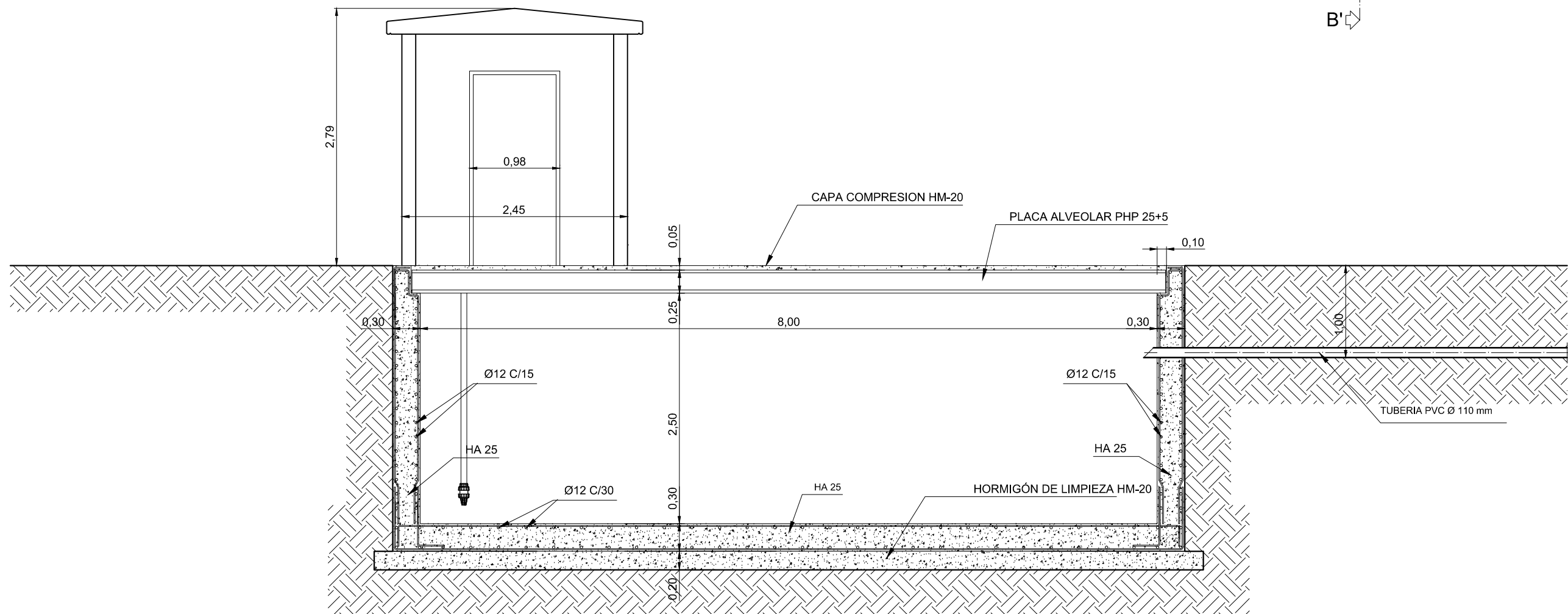
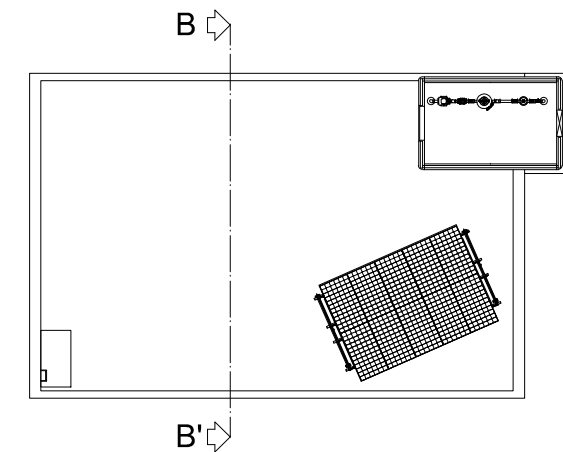
Cotas en metros



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
ELEMENTO	TIPO	NIVEL DE CONTROL	COEF. DE SEGURIDAD
Hormigón	HA-25/P/12/IIa	Estadístico	1,50
Acero	B-500S	Normal	1,15

CUADRO CARACTERÍSTICAS PLACA ALVEOLAR PHP 25+5

Canto total forjado: 30 cm
 Espesor capa compresión: 5 cm
 Ancho de placa: 1203 mm
 Entrega mínima: 10 cm
 Hormigón de la placa: HA-40, Yc=1.35 (Pref.)
 Hormigón de la capa y juntas: HA-25, Yc=1.5
 Acero de negativos: B 500 S, Ys=1.15
 Peso propio: 0.48318 t/m2



SECCION B-B'

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
 Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural



Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Esquema:

Plano: **DEPÓSITO DE REGULACIÓN - SECCIÓN 2**

Escala: 1/50

Plano nº:

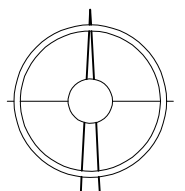
10

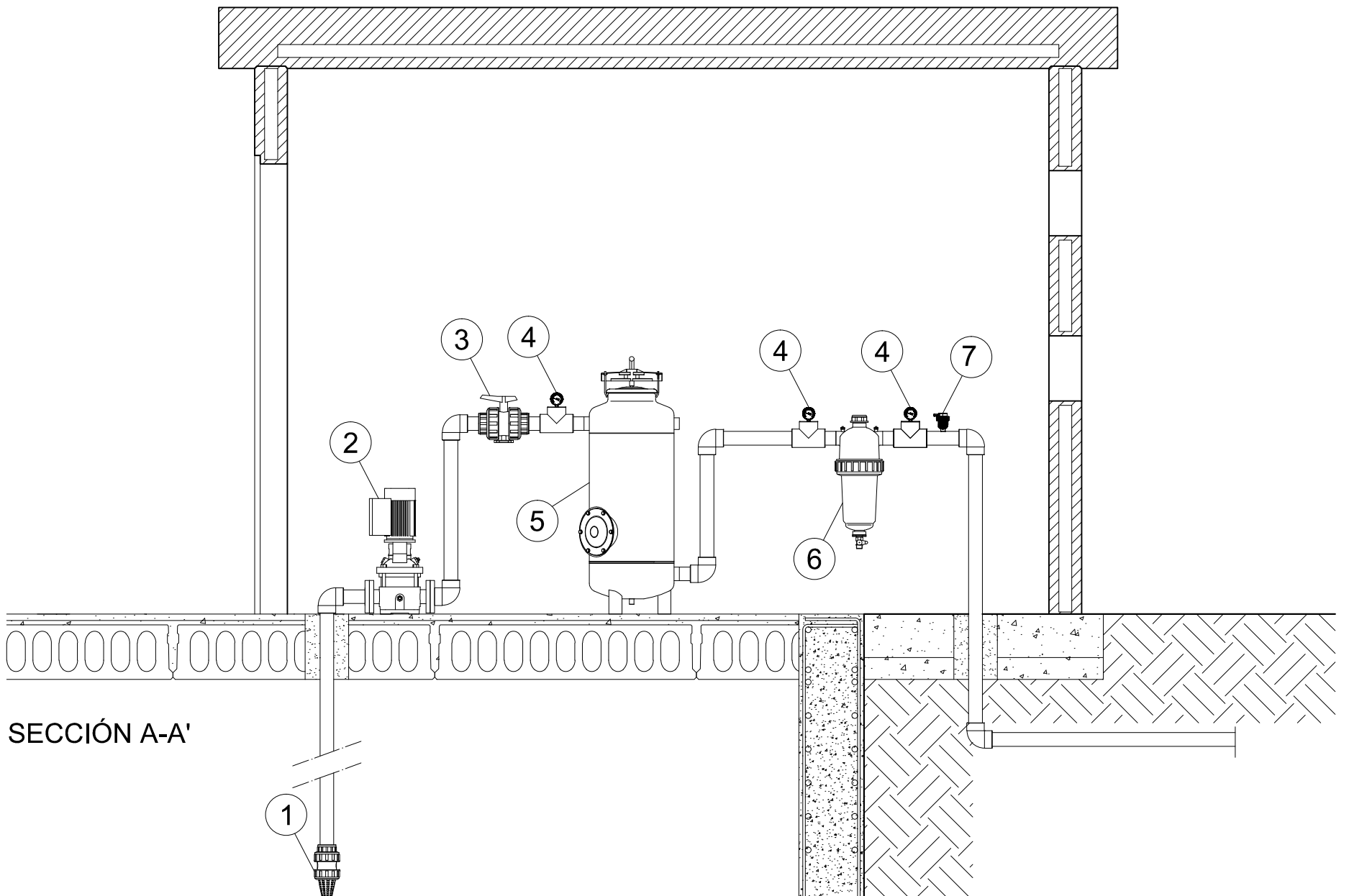
Elaborado: Ignacio García Ruiz

Firma:

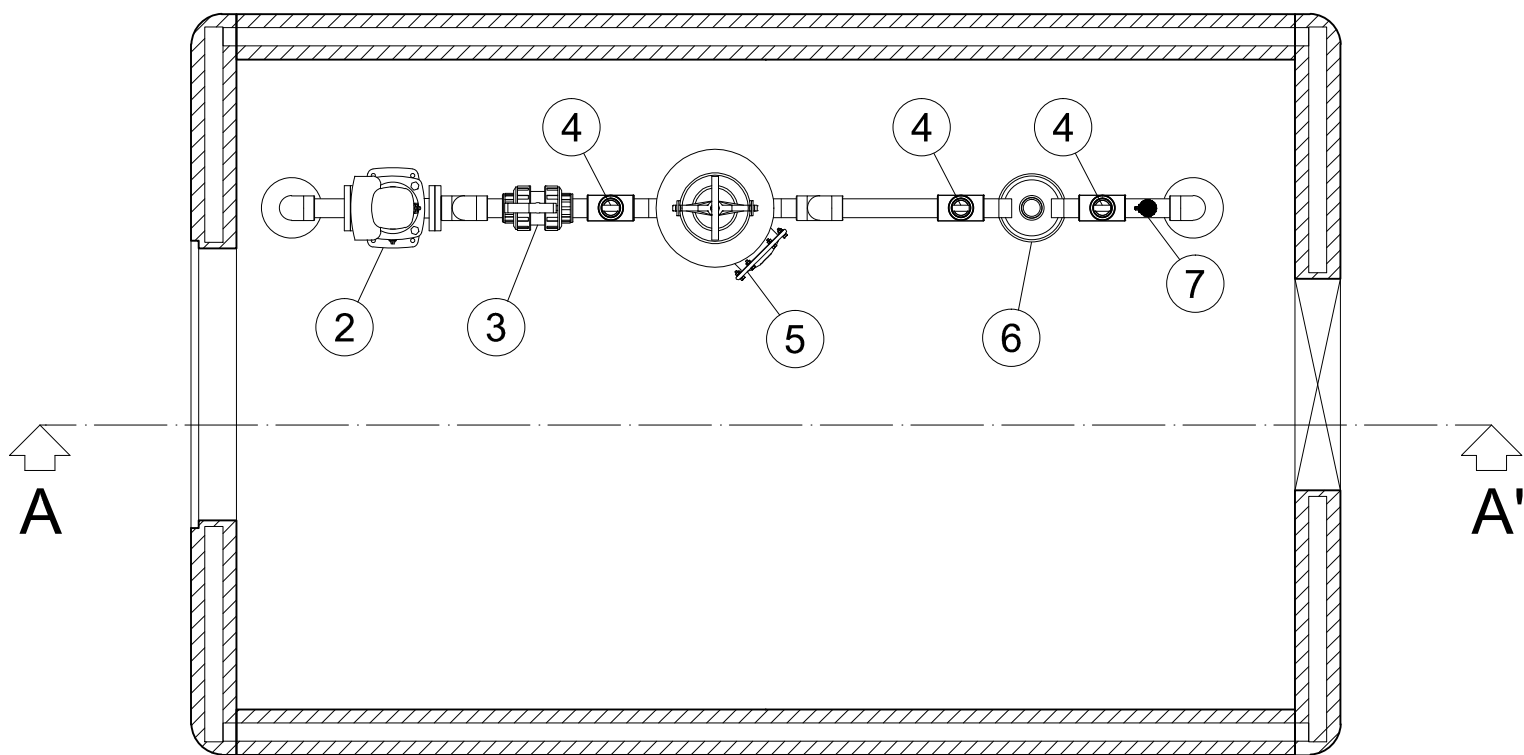
Fecha: Julio 2.011

Cotas en metros





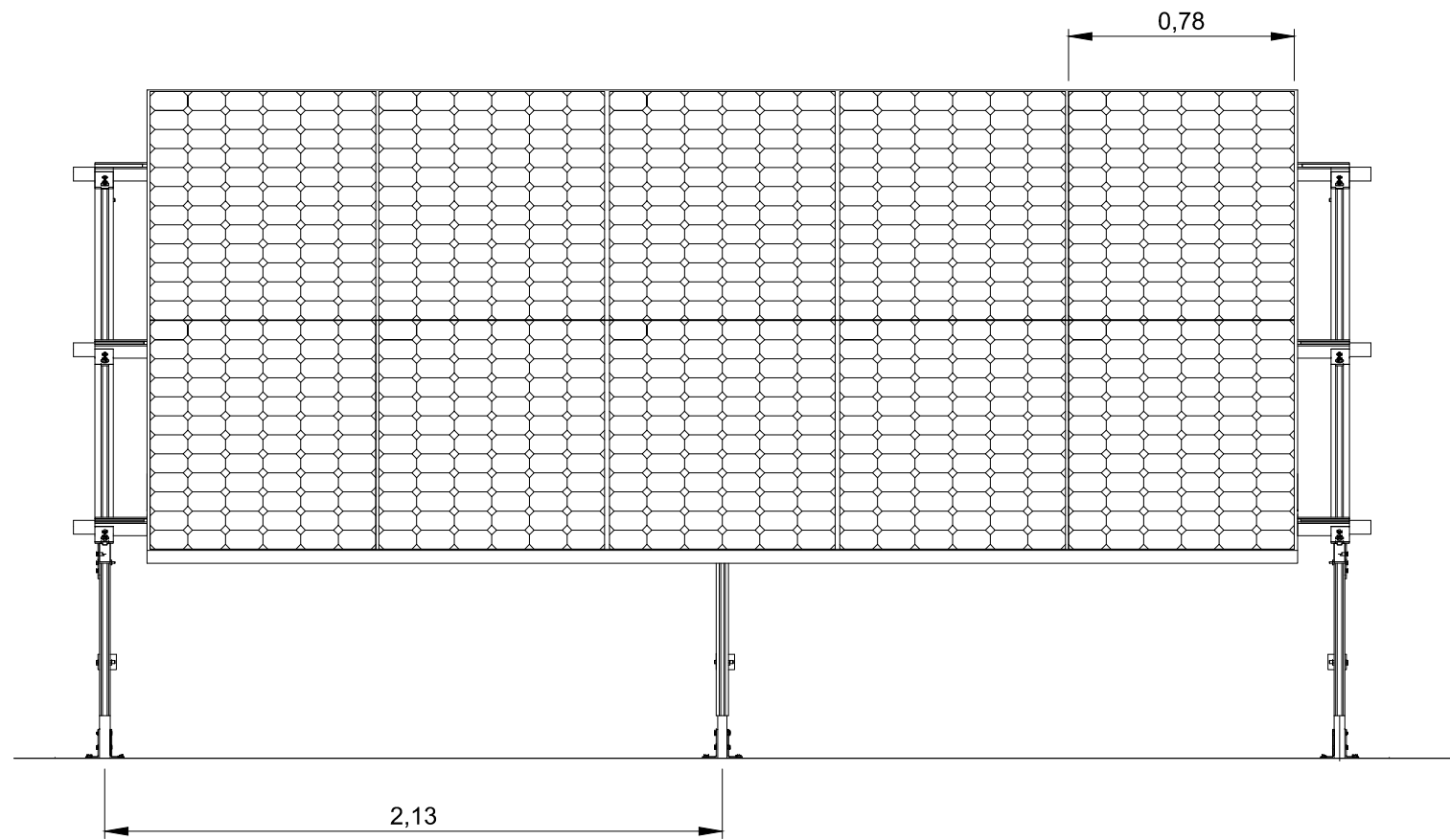
SECCIÓN A-A'



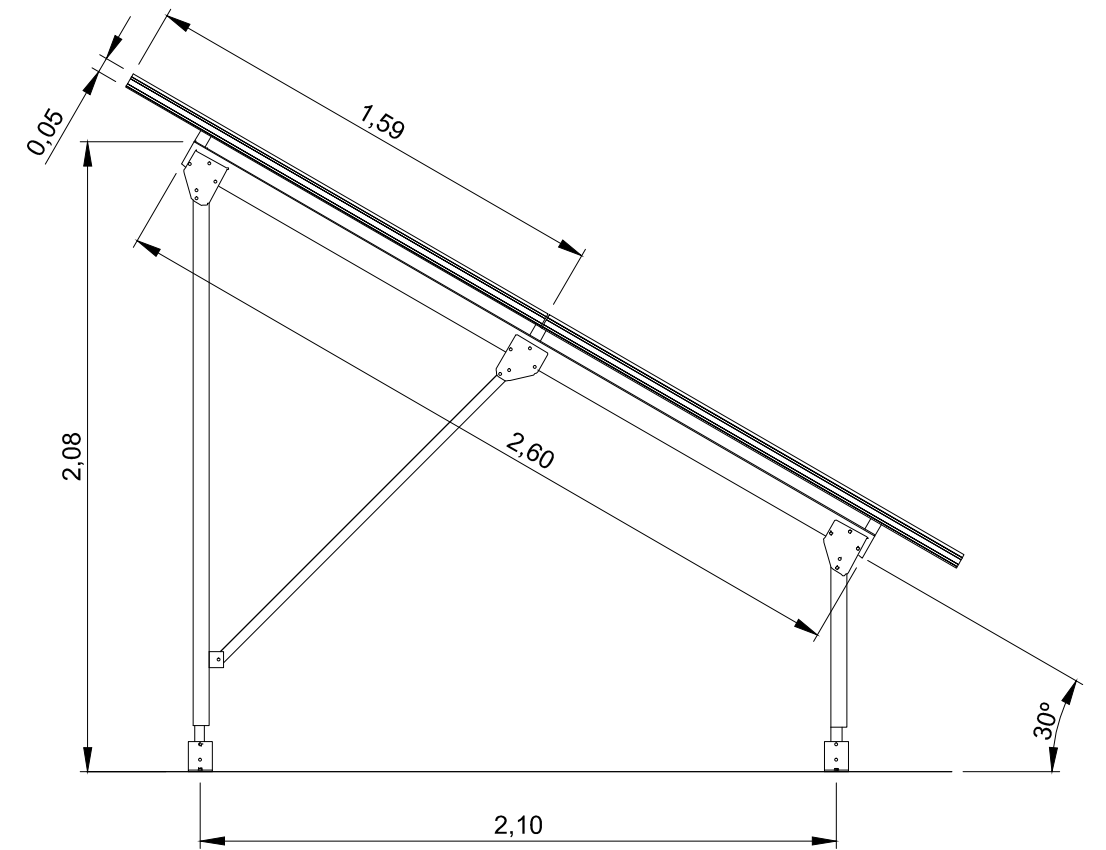
VISTA EN PLANTA

LEYENDA	
1	VÁLVULA ANTIRRETORNO DE PIE CON BOLA PVC D32 mm PN16
2	MOTOR-BOMBA CENT. VERTICAL SUPERFICIAL MONOF. 750 W
3	VÁLVULA DE BOLA PVC 63mm PN 16
4	MANÓMETRO
5	FILTRO DE ARENA 20"
6	FILTRO DE DISCOS 2" 130 micron
7	VENTOSA TRIPLE EFECTO 1" PN16

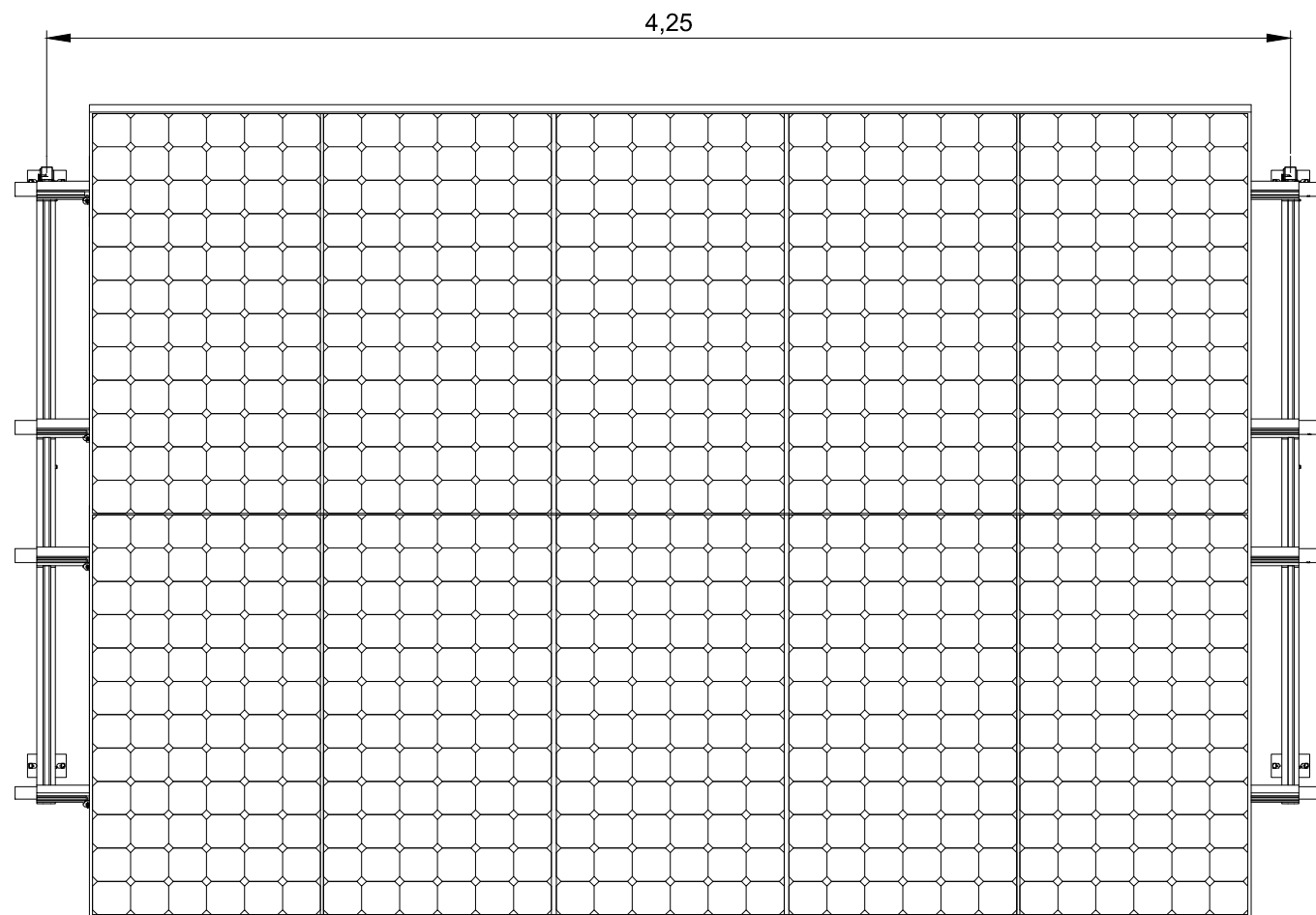
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural		
Proyecto de: RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)		
Plano: CABEZAL DE RIEGO		Esquema:
Escala: 1/25 Cotas en metros	Plano nº: 11	
Elaborado: Ignacio García Ruiz	Firma:	Fecha: Julio 2.011



VISTA FRONTAL (10x1 Módulo de 175 Wp)



VISTA LATERAL



VISTA EN PLANTA (10x1 Módulo de 175 Wp)

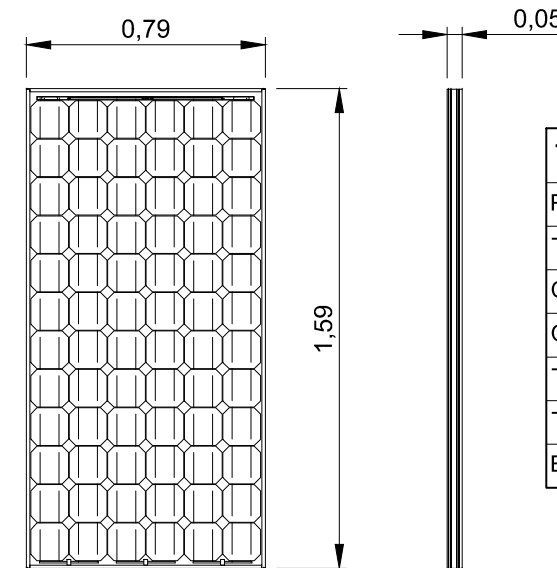


Tabla de características del módulo FV BP Solar 175 Wp		
Potencia máxima (W)	175,00	126,00
Tensión en MPP (V)	35,40	31,50
Corriente en MPP (A)	4,94	3,95
Corriente de cortocircuito - I _{sc} (A)	5,45	4,41
Tensión de circuito abierto - V _{oc} (V)	43,60	39,70
Tensión nominal (V)	24	
Eficiencia del módulo (%)	14	

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR
EN CALAHORRA (La Rioja)**

Esquema:

Plano: **CAPTADOR FOTOVOLTAICO**

Escala:
1/25

Plano nº:

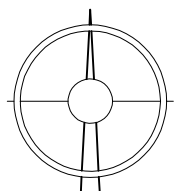
12

Elaborado:
Ignacio García Ruiz

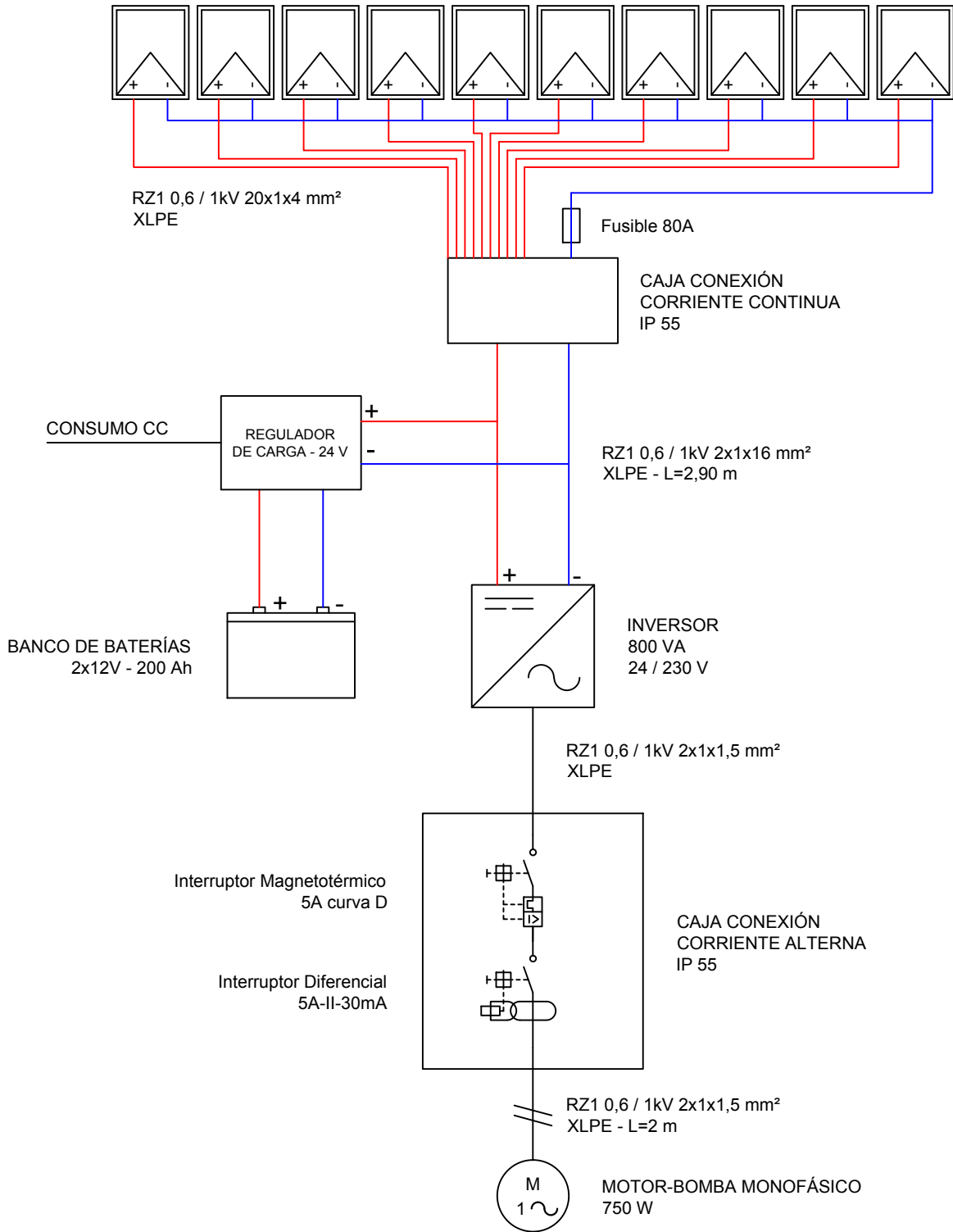
Firma:

Fecha:
Julio 2.011

Cotas en metros



GENERADOR FOTOVOLTAICO 1,75 kWp
10x1 módulo de 175 Wp - 24V



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural



Proyecto de: **RIEGO FOTOVOLTAICO DE 4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

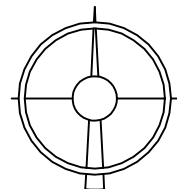
Esquema:

Plano: **DIAGRAMA UNIFILAR**

Escala: S/E

Plano n°:

13



Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Documento N°4

PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES	7
1.1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES	7
1.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA	7
1.3. DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA	7
2. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....	7
2.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	7
2.2. PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES.....	8
2.3. ALMACENAMIENTO	8
2.4. INSPECCIÓN Y ENSAYOS.....	8
2.5. SUSTITUCIONES	9
2.6. MATERIALES FUERA DE ESPECIFICACIÓN	10
2.7. PARTIDAS ALZADAS	10
2.8. PARTIDAS DE IMPREVISTOS.....	10
3. CONDICIONES PARTICULARES DE ÍNDOLE TÉCNICA	10
3.1. OBRA CIVIL	10
3.1.1. <i>Material para asiento de tuberías</i>	<i>10</i>
3.1.2. <i>Materiales para relleno de zanjas.....</i>	<i>10</i>
3.1.3. <i>Tablas para encofrados</i>	<i>11</i>
3.1.4. <i>Áridos para hormigones.....</i>	<i>11</i>
3.1.5. <i>Agua</i>	<i>12</i>
3.1.6. <i>Hormigones.....</i>	<i>12</i>
3.1.7. <i>Barras corrugadas para armaduras.....</i>	<i>13</i>
3.2. INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO.....	13
3.2.1. <i>Tuberías plásticas.....</i>	<i>13</i>
3.2.2. <i>Tuberías emisoras.....</i>	<i>13</i>
3.2.3. <i>Piezas especiales.....</i>	<i>14</i>

3.2.4.	<i>Válvulas</i>	14
3.2.5.	<i>Cabezal de riego</i>	14
3.2.6.	<i>Grupo motor – bomba</i>	14
3.3.	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	14
3.3.1.	<i>Generador fotovoltaico</i>	14
3.3.2.	<i>Estructura de soporte</i>	15
3.3.3.	<i>Inversor de aislada</i>	16
3.3.4.	<i>Regulador de carga</i>	17
3.3.5.	<i>Baterías</i>	18
3.4.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	19
3.4.1.	<i>Clasificación eléctrica</i>	19
3.4.2.	<i>Canalizaciones aéreas bajo tubo</i>	20
3.4.3.	<i>Cables</i>	21
3.4.4.	<i>Cajas de conexión</i>	21
3.4.5.	<i>Red de tierras</i>	21
4.	CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA	22
4.1.	OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA	22
4.1.1.	<i>Remisión de solicitud de ofertas</i>	22
4.1.2.	<i>Residencia del contratista</i>	22
4.1.3.	<i>Reclamaciones contra las órdenes de dirección</i>	22
4.1.4.	<i>Despido por insubordinación, incapacidad o mala fe</i>	22
4.1.5.	<i>Copia de los documentos</i>	23
4.2.	TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES	23
4.2.1.	<i>Libro de órdenes</i>	23
4.2.2.	<i>Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución</i>	23
4.2.3.	<i>Condiciones generales de ejecución de los trabajos</i>	23
4.2.4.	<i>Trabajos defectuosos</i>	24
4.2.5.	<i>Obras y vicios ocultos</i>	24
4.2.6.	<i>Materiales no utilizables o defectuosos</i>	24
4.2.7.	<i>Medios auxiliares</i>	24
4.3.	RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN	25
4.3.1.	<i>Recepciones provisionales</i>	25
4.3.2.	<i>Plazo de garantía</i>	25
4.3.3.	<i>Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente</i>	25
4.3.4.	<i>Recepción definitiva</i>	26
4.3.5.	<i>Liquidación final</i>	26

4.3.6.	<i>Liquidación en caso de rescisión</i>	26
4.4.	FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS	26
4.4.1.	<i>Facultades de la dirección de obras</i>	26
5.	CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA	26
5.1.	PRINCIPIO GENERAL	26
5.2.	FIANZAS	27
5.2.1.	<i>Fianza provisional</i>	27
5.2.2.	<i>Ejecución de trabajos con cargo a la fianza</i>	27
5.2.3.	<i>Devolución de fianza en general</i>	27
5.3.	PRECIOS	28
5.3.1.	<i>Precios unitarios</i>	28
5.3.2.	<i>Precios e importe de la contrata</i>	28
5.3.3.	<i>Precios contradictorios</i>	29
5.3.4.	<i>Reclamaciones por el aumento de precios</i>	29
5.3.5.	<i>Formas de medir o aplicar precios</i>	29
5.3.6.	<i>Revisión de los precios contratados</i>	29
5.3.7.	<i>Reserva de materiales</i>	29
5.3.8.	<i>Elementos comprendidos en el presupuesto</i>	30
5.4.	OBRAS POR ADMINISTRACIÓN	30
5.4.1.	<i>Obras por administración directa</i>	30
5.4.2.	<i>Obras por administración delegada o indirecta</i>	30
5.4.3.	<i>Liquidación de obras por administración</i>	30
5.4.4.	<i>Abono al constructor o contratista de las cuentas de administración delegada o indirecta</i>	31
5.4.5.	<i>Normas para la adquisición de materiales y aparatos</i>	31
5.4.6.	<i>Responsabilidades del constructor o contratista</i>	31
5.5.	MEDICIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA	32
5.5.1.	<i>Limpieza y desbroce del terreno</i>	32
5.5.2.	<i>Excavación de depósito</i>	32
5.5.3.	<i>Excavación de zanja para tuberías</i>	32
5.5.4.	<i>Rellenos</i>	32
5.5.5.	<i>Encofrados</i>	33
5.5.6.	<i>Hormigones</i>	33
5.5.7.	<i>Armaduras</i>	33

5.5.8.	<i>Forjados</i>	34
5.5.9.	<i>Asiento de tuberías</i>	34
5.5.10.	<i>Tuberías</i>	34
5.5.11.	<i>Válvulas hidráulicas</i>	34
5.5.12.	<i>Desagües de sector</i>	34
5.5.13.	<i>Autómata y solenoides</i>	34
5.5.14.	<i>Grupo motor – bomba</i>	35
5.5.15.	<i>Generador fotovoltaico</i>	35
5.5.16.	<i>Estructura de soporte</i>	35
5.5.17.	<i>Inversor</i>	35
5.5.18.	<i>Regulador de carga</i>	35
5.5.19.	<i>Baterías</i>	35
5.5.20.	<i>Conductores eléctricos</i>	35
5.5.21.	<i>Cuadros de protección</i>	35
5.5.22.	<i>Red de tierra</i>	35
5.5.23.	<i>Formas de abono de las obras</i>	36
5.5.24.	<i>Relaciones valoradas y certificaciones</i>	36
5.5.25.	<i>Pagos</i>	37
5.5.26.	<i>Abono de trabajos realizados durante el periodo de garantía</i>	37
5.6.	INDEMNIZACIONES MUTUAS	37
5.6.1.	<i>Indemnización por retraso no justificado en el plazo de determinación de las obras</i>	37
5.6.2.	<i>Demora de los pagos</i>	37
5.7.	VARIOS	38
5.7.1.	<i>Unidades de obra defectuosas pero aceptables</i>	38
5.7.2.	<i>Seguro de la obra</i>	38
5.7.3.	<i>Conservación de la obra</i>	38
6.	CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL	39
6.1.	JURISDICCIÓN	39
6.2.	ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS	39
6.3.	PAGO DE ÁRBITROS	40
6.4.	CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO	40

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

La finalidad del presente Pliego de Condiciones consiste en la regulación de la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, debiendo precisar las intervenciones que corresponden según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o Constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al Ingeniero e Ingeniero, y las relaciones existentes entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

El presente Pliego de Condiciones, junto con la Memoria, los Anejos, el Presupuesto y los Planos, forman el proyecto que servirá de base para la ejecución de las obras. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establece la definición de las obras en cuanto a su naturaleza intrínseca. Las órdenes e instrucciones de la dirección facultativa de las obras se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas. En los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

1.3. DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA

- Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público.
- Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales y Particulares vigentes del Ministerio de Fomento.
- Código técnico de la Edificación (CTE)
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT).
- Métodos y Normas de Ensayo del laboratorio Central de Ensayos y Materiales del Ministerio de Fomento.

2. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA

2.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES

Todos los materiales han de ser adecuados al fin a que se destinen y, habiéndose tenido en cuenta en las bases de precios y formación de presupuestos, se entiende que serán de la mejor calidad en su clase de entre los existentes en el mercado.

Por ello, y aunque por sus características singulares o menor importancia relativa no hayan merecido ser objeto de definición más explícita su utilización quedará condicionada a la aprobación del

Ingeniero Director, quien podrá determinar las pruebas o ensayos de recepción que están adecuados al efecto.

En todo caso, los materiales serán de igual o mejor calidad que la que pudiera deducirse de su procedencia, valoración o características, citadas en algún documento del proyecto, se sujetarán a normas oficiales o criterios de buena fabricación del ramo, y el Ingeniero Director podrá exigir su suministro por firma que ofrezca las adecuadas garantías.

Las cifras que para pesos o volúmenes de materiales figuran en las unidades compuestas de las mediciones y presupuesto servirán sólo para el conocimiento del coste de estos materiales acopiados a pié de obra. Pero por ningún concepto tendrá valor a efectos de definir las proporciones de las mezclas ni el volumen necesario en acopios para conseguir la unidad de éste, compactada en obra.

2.2. PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES

Los materiales que se propongan para su empleo en las obras deberán:

- Ajustarse a las especificaciones de este Pliego y a la descripción hecha en los Planos.
- Ser examinados y aceptados por la Dirección de Obra. La aceptación de principio no presupone la definitiva, que queda supeditada a la ausencia de defectos de calidad o uniformidad, considerados en el conjunto de la obra.

La aceptación o el rechazo de los materiales competen a la Dirección de Obra.

Los materiales rechazados serán retirados rápidamente de la obra, salvo autorización expresa de la Dirección de Obra.

Todos los materiales que no se citan en el presente Pliego deberán ser sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra, quien podrá someterlos a las pruebas que juzgue necesarias, quedando facultada para desechar aquellos que, a su juicio, no reúnan las condiciones deseadas.

2.3. ALMACENAMIENTO

Los materiales se almacenarán, cuando sea preciso, de forma que quede asegurada la idoneidad para su empleo y sea posible una inspección en cualquier momento.

El almacenamiento en obra no supone la entrega de los materiales en el entender de que éstos sólo se consideran como integrantes de la obra tras la ejecución de la partida donde deban incluirse.

2.4. INSPECCIÓN Y ENSAYOS

El contratista deberá permitir a la Dirección de Obra y a sus delegados el acceso a los viveros, talleres, almacenes, fábricas, etc. donde se encuentren los materiales, y la realización de todas las pruebas que la Dirección de Obra considere necesarias.

Los ensayos y pruebas, tanto de materiales como de unidades de obra, serán realizados por laboratorios especializados en la materia, que en cada caso serán designados por la Dirección de Obra.

Los ensayos o reconocimientos verificados durante la ejecución de los trabajos no tienen otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción, por consiguiente, la admisión de

materiales o piezas en cualquier forma que se realice antes de la recepción, no atenúa las obligaciones de subsanar o reponer que el Contratista contrae, si las obras o instalaciones resultasen inaceptables parcial o temporalmente, en el acto de reconocimiento final y pruebas de recepción.

De los ensayos o pruebas verificadas por dichos laboratorios darán fe los Certificados que por los mismos se expidan. El Contratista vendrá obligado a modificar las dosificaciones previstas en este Pliego, si así lo exige el Ingeniero Director a la Vista de los ensayos realizados.

El Contratista vendrá obligado a abonar los gastos relativos a la realización de ensayos de control de calidad hasta el tope de 1 (uno) por ciento del presupuesto de adjudicación; en caso de superar esta cantidad, siendo el resultado de dichos ensayos negativo para el contratista, los gastos resultantes serán abonados por éste. En caso contrario es coste de los ensayos por encima del 1% correrá a cargo de la administración.

El contratista deberá permitir a la Dirección de Obra y a sus delegados el acceso a los viveros, talleres, almacenes, fábricas, etc. donde se encuentren los materiales, y la realización de todas las pruebas que la Dirección de Obra considere necesarias. Los ensayos y pruebas, tanto de materiales como de unidades de obra, serán realizados por laboratorios especializados en la materia, que en cada caso serán designados por la Dirección de Obra.

Los ensayos o reconocimientos verificados durante la ejecución de los trabajos no tienen otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción, por consiguiente, la admisión de materiales o piezas en cualquier forma que se realice antes de la recepción, no atenúa las obligaciones de subsanar o reponer que el Contratista contrae, si las obras o instalaciones resultasen inaceptables parcial o temporalmente, en el acto de reconocimiento final y pruebas de recepción.

De los ensayos o pruebas verificadas por dichos laboratorios darán fe los Certificados que por los mismos se expidan. El Contratista vendrá obligado a modificar las dosificaciones previstas en este Pliego, si así lo exige el Ingeniero Director a la Vista de los ensayos realizados.

El Contratista vendrá obligado a abonar los gastos relativos a la realización de ensayos de control de calidad hasta el tope de 1 (uno) por ciento del presupuesto de adjudicación; en caso de superar esta cantidad, siendo el resultado de dichos ensayos negativo para el contratista, los gastos resultantes serán abonados por éste. En caso contrario es coste de los ensayos por encima del 1% correrá a cargo de la administración

2.5. SUSTITUCIONES

Si por circunstancias imprevisibles hubiera de sustituirse algún material, se recabará, por escrito, autorización de la Dirección de Obra, especificando las causas que hacen necesaria la sustitución; la Dirección de Obra contestará también por escrito y determinará, en caso de sustitución justificada, qué nuevos materiales han de reemplazar a los no disponibles, cumpliendo análoga función y manteniendo indemne la esencia del diseño.

La Dirección de la Obra podrá indicar la sustitución de algunas especies o variedades señaladas en el proyecto por otras similares, cuando la situación del mercado de plantas, o cualquier otra circunstancia, así lo aconseje.

En su caso, la nueva unidad se valorará de acuerdo con los precios del Presupuesto, y si no se encuentra incluida en él, la Dirección de la Obra y el Contratista se atenderán a lo dispuesto en el artículo correspondiente a “Unidades no previstas” del presente Pliego.

Todas las obras comprendidas en este Proyecto se ejecutarán de acuerdo con los planos y con las indicaciones de la Dirección Técnica, quien resolverá las cuestiones que puedan plantearse en la interpretación de aquellas y en las condiciones y detalles de la ejecución.

Todos los desvíos provisionales y operaciones complementarias a los mismos, como señalización, balizamiento, etc., serán por cuenta del Contratista, que quedará así mismo responsabilizado de su mantenimiento, salvo que los mismos estén expresamente incluidos en el Proyecto.

2.6. MATERIALES FUERA DE ESPECIFICACIÓN

Los materiales no especificados en las disposiciones, normativa o condiciones específicas de cada tipo, deberán cumplir las condiciones que la práctica de la buena construcción y el buen quehacer jardinero ha determinado por su empleo reiterado.

2.7. PARTIDAS ALZADAS

Las partidas alzadas que figuren en el presupuesto para determinados trabajos podrán ser modificados en su cuantía, si las circunstancias hubieran cambiado desde el momento de realizar el diseño. Dichas modificaciones se harán de común acuerdo entre ambas partes y se harán constar por escrito en el libro de obra.

2.8. PARTIDAS DE IMPREVISTOS

La partida de imprevistos del Presupuesto general que pudiera existir, en modo alguno queda a beneficio del constructor, sino a disposición del Director de Obra para enjugar los aumentos en unidades o mejoras que pudieran surgir durante la ejecución de los trabajos.

3. CONDICIONES PARTICULARES DE ÍNDOLE TÉCNICA

3.1. OBRA CIVIL

3.1.1. *Material para asiento de tuberías*

La capa de asiento de las tuberías será de arena de tamaño comprendido entre ocho (8) décimas de milímetro y quince (15) milímetros.

Serán materiales limpios, desprovistos de terrones de arcilla y con un equivalente de arena superior al veinte por ciento (20%).

3.1.2. *Materiales para relleno de zanjas*

El material a emplear en rellenos seleccionados de zanjas, será suelo seleccionado que se obtendrá de las excavaciones o de préstamos que se definan. Cumplirá las siguientes condiciones:

- No contendrá elementos o piedras de tamaño superior a ocho (8) cm y su cernido por el tamiz 0.080 UNE será menor que el 25% en peso.
- Su límite líquido será inferior a treinta (30) (LL<30) y su índice de plasticidad menor que diez (IP<10).
- La densidad máxima de compactación en el ensayo Próctor Normal no será inferior a 1950 kg/m³.
- Estará exento de materia orgánica.

Tras el relleno seleccionado descrito se procederá al tapado del resto de la zanja excavada, con terrenos de relleno ordinario.

El material a emplear para rellenos ordinarios de zanjas será suelo tolerable procedente de excavaciones o préstamos. Cumplirán las siguientes condiciones:

- No contendrá más de un veinticinco por ciento (25%) en piedras cuyo tamaño exceda de quince centímetros (15 cm).
- Su límite líquido será inferior a cuarenta (LL<40) o simultáneamente: límite líquido menor de sesenta y cinco (LL<65) e índice de plasticidad mayor de sesenta y seis centésimas de límite líquido menos nueve [IP> (0.66LL-9)].
- La densidad máxima correspondiente al ensayo Próctor Normal no será inferior a 1750 kg/m³.
- Se procurará realizar el relleno ordinario por tongadas, con materiales más finos en las primeras capas. La última capa será de terreno vegetal.

3.1.3. **Tablas para encofrados**

La madera empleada para encofrados de hormigón, estará perfectamente seca, sin nudos y tendrá la suficiente rigidez para soportar, sin deformaciones, el peso, empujes laterales y cuantas acciones pueda transmitir el hormigón, directa o indirectamente.

Tanto las superficies de los encofrados, como los productos que a ellas se puedan aplicar, no deberán contener sustancias perjudiciales para el hormigón.

Para su utilización deberán contar con la aprobación del Director de Obra.

3.1.4. **Áridos para hormigones**

Los áridos para la fabricación de hormigones cumplirán las condiciones impuestas en el artículo 28º de la Instrucción de Hormigón Estructural.

Los áridos, una vez limpios y clasificados, se almacenarán de forma que no se mezclen con materiales extraños. La dirección de Obra podrá precisar la capacidad de almacenamiento de las diferentes categorías de áridos teniendo en cuenta el ritmo de hormigonado. Se tomarán todas las precauciones necesarias para que los limos que se puedan acumular sobre el área de almacenamiento o los silos, no puedan entrar a formar parte de los hormigones.

Los áridos más finos serán almacenados al abrigo de la lluvia y la Dirección de Obra fijará el límite por debajo del cual se tomarán dichas precauciones.

El tamaño máximo de árido será de 40 milímetros para el hormigón de limpieza y de 30 milímetros en el resto de los casos. El noventa por ciento (90 %) de las partículas de árido, saturadas de agua y superficialmente secas, tendrán una densidad determinada según el método de ensayo UNE 7140 y UNE 7083, superior a los límites siguientes:

- Áridos finos (menor de 5 mm, tamiz 5 UNE 7950) = 2,60 (t/m³) de densidad mínima
- Áridos gruesos (mayor de 5 mm, tamiz 5 UNE 7050) = 2,60 (t/m³) de densidad mínima.

La absorción de agua medida según las normas UNE 7140 y 7983 no será superior al dos por ciento (2%) para los áridos gruesos ni al tres por ciento (3%) para los áridos finos.

El coeficiente de desgaste “Los Ángeles”, hallado según normas NLT 149/63 y ASTM C-131-51, para la granulometría E, será inferior a un treinta y dos por ciento (32%).

Se prohíbe el empleo de áridos con recubrimiento de arcilla o polvo. El contenido en arcilla y limo, el tanto por ciento de peso de los áridos finos, no será nunca superior al dos por ciento (2%).

El número de tamaños o clases de áridos para los hormigones, una vez clasificados y lavados será, como mínimo de tres (3), de forma que no existirá ningún tamaño cuyo contenido en la composición del hormigón será inferior al ocho por ciento (8%) ni superior al treinta y cinco por ciento (35 %) del total de los áridos en peso.

Los tamaños en los que se clasificarán los áridos para hormigones, salvo que la Dirección de Obra autorizase otra cosa, serán los siguientes:

- Arena de 0,08 a 5 mm.
- Gravilla de 5 a 15 mm.
- Grava de 15 a 80 mm.

El setenta y cinco por ciento (75 %) de cada clase o tamaño árido mayor de cinco milímetros (5 mm) tendrá un coeficiente de forma, relación entre el volumen de la partícula y el volumen de la esfera que la circunscribe, determinado según la Norma UNE 7238, igual o superior a dieciocho centésimas (0,18).

El contenido de agua libre en los áridos en el momento de pasar a los aparatos de dosificación del hormigón será inferior a los límites siguientes, en peso de los áridos saturados superficialmente secos:

- Arena..... 7%
- Áridos gruesos ... 4%

3.1.5. Agua

El agua utilizada, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, no debe contener ningún ingrediente dañino en cantidades tales que afecte a las propiedades del hormigón o a la protección de las armaduras frente a la corrosión. En general, podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica. Deberá cumplir con las exigencias impuestas en el artículo 27º de la Instrucción de Hormigón Estructural, aprobado por Real Decreto 2661/1998 de 11 de diciembre (EHE).

3.1.6. Hormigones

Los hormigones que se utilicen en la obra cumplirán las condiciones impuestas por la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Los hormigones utilizados para limpieza y regularización de la excavación realizada para las obras de fábrica, alcanzarán una resistencia característica mínima de 200 N/mm² en obra, a los 28 días.

Los hormigones que se utilicen en masa en obras de fábrica alcanzarán una resistencia característica mínima de 20 N/mm² (HM-20) en zonas sin presencia de sulfatos y de 300 N/mm² en las zonas con presencia de sulfatos (HM-30). Todos ellos medidos en obra, a los 28 días.

Los hormigones utilizados para armar en obras de fábrica deberán alcanzar una resistencia característica mínima de 250 N/mm² (HA-25) en zonas sin presencia de sulfatos y de 300 N/mm² en las zonas con presencia de sulfatos (HA-30). Todos ellos medidos en obra, a los 28 días.

La consistencia de los hormigones se medirá según el Cono de Abrams, según indica la norma EHE-08. Los hormigones que se utilicen en esta obra deberán tener el siguiente asiento del Cono de Abrams:

- Entre 6 y 9 cm para los hormigones de consistencia blanda.
- Inferior a 2 cm para el hormigón de consistencia seca.

3.1.7. Barras corrugadas para armaduras

Las armaduras a emplear en los hormigones serán de acero B-500-S y estarán constituidas por: barras corrugadas, mallas electrosoldadas o armaduras básicas electrosoldadas en celosía, según la EHE.

3.2. INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO

3.2.1. Tuberías plásticas.

Las tuberías de PVC (cloruro de polivinilo) y PEBD (polietileno de baja densidad) tendrán el diámetro y presión indicados en los Anejos a la Memoria y Cuadros de Precios del Proyecto.

Las tuberías de PVC habrán de cumplir la Norma UNE 53112, mientras que las tuberías de PEBD deberán cumplir la Norma UNE 53131.

Las uniones de las tuberías de PVC se efectuarán mediante junta elástica, de forma que se evite cualquier tipo de pérdida de presión, y las de las tuberías de PEBD con juntas mecánicas.

El Contratista presentará al Ingeniero Director documentos del fabricante que acrediten las características del material. Se rechazarán aquellas tuberías que presenten irregularidades en su superficie y se aparten de las medidas indicadas por el fabricante.

3.2.2. Tuberías emisoras

Las características de las tuberías emisoras con gotero integrado serán las especificadas en la Memoria y Anejos del presente Proyecto. La Propiedad podrá fijar su marca de procedencia, debiendo atenerse a ello el Contratista siempre que el coste de suministro no supere el que figura en el Cuadro de Precios del Proyecto.

3.2.3. Piezas especiales

Se preferirán los sistemas en los que los acoplamientos sean del mismo material que las tuberías. Por tanto, las piezas especiales (tés, codos, etc.) serán de PVC y, al igual que las juntas de unión de tuberías, deberán resistir los esfuerzos de cobertura o empuje exterior, consecuencia de la presión máxima interior y del esfuerzo dinámico debido a la velocidad del agua. Asimismo, se comprobará la estanqueidad de los acoplamientos y las juntas.

3.2.4. Válvulas

Las válvulas serán de construcción simple y robusta, fáciles de montar y usar y de larga duración. Serán de accionamiento automático, de forma que se conseguirá el cierre absoluto del paso de agua por las conducciones. El cierre será progresivo para evitar que un cierre brusco provoque golpes de ariete.

3.2.5. Cabezal de riego

El cabezal de riego constará de los elementos indicados en la Memoria y Anejos del presente Proyecto y que se ilustran en el Plano correspondiente, quedando protegido por la caseta de riego que se colocará a tal efecto.

3.2.6. Grupo motor – bomba

La bomba será capaz de suministrar el agua a la presión y caudal que se detalla en la Memoria y Anejos del Proyecto. La casa comercial suministradora de la bomba se responsabilizará del transporte e instalación definitiva y la comprobación del buen funcionamiento de la misma, según las pruebas que el Ingeniero Director considere oportunas.

En caso de avería de la bomba en plena temporada de riego, la casa suministradora se comprometerá a su arreglo en el plazo de 48 horas.

3.3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

3.3.1. Generador fotovoltaico

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar certificados por algún laboratorio reconocido (por ejemplo, Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, Joint Research Centre Ispra, etc.), lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.

	STC	NOCT
Potencia máxima (W)	175	126
Tensión en MPP (V)	35,4	31,5
Corriente en MPP (A)	4,94	3,95
Corriente de cortocircuito – I _{sc} (A)	5,45	4,41
Tensión de circuito abierto – V _{oc} (V)	43,6	39,7
Tensión nominal (V)	24	
Eficiencia del módulo (%)	14	

Tabla 1. Características técnicas del módulos fotovoltaico.

En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la Memoria de Solicitud justificación de su utilización y deberá ser aprobada por el IDAE.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65 como mínimo.

Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 10\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

3.3.2. Estructura de soporte

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Documento Básico de Seguridad Estructural, en lo que se refiere a Acciones en la Edificación (DB-SE AE: Acciones en la Edificación), del CTE.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos. La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma correspondiente. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

La estructura soporte será calculada según la norma correspondiente del CTE para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, será de aplicación el Documento Básico de Seguridad Estructural en lo referente a Acero (DB-SE A: Acero) para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

3.3.3. Inversor de aislada

Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija (valor eficaz de la tensión y frecuencia de salida fijos). Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes.

Se utilizará un inversor que se ajuste a las características técnicas descritas a continuación.

Tensión nominal (V)	24
Rango de tensión de entrada (V)	19 - 36
Tensión de salida (V)	230 ± 2%
Frecuencia de salida (Hz)	50 ± 1%
Potencia de salida (W)	800
Pico de potencia (W)	1.600
Eficiencia máxima (%)	94

Tabla 2. Características técnicas del inversor.

Los inversores serán de onda senoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de éstas.

El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida estén en los siguientes márgenes, en cualquier condición de operación:

$$V_{\text{NOM}} \pm 5 \%, \text{ siendo } V_{\text{NOM}} = 220 V_{\text{RMS}} \text{ o } 230 V_{\text{RMS}}$$

$$50 \text{ Hz} \pm 2\%$$

El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque, sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.

Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2 % de la potencia nominal de salida.

Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5 % del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de “stand-by” para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío (sin carga).

El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites especificados en la siguiente tabla:

TIPO DE INVERSOR		Rendimiento al 20% de la potencia nominal	Rendimiento a potencia nominal
Onda senoidal (*)	$P_{NOM} \leq 500 \text{ VA}$	>85%	>75%
	$P_{NOM} > 500 \text{ VA}$	>90%	>85%
Onda no senoidal		>90%	>85%

Tabla 3. Rendimiento del inversor.

(*) Se considerará que los inversores son de onda senoidal si la distorsión armónica total de la tensión de salida es inferior al 5% cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde el 20 % hasta el 100 % de la potencia nominal.

Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos, la siguiente información:

- Potencia nominal (VA).
- Tensión nominal de entrada (V).
- Tensión (V) y frecuencia (Hz) nominales de salida.
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie – Polaridad y terminales.

3.3.4. Regulador de carga

Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida. La precisión

en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1 %.

- La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.
- La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de $-4\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ a $-5\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ por vaso, y estar en el intervalo de $\pm 1\%$ del valor especificado.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes estrategias de regulación atendiendo a otros parámetros, como por ejemplo, el estado de carga del acumulador. En cualquier caso, deberá asegurarse una protección equivalente del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas.

Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos en la línea de consumo.

El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de:

- Corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en CEM.
- Corriente en la línea de consumo: un 25 % superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

El regulador de carga debería estar protegido contra la posibilidad de desconexión accidental del acumulador, con el generador operando en las CEM y con cualquier carga. En estas condiciones, el regulador debería asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores al 4% de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal), para sistemas de menos de 1 kW, y del 2 % de la tensión nominal para sistemas mayores de 1 kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de generador y corriente en la línea acumulador-consumo igual a la corriente máxima especificada para el regulador.

Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía.

Las tensiones de reconexión de sobrecarga y sobredescarga serán distintas de las de desconexión, o bien estarán temporizadas, para evitar oscilaciones desconexión-reconexión.

El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal (V)
- Corriente máxima (A)
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- Polaridad de terminales y conexiones

3.3.5. Baterías

Los acumuladores serán de plomo-ácido, preferentemente estacionarios y de placa tubular.

Para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador (en Ah) no excederá en 25 veces la corriente (en A) de cortocircuito en CEM del generador

fotovoltaico. En el caso de que la capacidad del acumulador elegido sea superior a este valor (por existir el apoyo de un generador eólico, cargador de baterías, grupo electrógeno, etc.), se justificará adecuadamente.

La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal del acumulador) no excederá el 80 % en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que estas sobredescargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no superará el 60 %.

Se protegerá, especialmente frente a sobrecargas, a las baterías con electrolito gelificado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

La capacidad inicial del acumulador será superior al 90 % de la capacidad nominal. En cualquier caso, deberán seguirse las recomendaciones del fabricante para aquellas baterías que requieran una carga inicial.

La autodescarga del acumulador a 20°C no excederá el 6% de su capacidad nominal por mes.

La vida del acumulador, definida como la correspondiente hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80 % de su capacidad nominal, debe ser superior a 1000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50 % a 20°C.

El acumulador será instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante. En cualquier caso, deberá asegurarse lo siguiente:

- El acumulador se situará en un lugar ventilado y con acceso restringido.
- Se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

Cada batería, o vaso, deberá estar etiquetado, al menos, con la siguiente información:

- Tensión nominal (V)
- Polaridad de los terminales
- Capacidad nominal (Ah)
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

3.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.4.1. Clasificación eléctrica

El subsistema de generación está situado a la intemperie y el subsistema de acondicionamiento de energía en un local en el que se ubica el sistema de bombeo de la instalación de riego (caseta de riego) por lo que la clasificación del local será de "Local mojado".

Se consideran locales mojados aquéllos en los que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde se vean aparecer, aunque sólo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua debido a la condensación o bien estar cubiertos con vaho durante largos períodos así como las instalaciones a la intemperie.

De acuerdo con la ITC-BT-30, las instalaciones en locales mojados cumplirán los siguientes requerimientos:

- Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes o conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que ofrezcan un grado de estanqueidad mínima de IP-X4.
- Todas las cajas de conexiones y cuadros eléctricos, situados en el exterior presentarán un grado de estanqueidad, de cómo mínimo IP-X4.
- El acceso a las cajas o cuadros se realizará mediante prensaestopas cuyo grado de estanqueidad no comprometerá el grado de estanqueidad del conjunto.
- Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos en superficie según lo especificado en la ITC-BT-21, pero dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 4.
- Todos los circuitos dispondrán de adecuados elementos de protección en origen.

3.4.2. Canalizaciones aéreas bajo tubo

Comprende el montaje de tubos de PVC, así como los accesorios necesarios para la protección y conducción de cables.

Para cada aplicación se indicará si los tubos se instalarán empotrados o montados sobre la superficie.

Los extremos de los conductos deberán protegerse mediante piezas de plástico adecuadas con el fin de evitar la entrada de polvo, humedad u otras sustancias extrañas, así como para proteger las roscas durante el almacenamiento, transporte y descarga de las piezas.

Durante el periodo de construcción todos los extremos de conducciones que hayan de quedar abiertos temporalmente se taponarán contra la entrada de polvo y humedad.

Todo el tubo, las cajas y accesorios que integren la instalación, o parte de ella, serán instalados antes del tendido de cables, no debiéndose desmontar el tubo para facilitar la instalación de cables. El tubo será limpiado interiormente antes de tender los cables.

Todos los cables serán de un solo tramo de extremo a extremo, por lo que deberán instalarse los accesorios necesarios para hacer el tirador del cable.

Se escariarán y alisarán los extremos de los tubos con herramientas adecuadas para quitar las rebabas resultantes de los cortes de los tubos, a fin de evitar daños a cables y se instalarán boquillas de protección.

No se montarán codos, sino que se harán curvas abiertas protegiendo los extremos de los conductos con boquillas para evitar que se dañen los cables.

El trazado del tubo deberá armonizar en tanto sea posible con la estructura del entorno. El recorrido del tubo será de dirección vertical y horizontal, excepto donde sea deseable seguir la línea de algún elemento constructivo.

Los recorridos realizados no serán expuestos a daños de carácter mecánico, por lo que se realizarán los trabajos necesarios para su protección.

En general, los tubos vistos siguen caminos paralelos o en ángulo recto a las vigas y paredes y se fijarán adecuadamente a la estructura. El distanciamiento entre soportes no será superior a 3 metros.

Los conductos deben quedar firmemente soportados.

Cuando varios cables se instalen en un mismo tubo, todos los cables se tenderán simultáneamente. Los cables serán peinados antes de tenderlos y se tendrá cuidado de evitar los retorcimientos durante el tendido. Sólo se permitirá la utilización de talco como lubricante para facilitar el tendido de cables. El grado de ocupación del tubo será determinado por la legislación vigente.

3.4.3. Cables

Se consideran cables de baja tensión los que corresponden a una tensión asignada de servicio inferior o igual a 1.000 V.

Los cables de baja tensión cumplirán con la Norma UNE 21123-2 ó UNE 21123-4, tendrán aislamiento de polietileno reticulado. Estos cables corresponden a los tipos RV 0,6/1 kV ó RZ1 0,6/1 kV.

Los cables serán unipolares y el conductor podrá ser de cable electrolítico de tipo recocido o de aluminio homogéneo.

3.4.4. Cajas de conexión

Las cajas de conexión serán, preferiblemente, de poliéster de alta resistividad a la corrosión y degradación. El grado de protección de la caja será IP55.

Las entradas de cables a las cajas se preverán, si es posible, por la parte inferior de las mismas y se realizará una coca con el cable, si el diámetro de éste lo permite. Se evitará la entrada de cables por la parte superior de las cajas.

El tamaño de las cajas será el adecuado para contener el número de bornas señalado y el número de entradas señalado.

La caja llevará en el exterior la identificación.

3.4.5. Red de tierras

La red principal de tierra estará realizada con cable de cobre recocido, sin cubierta exterior y enterrado directamente. La sección mínima del conductor de tierra será de 75 mm². Esta red se conectará al electrodo de tierra para derivar al terreno las cargas eléctricas provenientes de la instalación. Este electrodo estará formado por una pica de cobre de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro mínimo.

La puesta a tierra de la estructura se realizará mediante conductores conectados a la pica e tierra. Este conductor será un cable desnudo de 16 mm² de sección que ascenderá hasta la estructura a través de un pasatubos realizándose la conexión a tierra en un punto definido en la estructura.

La puesta a tierra de los módulos se realizará mediante el contacto directo entre el marco metálico y la estructura de soporte y a través de los puntos de anclaje de los mismos a la estructura.

En función de las características del proyecto, y siempre que el Director del Proyecto lo considere necesario, se podría instalar un cable de cobre desnudo de 16 mm² de sección que parta de la toma de tierra de la estructura y que recorra la estructura en permanente contacto eléctrico con la misma. A este cable se conectará de forma individual cada uno de los módulos fotovoltaicos.

4. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

4.1. OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA.

4.1.1. Remisión de solicitud de ofertas

Por la Dirección Técnica se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones específicas en el presente Proyecto para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado Proyecto o un extracto con los datos suficientes. En el caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación.

El plazo máximo fijado para la recepción de ofertas será de un mes.

4.1.2. Residencia del contratista

Desde que se de principio a las obras, hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado deberá residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento del Ingeniero Técnico Director y notificándose expresamente, la persona que, durante su ausencia le ha de representar en todas sus funciones. Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios de cualquier ramo que, como dependientes de la contrata, intervengan en las obras, y en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia, designada como oficial, de la Contrata en los documentos del proyecto, aún en ausencia o negativa de recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

4.1.3. Reclamaciones contra las órdenes de dirección

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas del Ingeniero Técnico Director sólo podrá presentarlas a través del mismo ante la propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de condiciones correspondientes: contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Ingeniero Director, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al Ingeniero Director el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

4.1.4. Despido por insubordinación, incapacidad o mala fe

Por falta del cumplimiento de las instrucciones del Ingeniero Técnico Director o sus subalternos de cualquier base, encargados de la vigilancia de las obras: por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el Contratista tendrá obligación de sustituir a sus dependientes y operarios, cuando el Ingeniero Técnico Director lo reclame.

4.1.5. Copia de los documentos

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Pliegos de Condiciones, presupuestos y demás documentos de la contrata. El Ingeniero Técnico Director de la Obra, si el Contratista solicita éstos, autorizará las copias después de contratadas las obras.

4.2. TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES.

4.2.1. Libro de órdenes

En la casilla y oficina de la obra, tendrá el Contratista el Libro de órdenes, en el que se anotarán las que el Ingeniero Técnico Director de Obras precise dar en el transcurso de la obra.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es tan obligatorio para el Contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

4.2.2. Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero Técnico Director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación: previamente se habrá suscrito el acta de replanteo.

El adjudicatario comenzará las obras dentro del plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación. Dará cuenta al Ingeniero Director mediante oficio, del día en que se propone iniciar los trabajos, debiendo este dar acuse de recibo.

Las obras quedarán terminadas dentro de plazo de un año.

El Contratista está obligado al cumplimiento de todo cuanto aparece en la Reglamentación Oficial del Trabajo.

4.2.3. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales de índole Técnica" del Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Ingeniero Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que extienden y abonan a buena cuenta.

4.2.4. Trabajos defectuosos

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Técnico Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata.

4.2.5. Obras y vicios ocultos

Si el Ingeniero Técnico Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que supongan defectuosos.

Los gastos de la demolición y de la reconstrucción que se ocasionen, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario correrán a cargo del propietario.

4.2.6. Materiales no utilizables o defectuosos

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los apartados sin que antes sean examinados y aceptados por el Ingeniero Técnico Director, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones, vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. Antes indicados serán a cargo del Contratista.

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero Técnico Director dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los Pliegos o, a falta de estos, a las órdenes de Ingeniero Técnico Director.

4.2.7. Medios auxiliares

Es obligación del Contratista el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras aún cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero Técnico Director y dentro de los límites de posibilidad que los presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista, los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo por tanto al Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Serán asimismo de cuenta del Contratista, los medios auxiliares de protección y señalización de la obra, tales como val 1 lado, elementos de protección provisionales, señales de tráfico adecuadas, señales luminosas nocturnas, etc. Y todas las necesarias para evitar accidentes previsibles en función del estado de la obra y de acuerdo con la legislación vigente.

4.3. RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN

4.3.1. Recepciones provisionales

Para proceder a la recepción provisional de las obras será necesaria la asistencia del Propietario, del Ingeniero Técnico Director de la Obras y del Contratista o su representante debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas se darán por percibidas provisionalmente comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía, que se considerará de tres meses.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Ingeniero Técnico Director debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirando el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Después de realizar un escrupuloso reconocimiento y si la obra estuviese conforme con las condiciones de este Pliego, se levantará un acta por duplicado, a la que acompañarán los documentos justificantes de la liquidación final. Una de las actas quedará en poder de la propiedad y la otra se entregará al Contratista.

4.3.2. Plazo de garantía

Desde la fecha en que la recepción provisional quede hecha, comienza a contarse el plazo de garantía que será de un año. Durante este período, el Contratista se hará cargo de todas aquellas reparaciones de desperfectos imputables a defectos y vicios ocultos.

4.3.3. Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuere menester para su buena conservación, abonándose todo aquello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión de contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero Técnico Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuere preciso realizar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligad el Contratista a revisar y reparar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

El Contratista se obliga a destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará se servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Dirección Facultativa.

4.3.4. Recepción definitiva

Terminado el plazo de garantía, se verificará la recepción definitiva con las mismas condiciones que la provisional, y las obras están bien conservadas y en perfectas condiciones, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad económica, en caso contrario se retrasará la recepción definitiva hasta que, a juicio de Ingeniero Técnico Director de la Obras, y dentro del plazo que se marque, queden las obras del modo y forma que se determinan en este Pliego.

Si el nuevo reconocimiento resultase que el Contratista no hubiere cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de la fianza, a no ser que la propiedad crea conveniente conceder un nuevo plazo.

4.3.5. Liquidación final

Terminadas las obras, se procederá a la liquidación fijada, que incluirá el importe de las unidades de obras realizadas y las que constituyen modificaciones del Proyecto, siempre y cuando hayan sido previamente aprobados por la Dirección Técnica con sus precios. De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Entidad propietaria con el visto bueno del Ingeniero Técnico Director.

4.3.6. Liquidación en caso de rescisión

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatorio, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la rescisión.

4.4. FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS.

4.4.1. Facultades de la dirección de obras

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al Ingeniero Técnico Director expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen bien por sí o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, incluso en todo lo no previsto específicamente en el "Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación", sobre las personas y cosas situadas en la obras y en relación con los trabajos que para la ejecución de los edificios y obras anejas se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar al Contratista, si considera que el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

5. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA

5.1. PRINCIPIO GENERAL

Todos los que intervienen en el proceso de construcción, tienen derecho a recibir puntualmente las cantidades ganadas, por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones estipuladas.

La Propiedad, el Constructor o Contratista y Técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago

5.2. FIANZAS

El Constructor o Contratista prestará fianza con arreglo a cualquiera de los siguientes procedimientos, según se estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 3% y 10% del precio total de contrata.
- Mediante retenciones en las certificaciones parciales o pagos a cuenta, en igual proporción

5.2.1. Fianza provisional

En el caso que las obras se adjudiquen por subasta pública, el depósito provisional, para tomar parte en ella, se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario. Salvo estipulación distinta en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra, será de un 3%, del total del presupuesto de contrata. El Constructor o Contratista, a quien se haya adjudicado la ejecución de la obra o servicio para la misma, deberá depositar en el lugar y plazo fijados, en el anuncio de la subasta o el que se determine en el Pliego de Condiciones Particulares del proyecto, la fianza definitiva que se indique y, en su defecto, su importe será de 10 % de la cantidad, por la que se haga la adjudicación de la obra.

El plazo para depositar la fianza y salvo condición expresada en el Pliego de Condiciones particulares, no excederá de treinta días naturales, a partir de la fecha en el que se comunique la adjudicación. Dentro dicho plazo deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo, que acredite la constitución de la fianza. La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación perdiendo el adjudicatario el depósito provisional, que hubiese hecho para tomar parte de la subasta.

5.2.2. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el Constructor o Contratista se negase a realizar por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra, con las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o bien podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario.

5.2.3. Devolución de fianza en general

La fianza retenida será devuelta al Constructor o Contratista en un plazo que no excederá de treinta días, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra.

La propiedad podrá exigir que el Constructor o Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas, causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

5.3. PRECIOS

5.3.1. Precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Costes Directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos, sistemas técnicos de seguridad y salud, para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc..., debidos al accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalación, utilizadas en la ejecución de la unidad de obra
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Costes Indirectos:

Los gastos de: instalaciones de oficinas a pie de obra, comunicación, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc..., los del personal técnico y administrativo, empleado exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Gastos Generales:

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasa de la Administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos.

Beneficio Industrial:

El beneficio industrial del Constructor o Contratista se establece en un 6% sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución material:

Se denominará Precio de Ejecución material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial.

Precio de Contrata:

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial. El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

5.3.2. Precios e importe de la contrata

En el caso que los trabajos a realizar, se contraten a riesgo y ventura, se entiende por precio de contrata, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento sobre este último precio, en concepto de Beneficio Industrial del Contratista. El beneficio se estima normalmente, en 6 %, salvo que se establezca otro destino.

5.3.3. Precios contradictorios

Si ocurriese algún caso excepcional e imprevisto en el cual fuese necesario la designación de precios contradictorios entre la Propiedad y el Constructor o Contratista, estos precios deberán fijarse por la Propiedad, a la vista de la propuesta del Director de Obra y de las observaciones del Constructor o Contratista. Si éste no aceptase los precios aprobados quedará exonerado de ejecutar las nuevas unidades y la Propiedad podrá contratarlas con otro, en los precios fijados o bien ejecutarlas directamente.

5.3.4. Reclamaciones por el aumento de precios

Si el Constructor o Contratista, antes de firmar el contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ninguna excusa de error u omisión, reclamar el aumento de los precios fijados.

5.3.5. Formas de medir o aplicar precios

En ningún caso, el Constructor o Contratista podrá elegir los usos y costumbres del país en lo referente a la aplicación de los precios o a la forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se seguirá lo previsto al Pliego General de Condiciones Técnicas y al Pliego General de Condiciones Particulares.

5.3.6. Revisión de los precios contratados

Si se contrata las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo que el Calendario, un gasto superior al 3% del importe del presupuesto de Contrato.

Si se producen variaciones al alza, superiores a este porcentaje, se realizará la correspondiente revisión, de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Constructor o Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3%.

En el caso de que el Propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc., que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores a los pedidos por el Contratista, en cuyo caso lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc., adquiridos por el Contratista merced a la información del propietario.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

5.3.7. Reserva de materiales

El Constructor o Contratista está obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por la

Propiedad son, de la exclusiva propiedad de ésta, mientras que de su guarda y conservación será responsable el Constructor o Contratista.

5.3.8. Elementos comprendidos en el presupuesto

Cuando se fijan los precios de las diferentes unidades de obra en el presupuesto, se ha tenido en cuenta el importe de andamios, vallas, elevación y transportes del material, es decir, todos los correspondientes a medios auxiliares de a construcción, así como toda suerte de indemnizaciones, impuestos, multas o pagos que tengan que hacerse por cualquier concepto, con los que se hallen gravados o se graven los materiales o las obras por el Estado, Provincia o Municipio.

Debido a esto, no se abonará al Contratista cantidad alguna por dichos conceptos. En el precio de cada unidad también van comprendidos los materiales accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra completamente terminada y en disposición de percibirse.

5.4. OBRAS POR ADMINISTRACIÓN

5.4.1. Obras por administración directa

Se denominan obras por administración directa aquellas en las que la Propiedad o por mediación de un representante suyo autorizado, que puede ser el propio Ingeniero Director, lleve directamente las gestiones necesarias para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando el transporte a la obra y actuando directamente en todas las operaciones precisas, para que el personal y obreros contratados, por él, puedan realizarla. En estas obras el Constructor o Contratista, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente de la propiedad, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él.

5.4.2. Obras por administración delegada o indirecta

La obra por administración delegada o indirecta es la cual convienen la Propiedad y el Constructor o Contratista para que éste, por cuenta de la Propiedad y como delegado suyo, realice las gestiones y trabajos necesarios que se convengan. Las características particulares de las obras por administración delegada o indirecta son :

- La Propiedad se encontrará obligada a abonar directamente o por mediación del Constructor o Contratista todos los gastos inherentes de la realización de los trabajos convenidos reservándose la Propiedad la facultad de poder ordenar, ella misma o por medio de la representación del Ingeniero Director, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos a emplear en los trabajos y por tanto todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.
- El Constructor o Contratista, tendrá la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares necesarios y por tanto todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo, por ello, de la Propiedad un tanto por ciento prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el Constructor o Contratista.

5.4.3. Liquidación de obras por administración

Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, deberán seguir las normas que a tales fines se establezcan en las „Condiciones particulares de

Indole económica vigentes en la obra, a falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el Constructor o Contratista a la Propiedad, todos ellos conformados por el Ingeniero:

- Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en obra.
- Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, en las que se debe especificar el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando dichas nóminas de una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales, ayudantes de cada oficio, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc....., los cuales hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.
- Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o de retirada de escombros.
- Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra, que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el Constructor o Contratista, ya que su abono es siempre de cuenta de la Propiedad.

Además de todos los gastos inherentes a la propia obra, en cuya gestión o pago haya intervenido el Constructor o Contratista, se le aplicará, a falta de convenio especial, un 15%, entendiéndose que en este porcentaje están incluidos todos los medios auxiliares y de seguridad preventivos de accidentes, además de los gastos generales que al Constructor o Contratista originen los trabajos por administración que realiza y el Beneficio Industrial del mismo.

5.4.4. Abono al constructor o contratista de las cuentas de administración delegada o indirecta

Los abonos al Constructor o Contratista de las cuentas de administración delegada los realizará la Propiedad mensualmente, dependiendo de los partes de trabajo realizados y aprobados por la propiedad o por su delegado representante. Independientemente, el Ingeniero redactará, con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándose con arreglo al presupuesto aprobado. Dichas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al Constructor o Contratista.

5.4.5. Normas para la adquisición de materiales y aparatos

La Propiedad se reserva el derecho de la adquisición de los materiales y aparatos en estos trabajos por administración delegada o indirecta. Si el Constructor o Contratista es autorizado para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar a la Propiedad, o el Ingeniero Director en su representación, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

5.4.6. Responsabilidades del constructor o contratista

En los trabajos de obras por administración delegada, el Constructor o Contratista sólo se hará responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutados y también de los accidentes o perjuicios que pudieran ocurrir a los obreros o a terceras personas, por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. Sin embargo, no se hará responsable del mal resultado que pudiese dar los materiales y aparatos elegidos.

En virtud de lo anteriormente establecido, el Constructor o Contratista está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes.

5.5. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA

5.5.1. Limpieza y desbroce del terreno

Se abonará por metro cuadrado (m^2), según el precio del Cuadro de Precios.

Se entiende por metro cuadrado de despeje y desbroce a la superficie en planta realmente desbrozada a una profundidad mínima de 20 cm, midiendo la longitud según el eje de la traza.

Sólo se abonará la superficie ocupada por desmontes y terraplenes o las obligadas a desbrozar por el Ingeniero Director de las Obras. En el precio del desbroce se incluyen todas las operaciones del mismo, incluidos el talado de árboles, troceado, apilado y transporte de los productos a vertedero o al lugar indicado por el Director de las Obras.

5.5.2. Excavación de depósito

Se medirán y abonarán por su volumen (m^3) deducido de las líneas teóricas de los planos y órdenes de la Dirección de la Obra.

El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias para la excavación, incluso el transporte a vertedero o a depósitos de los productos sobrantes, el refinó de las superficies de la excavación, la tala y descuaje de toda clase de vegetación, las entibaciones y otros medios auxiliares, la construcción de desagües para evitar la entrada de aguas superficiales y la extracción de las mismas, el desvío o taponamiento de manantiales y los agotamientos necesarios.

No serán abonables los trabajos y materiales que hayan de emplearse para evitar posibles desprendimientos, ni los excesos de excavación que por conveniencia u otras causas ajenas a la Dirección de Obra, ejecute el Constructor.

No serán de abono los desprendimientos, salvo en aquellos casos que se pueda comprobar que fueron debidos a una fuerza mayor. Nunca lo serán los debidos a negligencia del constructor o a no haber cumplido las órdenes de la Dirección de Obra. Los precios fijados para la excavación serán validos para cualquier profundidad, y en cualquier clase de terreno.

5.5.3. Excavación de zanja para tuberías

Se medirán y abonarán por metro lineal (ml) de zanja abierta con una profundidad máxima de 100 cm y 50 cm en la base de la zanja con talud 1/3 según el precio del Cuadro de Precios.

5.5.4. Rellenos

Se medirán y abonarán por metros cúbicos (m^3), ya compactados, sobre planos o perfiles transversales al efecto. El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias para la realización de la unidad, así como el aporte de los materiales acordes con las especificaciones, medio auxiliares, etc... para obtener la unidad de obra terminada totalmente, cumpliendo las exigencias marcadas en el proyecto.

En el caso de que se ocasionen excesos de rellenos motivados por sobreexcavaciones sobre las líneas teóricas o marcadas por la Dirección de Obra, estará el Constructor obligado a realizar estos rellenos en exceso a su costa, pero cumpliendo las especificaciones de calidad, todo ello siempre que no exista causa de fuerza mayor que lo justifique. Los precios fijados para el relleno a distintas profundidades se aplicarán en cada caso a toda la altura del mismo.

5.5.5. Encofrados

Los encofrados se medirán por metro cuadrado (m^2) de superficie de hormigón realmente encofrado, medidos sobre planos. A tal efecto los forjados se considerarán encofrados por la cara inferior y bordes laterales y las vigas por sus laterales y fondos.

El precio de los encofrados incluye los materiales, mano de obra y medios auxiliares empleados en la confección del encofrado así como las operaciones de encofrar y desencofrar. También están incluidos los elementos de rigidización, latiguillos, clavazón, soportes y los apeos y atirantados que resulten necesarios.

5.5.6. Hormigones

Se medirán y abonarán por metros cúbicos (m^3). resultantes de aplicar a los distintos elementos hormigonados las dimensiones acotadas en los planos y ordenadas por la Dirección de Obra.

Quedan incluidos en el precio de los materiales, mano de obra, medios auxiliares, encofrado y desencofrado, fabricación, transporte, vertido y compactación, curado, realización de juntas y cuantas operaciones sean precisas para dejar completamente terminada la unidad de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

En particular quedan asimismo incluidas las adiciones, tales como plastificantes, acelerantes, retardantes, etc... que sean incorporadas al hormigón, bien por imposiciones de la Dirección de Obra o por aprobación de la propuesta del Constructor. No serán de abono las operaciones que sea preciso efectuar para limpiar y reparar las superficies de hormigón que acusen irregularidades de los encofrados o presenten defectos que a juicio de la Dirección Facultativa exijan tal actuación.

No han sido considerados encofrados para los distintos elementos de la cimentación, debiendo el Contratista incluirlos en su precio si estimase este encofrado necesario.

5.5.7. Armaduras

Las armaduras se medirán y abonarán por su peso teórico (kg), obtenido de aplicar el peso del metro lineal de los diferentes diámetros a las longitudes acotadas en los planos.

Quedan incluidos en el precio los excesos por tolerancia de laminación, empalmes no previstos y pérdidas por demérito de puntas de barra, lo cual deberá ser tenido en cuenta por el constructor en la formación del precio correspondiente, ya que no serán abonados estos conceptos.

El precio asignado incluye los materiales, mano de obra y medios auxiliares, para la realización de las operaciones de corte, doblado y colocación de las armaduras en obra, incluso los separadores y demás medios para mantener los recubrimientos de acuerdo con las especificaciones de proyecto.

No serán de abono los empalmes que por conveniencia del constructor sean realizados tras la aprobación de la Dirección de Obra y que no figuren en los planos.

5.5.8. Forjados

Se medirán y abonarán por metros cuadrados (m^2) realmente ejecutados y medidos por la cara superior del forjado descontando los huecos por sus dimensiones libres en estructura sin descontar anchos de vigas y pilares.

Quedan incluidos en el precio asignado al metro cuadrado los macizados en las zonas próximas a vigas de estructura, los zunchos de borde e interiores incorporados en el espesor del forjado, e incluso la armadura transversal de reparto de la capa de compresión y la de negativos sobre apoyos.

El precio comprende además los medios auxiliares, mano de obra y materiales, así como las cimbras, encofrados, etc... necesarios.

5.5.9. Asiento de tuberías

Los tramos en que sea necesaria la ejecución de un asiento de arena se medirán por metros cúbicos (m^3) de material de asiento ejecutados al precio del Cuadro de Precios.

El precio incluye el rasanteo y compactación del fondo, extendido de la cama de arena, compactación de la misma, colocación y arriñonado de la tubería y tapado del resto de la zanja.

5.5.10. Tuberías

Se medirán y abonarán por metro lineal (ml). realmente ejecutados sobre unidad. totalmente terminada, sin incremento alguno por empalmes o enchufes, piezas especiales, etc... que quedará incluido en el metro lineal especificado.

El precio comprende los materiales, mano de obra, medios auxiliares, excavación de tierras, rellenos, etc... necesarios para dejar completamente terminada la unidad. Incluye asimismo, la base de asiento según las especificaciones del proyecto u órdenes de la Dirección de Obra, realización de corchetes de ladrillo, fijaciones, etc...

5.5.11. Válvulas hidráulicas

Se abonarán por unidades completamente colocadas y probadas, al precio del Cuadro de Precios.

5.5.12. Desagües de sector

Se abonarán por unidades completamente colocadas y probadas, al precio del Cuadro de Precios.

5.5.13. Autómata y solenoides

Los autómatas se abonarán por unidades completamente colocadas y probadas, al precio del Cuadro de Precios Nº 1.

Los solenoides se abonarán por número de unidades realmente colocadas, a los precios del Cuadro de Precios Nº 1.

5.5.14. Grupo motor – bomba

El precio de unidad de bomba así como el de unidad de motor, incluye la adquisición, transporte, montaje, pintura, placas de asiento, tejadillo protector, unión entre ambos, así como las pruebas en fábrica y en estación de bombeo una vez instaladas.

5.5.15. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico se medirá por unidad completamente colocada y probada, al precio del Cuadro de Precios Nº 1.

5.5.16. Estructura de soporte

La estructura de soporte del generador fotovoltaico se medirá por unidad completamente colocada y probada, al precio del Cuadro de Precios Nº 1.

5.5.17. Inversor

El inversor se medirá por unidad completamente colocada y probada, al precio del Cuadro de Precios Nº 1.

5.5.18. Regulador de carga

El regulador de carga se medirá por unidad completamente colocada y probada, al precio del Cuadro de Precios Nº 1.

5.5.19. Baterías

Las baterías se medirán por unidad completamente colocada y probada, al precio del Cuadro de Precios Nº 1.

5.5.20. Conductores eléctricos

Se medirán y abonarán por metro lineal (ml) realmente ejecutado sobre unidad totalmente terminada, sin incremento alguno por pequeños materiales eléctricos que quedarán incluidos en el metro lineal especificado.

5.5.21. Cuadros de protección

Se medirán y abonarán por unidad completamente colocada y probada, al precio del Cuadro de Precios Nº1.

5.5.22. Red de tierra

La red de tierra se abonará por unidad completamente colocada y probada, al precio del Cuadro de Precios Nº 1.

5.5.23. Formas de abono de las obras

Según sea la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el Pliego Particular de Condiciones económicas se indique de forma contraria, el abono de los trabajos se efectuará de la siguiente manera:

- Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.
- Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Ingeniero Director. Se abonará al Constructor o Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.
- Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente Pliego General de Condiciones económicas determina.

Por hora de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

5.5.24. Relaciones valoradas y certificaciones

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los Pliegos de Condiciones Particulares que se rijan en la obra, formará el Constructor o Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que haya practicado el Ingeniero.

Lo ejecutado por el Constructor o Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas.

Al Constructor o Contratista, que podrá presenciar de las mediciones necesarias para extender dicha relación, el Ingeniero le facilitará los datos correspondientes de la relación valorada, conjuntamente con una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez días, a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el Constructor o Contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad, o en caso contrario, realizar las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. En el plazo de los diez días siguientes a su recibo, el Ingeniero Director aceptará o rechazará las reclamaciones del Constructor o Contratista, si las hubiese, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste en el segundo caso, acudir ante la Propiedad contra la resolución del Ingeniero Director, de la manera indicada en los Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales.

El Ingeniero Director expedirá la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito de la Propiedad, podrá certificarse hasta 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto.

Las certificaciones se remitirán a la Propiedad, dentro del mes siguiente al período a que se refiere, y tendrán el carácter de documento, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a qué la valoración se refiere. En el caso de que el Ingeniero Director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

5.5.25. Pagos

Los pagos se realizarán por partes de la Propiedad en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Ingeniero Director.

5.5.26. Abono de trabajos realizados durante el periodo de garantía

Durante el plazo de garantía si se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá de la siguiente manera:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el proyecto, y sin causa justificada el Constructor o Contratista no los hubiera realizado a su debido tiempo, si el Ingeniero Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los Pliegos Particulares o en su defecto en los Generales.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Constructor o Contratista.

5.6. INDEMNIZACIONES MUTUAS

5.6.1. Indemnización por retraso no justificado en el plazo determinación de las obras

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

5.6.2. Demora de los pagos

Si la Propiedad no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido, el Constructor o Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 4,5% anual, en concepto de interés de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Constructor o Contratista a la resolución del contrato procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que estos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada. No obstante, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos cuando el constructor o Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados

admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

5.7. VARIOS

5.7.1. Unidades de obra defectuosas pero aceptables

Si a juicio de Ingeniero Director de las obras es una unidad de obra es defectuosa pero aceptable, éste determinará el precio después de escuchar al Constructor o Contratista, el cuál deberá conformarse con dicha resolución, salvo que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin sobrepasar el plazo.

5.7.2. Seguro de la obra

El Constructor o Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva. La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en una cuenta a nombre de la Propiedad, para que se abone la obra a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Constructor o Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción de la parte siniestrada. La infracción de lo dicho será motivo suficiente para que el Constructor o Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc... y una indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados por el Ingeniero Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de instalaciones que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte de la instalación afectada por la obra. Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza de Seguros, los pondrá el Constructor o Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento de la Propiedad, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos

5.7.3. Conservación de la obra

En el caso de que el Constructor o Contratista, siendo su obligación, no atienda a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, o en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por la Propiedad antes de la recepción definitiva, el Ingeniero Director, en representación de ésta, dispondrá de todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuneta de la contrata.

Cuando el Contratista abandone las instalaciones está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero director fije. Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación de las instalaciones corra a cargo del Constructor o Contratista, no deberá haber en él más herramientas útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso efectuaren todo caso, ocupado o no las instalaciones, está obligado al Contratista a revisar y reparar la obra, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones Económicas.

6. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

6.1. JURISDICCIÓN

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigable componedores nombrados en un número igual por ellas y presidido por el Ingeniero Director de Obra y, en último término, a los Tribunales de Justicia del lugar en que radique la Propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

El Contratista se obliga a lo establecido en la ley de Contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de Accidentes de Trabajo, Subsidio Familiar y Seguros Sociales.

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado y la policía del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realicen durante las obras, actos que mermen o modifiquen la propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Ingeniero Director. El Contratista es responsable de toda falta relativa a la Urbana y a las Ordenanzas Municipales a estos aspectos vigentes en la localidad en la que la edificación esté emplazada.

6.2. ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS

En caso de accidentes ocurridos con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos, en la legislación vigente, y siendo, en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que, por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los obreros o viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

El contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.

6.3. PAGO DE ÁRBITROS

El pago de impuestos y árbitros en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras por concepto inherente a los propios trabajos que se realizan correrá a cargo de la Contrata, siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, el Contratista deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que el Ingeniero Director considere justo hacerlo.

6.4. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO

Se considerarán causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1. La muerte o incapacidad del Contratista.
2. La quiebra del Contratista.
En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquellos derecho de indemnización alguna.
3. Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - a) La modificación del Proyecto en forma tal que presente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Ingeniero Director y, en cualquier caso siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente, en más o menos del 40%, como mínimo, de algunas unidades del Proyecto modificadas.
 - b) La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o menos, del 40%, como mínimo de las unidades del Proyecto modificadas.
4. La suspensión de la obra comenzada y, en todo caso, siempre que, por causas ajenas a la Contrata, no se de comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses, a partir de la adjudicación, en este caso, la devolución de la fianza será automática.
5. La suspensión de la obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido un año.
6. El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.
7. El incumplimiento de las condiciones del Contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.
8. La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a esta.
9. El abandono de la obra sin causa justificada.
10. La mala fe en la ejecución de los trabajos.

En Pamplona, a 31 de agosto de 2.011

Ignacio García Ruiz

Alumno de Ingeniero Agrónomo

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Documento N°5

ESTADO DE MEDICIONES

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO	5
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	5
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	5
SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS	6
SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA	6
CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO	7
SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	7
SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	8
SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS	8
SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA	9
SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO	9
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO.....	9
SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS	10
CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	11
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS	11
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS.....	11
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	12
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES.....	12
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES	12

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO							
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS							
E02119	m3 CAMA DE GRAVA PARA ASIENTO Cama de grava para asiento de tubería. Obra de toma	1	10,000	0,500	0,100	0,500	0,50
E02120	m APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes. Obra de toma	1	3,000			3,000	3,00
E02121	m3 EXCAVACIÓN DEPÓSITO TODO TERRENO Excavación en construcción de depósito, en cualquier clase de terreno (materiales duros como gravas, margas y yesos o materiales blandos/fangosos), incluyendo carga y transporte a vertedero y/o extendido. Depósito	1	14,600	10,100		147,460	147,46
E02122	m2 DESBROCE Y LIMPIEZA ESPESOR MÁXIMO 20 cm, D<= 20 m Desbroce y despeje de la vegetación herbácea, con un espesor máximo de 20 cm, incluidas las excavaciones y el transporte de la capa vegetal hasta fuera del área de ocupación de la obra, a una distancia de transporte máxima de 20 m. Depósito	1	15,70	11,20		175,84	175,84
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN							
E02125	m2 FOR.PLAC.ALVEO.c=25;HA-25/P/20 Forjado de placa alveolada prefabricada de hormigón, canto 25 cm., con capa de compresión de 5 cm. de hormigón HA-25/P/20/I, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado y armadura de reparto de 15x30x6 con ayuda de grúa telescópica para montaje, terminado según EF-HE.	1	12,50	8,20		102,50	102,50
E02123	kg ACERO REDONDOS B-500-S Acero especial B-500-S en redondos, colocado. Losa Muros		1748 3847			1.748,000 3.847,000	5.595,00
E02124	m2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO BERENJENOS Encofrado por una cara y desencofrado en madera, incluso berenjenos. Losa Muros	2 2 4 4		13,100 8,600 13,100 8,000	0,300 0,300 3,100 3,100	7,860 5,160 162,440 99,200	274,66

ESTADO DE MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
E02126	m3 HORMIGÓN ARMAR HA-25/B/15-20/IIa+Qb Hormigón para armar HA-25/B/15-20/IIa+Qb, colocado y vibrado.						
	Losa	1	13,100	8,600	0,300	33,798	
	Muros	2	13,100	0,300	3,100	24,366	
		2	8,000	0,300	3,100	14,880	
							73,04
E02127	ud PATE POLIPROPILENO Pate de polipropileno con alma metálica, colocado.						
	Depósito	8				8,000	
							8,00
E02128	m3 HORMIGÓN EN MASA, HM-20/B/15-20/IIa+Qb Hormigón en masa HM-20/B/15-20/IIa+Qb, en limpieza, regularización y rellenos, colocado.						
	Depósito	1	13,500	9,000	0,200	24,300	
	Base caseta	1	1,100	2,650	0,300	0,875	
							25,18
E02129	m2 REJILLA TIPO TRAMEX Rejilla tipo Tramex, compuesta por pletina de acero de 20x2 mm, formando cuadrícula de 30x30 mm, con uniones electrosoldadas, todo galvanizado, colocada.						
	Toma	1	0,750	0,750		0,563	
	Depósito	1	1,500	0,800		1,200	
							1,76

SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS

E02130	m TUBERÍA DE PVC 110-0,6 Tubería de PVC con junta elástica, de 110 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.						
		1	3,000			3,000	
							3,00

SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA

E02131	ud VÁLVULA TAJADERA 100-1,0 Válvula de tajadera de 100 mm de diámetro nominal, PN 1,00 MPa, incluso juntas y tornillería, colocada y probada.						
		1				1,000	
							1,00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
--------	---------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------

CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO

SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

E02120 m APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA

Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes.

Primaria T1	1	16,000	16,000
Primaria T2	1	50,000	50,000
Primaria T3	1	52,000	52,000
Primaria T4	1	45,000	45,000
Primaria T5	1	65,000	65,000

228,00

E02132 m COLOCACIÓN TUBERÍA P.E. REJÓN

Colocación de tubería de PE mediante rejón a una profundidad máxima de 0,90 m.

Secundaria S1	1	47,000	47,000
Secundaria S2	1	47,000	47,000
Secundaria S3	1	47,000	47,000
Secundaria S4	1	47,000	47,000
Secundaria S5	1	42,000	42,000
Secundaria S6	1	42,000	42,000
Secundaria S7	1	42,000	42,000
Secundaria S8	1	42,000	42,000
Secundaria S9	1	97,000	97,000
Secundaria S10	1	42,000	42,000
Ramal S1	10	84,000	840,000
Ramal S2	10	84,000	840,000
Ramal S3	10	84,000	840,000
Ramal S4	10	84,000	840,000
Ramal S5	9	84,000	756,000
Ramal S6	9	84,000	756,000
Ramal S7	9	84,000	756,000
Ramal S8	9	84,000	756,000
Ramal S9	10	64,000	640,000
	1	52,000	52,000
	1	24,000	24,000
	1	16,000	16,000
Ramal S10	4	104,000	416,000
	1	96,000	96,000
	1	84,000	84,000
	1	64,000	64,000
	1	44,000	44,000
	1	20,000	20,000

8.335,00

E02133 ud APERTURA HOYO PARA CONEXIÓN

Apertura y tapado de hoyo para conexión de tubería secundaria con ramales porta emisores.

Sector1	10	10,000	10,000
Sector2	10	10,000	10,000
Sector3	10	10,000	10,000
Sector4	10	10,000	10,000
Sector5	9	9,000	9,000
Sector6	9	9,000	9,000
Sector7	9	9,000	9,000
Sector8	9	9,000	9,000
Sector9	13	13,000	13,000
Sector10	9	9,000	9,000

98,00

ESTADO DE MEDICIONES

CÓDIGO RESUMEN UDS LONGITUD ANCHURA ALTURA PARCIALES CANTIDAD

SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN

E02134	ud CASETA PREF. HORMIGÓN 3,80X2,45				
	Caseta prefabricada de hormigón armado en fabricación monobloque de dimensiones exteriores 380x245 cm y altura exterior 298 cm, ejecutada en hormigón HA-45/P/12Ia, armaduras B-500-S, con 5 cm de aislamiento de poliestireno expandido tipo IV y puerta de seguridad de una hoja de acero galvanizado, totalmente colocada.				
	Caseta riego	1			1,00
					1,00

SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS

E02135	m TUBERÍA DE PVC 50mm 0,6MPa				
	Tubería de PVC para encolar, de 50 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.				
	Primaria T4	1	45,000		45,000
	Primaria T5	1	65,000		65,000
					110,00

E02136	m TUBERÍA DE PEBD 32mm 0,4MPa				
	Tubería de polietileno de baja densidad, de 32 mm de diámetro, presión de trabajo 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, incluso parte proporcional de piezas especiales y anclajes, colocada y probada.				
	Secundaria S1	1	47,000		47,000
	Secundaria S2	1	47,000		47,000
	Secundaria S3	1	47,000		47,000
	Secundaria S4	1	47,000		47,000
	Secundaria S5	1	42,000		42,000
	Secundaria S6	1	42,000		42,000
	Secundaria S7	1	42,000		42,000
	Secundaria S8	1	42,000		42,000
	Secundaria S9	1	97,000		97,000
	Secundaria S10	1	42,000		42,000
					495,00

E02137	m TUB. EMIS. AUTO. PEBD 16mm 4l/h 0,4MPa				
	Tubería de polietileno baja densidad, de 16 mm de diámetro exterior, para instalación enterrada de red de riego, presión de 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, con goteo integrado autolimpiante y auto-compensante cada 100 cm, caudal nominal de 4l/h, colocada y probada.				
	Ramal S1	10	84,00		840,00
	Ramal S2	10	84,00		840,00
	Ramal S3	10	84,00		840,00
	Ramal S4	10	84,00		840,00
	Ramal S5	9	84,00		756,00
	Ramal S6	9	84,00		756,00
	Ramal S7	9	84,00		756,00
	Ramal S8	9	84,00		756,00
	Ramal S9	10	64,00		640,00
		1	52,00		52,00
		1	24,00		24,00
		1	16,00		16,00
	Ramal S10	4	104,00		416,00
		1	96,00		96,00
		1	84,00		84,00
		1	64,00		64,00
		1	44,00		44,00
		1	20,00		20,00
					7.840,00

E02138	m TUBERÍA DE PVC 63mm 0,6MPa				
	Tubería de PVC con junta elástica, de 63 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.				
	Primaria T1	1	16,000		16,000
	Primaria T2	1	50,000		50,000
	Primaria T3	1	52,000		52,000

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
							118,00
SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA							
E02139	ud VÁLVULA HIDRÁULICA 32 mm Doble Conjunto de dos válvulas hidráulica de PVC con diafragma de control y cierre, de 32 mm de diámetro, conectadas a la red primaria y secundaria mediante tubería de HDPE de 32 mm, incluso bridas, montabridas, juntas y tornillería, válvulas de 4 vías, arqueta de protección formada por tubo de hormigón de 60 cm de diámetro interior con tapa de acero galvanizado de 4 mm de espesor, herrajes y relleno con 15 cm de grava, incluso parte proporcional panel de mando y microtubo de mando hidráulico de PE, colocada y probada.						
	Tomas	5				5,000	
							5,00
E02140	ud DESAGÜE DE SECTOR Desagüe para tubería secundaria de sector de PEBD, formado por válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 32 mm de diámetro, manguito de subida en PVC de diámetro 50 mm, PN 0,6 MPa, incluso reducción, arqueta de tubo de hormigón en masa de 0,5 m de longitud y 0,4 m de diámetro interior y con 15 cm de espesor de gravilla, colocado y probado.						
	Sectores	10				10,000	
							10,00
E02158	ud VÁLVULA DE ESFERA 63 mm Válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 63 mm de diámetro, colocada y probada.						
	Cabezal	1				1,00	
							1,00
SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO							
E02141	ud BOMBA CENTR.MULTI.VERT.750W-1 1/2" Electrobomba centrífuga de dos etapas de eje vertical para instalación en superficie de la marca Grundfos, modelo CRE10-2 o similar, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, con motor MGE monofásico con bridas de 750W de potencia, con convertidor de frecuencia, salida a 1 1/2", i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.						
	Cabezal	1				1,00	
							1,00
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO							
E02142	ud FILTRO DE PLÁSTICO ANILLAS 2" Suministro e instalación de filtro de anillas de plástico para riego por goteo, carcasa de PVC, D=2", i/piezas y accesorios, instalado.						
	Cabezal	1				1,00	
							1,00
E02143	ud FILTR.ARENA TANQ.FIB.VIDR.20" Suministro e instalación de filtro de arena, tanque de poliéster y fibra de vidrio, de tipo agrícola, para instalación de riego por goteo/microaspersión, con válvula selector de 6 vías, toma a D=1,5", i/piezas y accesorios, instalado.						
	Cabezal	1				1,00	
							1,00

ESTADO DE MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
--------	---------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------

SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS

E02154	ud AUTÓ. PROGRAM. PLC SIMATIC S7-200 Autómata programable de la marca Siemens, modelo S7-200 o similar, con CPU-224, con 14/10 entradas/salidas a bordo, alimentación 24 V, entradas digitales 24 V y salidas digitales 24 V, colocado y probado. Programador	1				1,000	1,00
E02155	ud SOLENOIDE TIPO LATCH Solenoides tipo Latch para control de válvula hidráulica mediante programador, alimentado por batería de 24 V, presión nominal 1,2 MPa, incluso conexión hidráulica a panel de mandos, soporte, cables y conexión a programador, colocado y probado. Sectores	10				10,000	10,00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
--------	---------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------

CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS

E02145	ud ESTRUCTURA SOPORTE FV 12 m2 ACERO EN FRÍO Estructura de soporte para una superficie de 12 m2 de captadores a 30° de inclinación sobre la horizontal, para superficie plana, a anclar o lastrar, formado por perfiles de acero en frío, incluso imprimación como protección antioxidante, accesorios y pequeño material necesario, completamente montado y probado.						
	Captador	1					1,00
							1,00

SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS

E02146	ud MÓD. FOTOVOLTAICO BP 175 Wp Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, marca BP, modelo BP-175 S o similar, con tolerancia -0/+25%, clase de protección II, características eléctricas principales Vn=24 Vcc, Voc=43,6 Vcc, Vpmp=35,4 Vcc, Icc=5,45 A, Ipmp=4,94, grado de protección IP65 con 6 diodos de by-pass, conexión mediante multicontacto, bornera atornillable, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material para amarre a la estructura (no incluida), completamente montado, probado y funcionando.						
	Captador	10					10,00
							10,00
E02147	ud INVERSOR VICTRON ENERGY C24V 800W Inversor Victron Energy C24/800/16, 24 Vcc, rango de tensión de entrada 19-36 Vcc, 230 Vac, potencia de salida 800 W y pico de potencia de 1.600 W, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.						
		1					1,00
							1,00
E02148	ud BATERÍA SONNENSCHN 12V 200Ah Batería de la marca Sonnenschein o similar de 12 V, capacidad 200 Ah y límite inferior de descarga del 30%, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.						
	Baterías	2					2,00
							2,00

ESTADO DE MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
--------	---------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------

CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES

E02150	m LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x16 mm², EN TUBO INSTALADO Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x16 mm ² tendido en tubo previamente instalado, incluso p/p de pequeño material y conexiones, totalmente instalada. Generador-Inversor	2	2,90			5,80	5,80
--------	---	---	------	--	--	------	------

E02095	m LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x1,5 mm², EN TUBO INSTALADO Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x1,5 mm ² tendido en tubo previamente instalado, incluso p/p de pequeño material y conexiones, totalmente instalada. Inversor-Carga	2				2,00	2,00
--------	---	---	--	--	--	------	------

SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES

E02151	ud UD TOMA TIERRA EN BAJA TENSION Ud.Toma de tierra de baja tensión formada por una caja de seccionamiento CST-50 cable de cobre desnudo de 1x75 mm ² y pica de cobre necesario. Incluso soldadura aluminotérmica en picas y excavación. Totalmente instalada y comprobada. Toma tierra	1				1,000	1,00
--------	---	---	--	--	--	-------	------

E02152	ud CUADRO PROTECCIÓN CA MONOF IP55 Cuadro de mando y protección en el lado de corriente alterna monofásica formado por caja estanca, con grado de protección IP55, en salida de inversor dotada de interruptor magnetotérmico de 5A, interruptor diferencial 2x5 A 30 mA, instalado, incluyendo cableado y conexionado. Cuadro	1				1,00	1,00
--------	---	---	--	--	--	------	------

E02153	ud CUADRO CONEXIÓN CC IP55 Cuadro de conexión y protección contra sobretensiones en el lado de corriente continua formado por caja estanca, con grado de protección IP55 y ventana transparente precintable y fusible de 80A, completamente montado, probado y funcionando. Conexión módulos	1				1,00	1,00
--------	---	---	--	--	--	------	------

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

Documento N°6

PRESUPUESTO

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

CUADRO DE PRECIOS Nº1

CUADRO DE PRECIOS Nº2

PRESUPUESTO

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

CUADRO DE PRECIOS Nº1

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO	5
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	5
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	5
SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS	5
SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA	6
CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO	7
SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	7
SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	7
SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS	7
SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA	7
SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO	8
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO.....	8
SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS	8
CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	9
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS	9
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS.....	9
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	10
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES.....	10
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES.....	10

CUADRO DE PRECIOS Nº1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO			
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS			
E02119	m3	CAMA DE GRAVA PARA ASIENTO Cama de grava para asiento de tubería.	12,01
			DOCE EUROS con UN CÉNTIMOS
E02120	m	APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes.	1,07
			UN EUROS con SIETE CÉNTIMOS
E02121	m3	EXCAVACIÓN DEPÓSITO TODO TERRENO Excavación en construcción de depósito, en cualquier clase de terreno (materiales duros como gravas, margas y yesos o materiales blandos/fangosos), incluyendo carga y transporte a vertedero y/o extendido.	0,97
			CERO EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS
E02122	m2	DESBROCE Y LIMPIEZA ESPESOR MÁXIMO 20 cm, D<= 20 m Desbroce y despeje de la vegetación herbácea, con un espesor máximo de 20 cm, incluidas las excavaciones y el transporte de la capa vegetal hasta fuera del área de ocupación de la obra, a una distancia de transporte máxima de 20 m.	0,08
			CERO EUROS con OCHO CÉNTIMOS
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN			
E02125	m2	FOR.PLAC.ALVEO.c=25;HA-25/P/20 Forjado de placa alveolada prefabricada de hormigón, canto 25 cm., con capa de compresión de 5 cm. de hormigón HA-25/P/20/I, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado y armadura de reparto de 15x30x6 con ayuda de grúa telescópica para montaje, terminado según EFHE.	46,79
			CUARENTA Y SEIS EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
E02123	kg	ACERO REDONDOS B-500-S Acero especial B-500-S en redondos, colocado.	1,33
			UN EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
E02124	m2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO BERENJENOS Encofrado por una cara y desencofrado en madera, incluso berenjenos.	17,20
			DIECISIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS
E02126	m3	HORMIGÓN ARMAR HA-25/B/15-20/IIa+Qb Hormigón para armar HA-25/B/15-20/IIa+Qb, colocado y vibrado.	80,98
			OCHENTA EUROS con NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS
E02127	ud	PATE POLIPROPILENO Pate de polipropileno con alma metálica, colocado.	7,34
			SIETE EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS
E02128	m3	HORMIGÓN EN MASA, HM-20/B/15-20/IIa+Qb Hormigón en masa HM-20/B/15-20/IIa+Qb, en limpieza, regularización y rellenos, colocado.	58,12
			CINCIENTA Y OCHO EUROS con DOCE CÉNTIMOS
E02129	m2	REJILLA TIPO TRAMEX Rejilla tipo Tramex, compuesta por pletina de acero de 20x2 mm, formando cuadrícula de 30x30 mm, con uniones electrosoldadas, todo galvanizado, colocada.	108,72
			CIENTO OCHO EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS
SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS			
E02130	m	TUBERÍA DE PVC 110-0,6 Tubería de PVC con junta elástica, de 110 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.	2,36
			DOS EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS Nº1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
--------	----	---------	--------

SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA

E02131	ud	VÁLVULA TAJADERA 100-1,0 Válvula de tajadera de 100 mm de diámetro nominal, PN 1,00 MPa, incluso juntas y tornillería, colocada y probada.	153,88
--------	----	--	--------

CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS Nº1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO			
SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS			
E02120	m	APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes.	1,07
			UN EUROS con SIETE CÉNTIMOS
E02132	m	COLOCACIÓN TUBERÍA P.E. REJÓN Colocación de tubería de PE mediante rejón a una profundidad máxima de 0,90 m.	0,33
			CERO EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
E02133	ud	APERTURA HOYO PARA CONEXIÓN Apertura y tapado de hoyo para conexión de tubería secundaria con ramales porta emisores.	1,25
			UN EUROS con VEINTICINCO CÉNTIMOS
SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN			
E02134	ud	CASETA PREF. HORMIGÓN 3,80X2,45 Caseta prefabricada de hormigón armado en fabricación monobloque de dimensiones exteriores 380x245 cm y altura exterior 298 cm, ejecutada en hormigón HA-45/P/12IIa, armaduras B-500-S, con 5 cm de aislamiento de poliestireno expandido tipo IV y puerta de seguridad de una hoja de acero galvanizado, totalmente colocada.	2.658,94
			DOS MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS			
E02135	m	TUBERÍA DE PVC 50mm 0,6MPa Tubería de PVC para encolar, de 50 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.	0,80
			CERO EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS
E02136	m	TUBERÍA DE PEBD 32mm 0,4MPa Tubería de polietileno de baja densidad, de 32 mm de diámetro, presión de trabajo 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, incluso parte proporcional de piezas especiales y anclajes, colocada y probada.	0,50
			CERO EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS
E02137	m	TUB. EMIS. AUTO. PEBD 16mm 4l/h 0,4MPa Tubería de polietileno baja densidad, de 16 mm de diámetro exterior, para instalación enterrada de red de riego, presión de 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, con goteo integrado autolimpiante y autocompensante cada 100 cm, caudal nominal de 4l/h, colocada y probada.	0,54
			CERO EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
E02138	m	TUBERÍA DE PVC 63mm 0,6MPa Tubería de PVC con junta elástica, de 63 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.	1,07
			UN EUROS con SIETE CÉNTIMOS
SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA			
E02139	ud	VÁLVULA HIDRÁULICA 32 mm Doble Conjunto de dos válvulas hidráulica de PVC con diafragma de control y cierre, de 32 mm de diámetro, conectadas a la red primaria y secundaria mediante tubería de HDPE de 32 mm, incluso bridas, montabridas, juntas y tomillería, válvulas de 4 vías, arqueta de protección formada por tubo de hormigón de 60 cm de diámetro interior con tapa de acero galvanizado de 4 mm de espesor, herrajes y relleno con 15 cm de grava, incluso parte proporcional panel de mando y microtubo de mando hidráulico de PE, colocada y probada.	295,81
			DOSCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS Nº1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
E02140	ud	DESAGÜE DE SECTOR Desagüe para tubería secundaria de sector de PEBD, formado por válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 32 mm de diámetro, manguito de subida en PVC de diámetro 50 mm, PN 0,6 MPa, incluso reducción, arqueta de tubo de hormigón en masa de 0,5 m de longitud y 0,4 m de diámetro interior y con 15 cm de espesor de gravilla, colocado y probado.	38,36
		TREINTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS	
E02158	ud	VÁLVULA DE ESFERA 63 mm Válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 63 mm de diámetro, colocada y probada.	17,21
		DIECISIETE EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS	
SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO			
E02141	ud	BOMBA CENTR.MULTI.VERT.750W-1 1/2" Electrobomba centrífuga de dos etapas de eje vertical para instalación en superficie de la marca Grundfos, modelo CRE10-2 o similar, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, con motor MGE monofásico con bridas de 750W de potencia, con convertidor de frecuencia, salida a 1 1/2", i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	836,19
		OCHOCIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS	
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO			
E02142	ud	FILTRO DE PLÁSTICO ANILLAS 2" Suministro e instalación de filtro de anillas de plástico para riego por goteo, carcasa de PVC, D=2", i/piezas y accesorios, instalado.	173,00
		CIENTO SETENTA Y TRES EUROS	
E02143	ud	FILTR.ARENA TANQ.FIB.VIDR.20" Suministro e instalación de filtro de arena, tanque de poliéster y fibra de vidrio, de tipo agrícola, para instalación de riego por goteo/microaspersión, con válvula selectora de 6 vías, toma a D=1,5", i/piezas y accesorios, instalado.	523,68
		QUINIENTOS VEINTITRES EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS			
E02154	ud	AUTÓ. PROGRAM. PLC SIMATIC S7-200 Autómata programable de la marca Siemens, modelo S7-200 o similar, con CPU-224, con 14/10 entradas/salidas a bordo, alimentación 24 V, entradas digitales 24 V y salidas digitales 24 V, colocado y probado.	1.344,09
		MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con NUEVE CÉNTIMOS	
E02155	ud	SOLENOIDE TIPO LATCH Solenoides tipo Latch para control de válvula hidráulica mediante programador, alimentado por batería de 24 V, presión nominal 1,2 MPa, incluso conexión hidráulica a panel de mandos, soporte, cables y conexión a programador, colocado y probado.	35,92
		TREINTA Y CINCO EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS	

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS			
E02145	ud	ESTRUCTURA SOPORTE FV 12 m2 ACERO EN FRÍO Estructura de soporte para una superficie de 12 m2 de captadores a 30º de inclinación sobre la horizontal, para superficie plana, a anclar o lastrar, formado por perfiles de acero en frío, incluso imprimación como protección antioxidante, accesorios y pequeño material necesario, completamente montado y probado.	479,60
			CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con SESENTA CÉNTIMOS
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS			
E02146	ud	MÓD. FOTOVOLTAICO BP 175 Wp Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, marca BP, modelo BP-175 S o similar, con tolerancia -0/+25%, clase de protección II, características eléctricas principales Vn=24 Vcc, Voc=43,6 Vcc, Vpmp=35,4 Vcc, Icc=5,45 A, Ipmp=4,94, grado de protección IP65 con 6 diodos de by-pass, conexión mediante multicontacto, bornera atornillable, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material para amarre a la estructura (no incluida), completamente montado, probado y funcionando.	1.464,58
			MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
E02147	ud	INVERSOR VICTRON ENERGY C24V 800W Inversor Victron Energy C24/800/16, 24 Vcc, rango de tensión de entrada 19-36 Vcc, 230 Vac, potencia de salida 800 W y pico de potencia de 1.600 W, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.	177,65
			CIENTO SETENTA Y SIETE EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
E02148	ud	BATERÍA SONNENSCHN 12V 200Ah Batería de la marca Sonnenschein o similar de 12 V, capacidad 200 Ah y límite inferior de descarga del 30%, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.	226,82
			DOSCIENTOS VEINTISEIS EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS

CUADRO DE PRECIOS Nº1

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES			
E02150	m	LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x16 mm², EN TUBO INSTALADO Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x16 mm ² tendido en tubo previamente instalado, incluso p/p de pequeño material y conexiones, totalmente instalada.	1,63
		UN EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS	
E02095	m	LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x1,5 mm², EN TUBO INSTALADO Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x1,5 mm ² tendido en tubo previamente instalado, incluso p/p de pequeño material y conexiones, totalmente instalada.	0,58
		CERO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES			
E02151	ud	UD TOMA TIERRA EN BAJA TENSION Ud. Toma de tierra de baja tensión formada por una caja de seccionamiento CST-50 cable de cobre desnudo de 1x75 mm ² y pica de cobre necesario. Incluso soldadura aluminotérmica en picas y excavación. Totalmente instalada y comprobada.	192,68
		CIENTO NOVENTA Y DOS EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
E02152	ud	CUADRO PROTECCIÓN CA MONOF IP55 Cuadro de mando y protección en el lado de corriente alterna monofásica formado por caja estanca, con grado de protección IP55, en salida de inversor dotada de interruptor magnetotérmico de 5A, interruptor diferencial 2x5 A 30 mA, instalado, incluyendo cableado y conexionado.	207,53
		DOSCIENTOS SIETE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS	
E02153	ud	CUADRO CONEXIÓN CC IP55 Cuadro de conexión y protección contra sobretensiones en el lado de corriente continua formado por caja estanca, con grado de protección IP55 y ventana transparente precintable y fusible de 80A, completamente montado, probado y funcionando.	137,03
		CIENTO TREINTA Y SIETE EUROS con TRES CÉNTIMOS	

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

CUADRO DE PRECIOS Nº2

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO	5
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	5
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	5
SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS	6
SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA	6
CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO	7
SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	7
SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	7
SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS	7
SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA	8
SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO	8
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO.....	9
SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS	9
CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	10
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS	10
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS.....	10
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	11
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES.....	11
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES.....	11

CÓDIGO	UD	RESUMEN		PRECIO
CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO				
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS				
E02119	m3	CAMA DE GRAVA PARA ASIENTO Cama de grava para asiento de tubería.		
			Mano de obra	0,71
			Maquinaria.....	3,17
			Resto de obra y materiales.....	8,13
			TOTAL PARTIDA.....	12,01
E02120	m	APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes.		
			Mano de obra	0,68
			Maquinaria.....	0,32
			Resto de obra y materiales.....	0,07
			TOTAL PARTIDA.....	1,07
E02121	m3	EXCAVACIÓN DEPÓSITO TODO TERRENO Excavación en construcción de depósito, en cualquier clase de terreno (materiales duros como gravas, margas y yesos o materiales blandos/fangosos), incluyendo carga y transporte a vertedero y/o extendido.		
			Mano de obra	0,12
			Maquinaria.....	0,70
			Resto de obra y materiales.....	0,15
			TOTAL PARTIDA.....	0,97
E02122	m2	DESBROCE Y LIMPIEZA ESPESOR MÁXIMO 20 cm, D<= 20 m Desbroce y despeje de la vegetación herbácea, con un espesor máximo de 20 cm, incluidas las excavaciones y el transporte de la capa vegetal hasta fuera del área de ocupación de la obra, a una distancia de transporte máxima de 20 m.		
			Maquinaria.....	0,08
			TOTAL PARTIDA.....	0,08
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN				
E02125	m2	FOR.PLAC.ALVEO.c=25;HA-25/P/20 Forjado de placa alveolada prefabricada de hormigón, canto 25 cm., con capa de compresión de 5 cm. de hormigón HA-25/P/20/I, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado y armadura de reparto de 15x30x6 con ayuda de grúa telescópica para montaje, terminado según EFHE.		
			Mano de obra	12,71
			Maquinaria.....	2,75
			Resto de obra y materiales.....	31,33
			TOTAL PARTIDA.....	46,79
E02123	kg	ACERO REDONDOS B-500-S Acero especial B-500-S en redondos, colocado.		
			Mano de obra	0,19
			Resto de obra y materiales.....	1,14
			TOTAL PARTIDA.....	1,33

CUADRO DE PRECIOS Nº2

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO	
E02124	m2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO BERENJENOS Encofrado por una cara y desencofrado en madera, incluso berenjenos.	Mano de obra	11,10
			Resto de obra y materiales.....	6,10
			TOTAL PARTIDA.....	17,20
E02126	m3	HORMIGÓN ARMAR HA-25/B/15-20/IIa+Qb Hormigón para armar HA-25/B/15-20/IIa+Qb, colocado y vibrado.	Mano de obra	16,23
			Maquinaria.....	0,71
			Resto de obra y materiales.....	64,04
			TOTAL PARTIDA.....	80,98
E02127	ud	PATE POLIPROPILENO Pate de polipropileno con alma metálica, colocado.	Mano de obra	2,35
			Resto de obra y materiales.....	4,99
			TOTAL PARTIDA.....	7,34
E02128	m3	HORMIGÓN EN MASA, HM-20/B/15-20/IIa+Qb Hormigón en masa HM-20/B/15-20/IIa+Qb, en limpieza, regularización y rellenos, colocado.	Mano de obra	54,09
			Resto de obra y materiales.....	4,03
			TOTAL PARTIDA.....	58,12
E02129	m2	REJILLA TIPO TRAMEX Rejilla tipo Tramex, compuesta por pletina de acero de 20x2 mm, formando cuadrícula de 30x30 mm, con uniones electrosoldadas, todo galvanizado, colocada.	Mano de obra	3,86
			Resto de obra y materiales.....	104,86
			TOTAL PARTIDA.....	108,72
SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS				
E02130	m	TUBERÍA DE PVC 110-0,6 Tubería de PVC con junta elástica, de 110 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.	Mano de obra	0,41
			Resto de obra y materiales.....	1,95
			TOTAL PARTIDA.....	2,36
SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA				
E02131	ud	VÁLVULA TAJADERA 100-1,0 Válvula de tajadera de 100 mm de diámetro nominal, PN 1,00 MPa, incluso juntas y tornillería, colocada y probada.	Mano de obra	12,92
			Resto de obra y materiales.....	140,96
			TOTAL PARTIDA.....	153,88

CUADRO DE PRECIOS Nº2

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO			
SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS			
E02120	m	APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes.	
		Mano de obra	0,68
		Maquinaria.....	0,32
		Resto de obra y materiales.....	0,07
		TOTAL PARTIDA.....	1,07
E02132	m	COLOCACIÓN TUBERÍA P.E. REJÓN Colocación de tubería de PE mediante rejón a una profundidad máxima de 0,90 m.	
		Mano de obra	0,05
		Maquinaria.....	0,22
		Resto de obra y materiales.....	0,06
		TOTAL PARTIDA.....	0,33
E02133	ud	APERTURA HOYO PARA CONEXIÓN Apertura y tapado de hoyo para conexión de tubería secundaria con ramales porta emisores.	
		Mano de obra	0,18
		Maquinaria.....	0,99
		Resto de obra y materiales.....	0,08
		TOTAL PARTIDA.....	1,25
SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN			
E02134	ud	CASETA PREF. HORMIGÓN 3,80X2,45 Caseta prefabricada de hormigón armado en fabricación monobloque de dimensiones exteriores 380x245 cm y altura exterior 298 cm, ejecutada en hormigón HA-45/P/12IIa, armaduras B-500-S, con 5 cm de aislamiento de poliestireno expandido tipo IV y puerta de seguridad de una hoja de acero galvanizado, totalmente colocada.	
		Mano de obra	11,34
		Maquinaria.....	2,25
		Resto de obra y materiales.....	2.645,35
		TOTAL PARTIDA.....	2.658,94
SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS			
E02135	m	TUBERÍA DE PVC 50mm 0,6MPa Tubería de PVC para encolar, de 50 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.	
		Mano de obra	0,22
		Resto de obra y materiales.....	0,58
		TOTAL PARTIDA.....	0,80
E02136	m	TUBERÍA DE PEBD 32mm 0,4MPa Tubería de polietileno de baja densidad, de 32 mm de diámetro, presión de trabajo 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, incluso parte proporcional de piezas especiales y anclajes, colocada y probada.	
		Mano de obra	0,21
		Resto de obra y materiales.....	0,29
		TOTAL PARTIDA.....	0,50

CUADRO DE PRECIOS Nº2

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
E02137	m	TUB. EMIS. AUTO. PEBD 16mm 4l/h 0,4MPa Tubería de polietileno baja densidad, de 16 mm de diámetro exterior, para instalación enterrada de red de riego, presión de 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, con goteo integrado autolimpiante y autocompensante cada 100 cm, caudal nominal de 4l/h, colocada y probada.	
		Mano de obra	0,21
		Resto de obra y materiales.....	0,33
		TOTAL PARTIDA.....	0,54
E02138	m	TUBERÍA DE PVC 63mm 0,6MPa Tubería de PVC con junta elástica, de 63 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.	
		Mano de obra	0,19
		Resto de obra y materiales.....	0,88
		TOTAL PARTIDA.....	1,07

SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA

E02139	ud	VÁLVULA HIDRÁULICA 32 mm Doble Conjunto de dos válvulas hidráulica de PVC con diafragma de control y cierre, de 32 mm de diámetro, conectadas a la red primaria y secundaria mediante tubería de HDPE de 32 mm, incluso bridas, montabridas, juntas y tomillería, válvulas de 4 vías, arqueta de protección formada por tubo de hormigón de 60 cm de diámetro interior con tapa de acero galvanizado de 4 mm de espesor, herrajes y relleno con 15 cm de grava, incluso parte proporcional panel de mando y microtubo de mando hidráulico de PE, colocada y probada.	
		Mano de obra	74,70
		Resto de obra y materiales.....	221,11
		TOTAL PARTIDA.....	295,81
E02140	ud	DESAGÜE DE SECTOR Desagüe para tubería secundaria de sector de PEBD, formado por válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 32 mm de diámetro, manguito de subida en PVC de diámetro 50 mm, PN 0,6 MPa, incluso reducción, arqueta de tubo de hormigón en masa de 0,5 m de longitud y 0,4 m de diámetro interior y con 15 cm de espesor de gravilla, colocado y probado.	
		Mano de obra	8,19
		Resto de obra y materiales.....	30,17
		TOTAL PARTIDA.....	38,36
E02158	ud	VÁLVULA DE ESFERA 63 mm Válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 63 mm de diámetro, colocada y probada.	
		Mano de obra	8,19
		Resto de obra y materiales.....	9,02
		TOTAL PARTIDA.....	17,21

SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO

E02141	ud	BOMBA CENTR.MULTI.VERT.750W-1 1/2" Electrobomba centrífuga de dos etapas de eje vertical para instalación en superficie de la marca Grundfos, modelo CRE10-2 o similar, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, con motor MGE monofásico con bridas de 750W de potencia, con convertidor de frecuencia, salida a 1 1/2", i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.	
		Mano de obra	73,80
		Resto de obra y materiales.....	762,39
		TOTAL PARTIDA.....	836,19

CUADRO DE PRECIOS Nº2

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO			
E02142	ud	FILTRO DE PLÁSTICO ANILLAS 2" Suministro e instalación de filtro de anillas de plástico para riego por goteo, carcasa de PVC, D=2", i/piezas y accesorios, instalado.	
		Mano de obra	16,95
		Resto de obra y materiales.....	156,05
		TOTAL PARTIDA.....	173,00
E02143	ud	FILTR.ARENA TANQ.FIB.VIDR.20" Suministro e instalación de filtro de arena, tanque de poliéster y fibra de vidrio, de tipo agrícola, para instalación de riego por goteo/microaspersión, con válvula selectora de 6 vías, toma a D=1,5", i/piezas y accesorios, instalado.	
		Mano de obra	74,11
		Resto de obra y materiales.....	449,57
		TOTAL PARTIDA.....	523,68
SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS			
E02154	ud	AUTÓ. PROGRAM. PLC SIMATIC S7-200 Autómata programable de la marca Siemens, modelo S7-200 o similar, con CPU-224, con 14/10 entradas/salidas a bordo, alimentación 24 V, entradas digitales 24 V y salidas digitales 24 V, colocado y probado.	
		Mano de obra	67,88
		Resto de obra y materiales.....	1.276,21
		TOTAL PARTIDA.....	1.344,09
E02155	ud	SOLENOIDE TIPO LATCH Solenoides tipo Latch para control de válvula hidráulica mediante programador, alimentado por batería de 24 V, presión nominal 1,2 MPa, incluso conexión hidráulica a panel de mandos, soporte, cables y conexión a programador, colocado y probado.	
		Mano de obra	2,64
		Resto de obra y materiales.....	33,28
		TOTAL PARTIDA.....	35,92

CUADRO DE PRECIOS Nº2

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRCTURAS			
E02145	ud	ESTRUCTURA SOPORTE FV 12 m2 ACERO EN FRÍO Estructura de soporte para una superficie de 12 m2 de captadores a 30° de inclinación sobre la horizontal, para superficie plana, a anclar o lastrar, formado por perfiles de acero en frío, incluso imprimación como protección antioxidante, accesorios y pequeño material necesario, completamente montado y probado.	
		Mano de obra	52,70
		Resto de obra y materiales.....	426,90
		TOTAL PARTIDA.....	479,60
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS			
E02146	ud	MÓD. FOTOVOLTAICO BP 175 Wp Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, marca BP, modelo BP-175 S o similar, con tolerancia -0/+25%, clase de protección II, características eléctricas principales Vn=24 Vcc, Voc=43,6 Vcc, Vpmp=35,4 Vcc, Icc=5,45 A, Ipmp=4,94, grado de protección IP65 con 6 diodos de by-pass, conexión mediante multicontacto, bornera atornillable, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material para amarre a la estructura (no incluida), completamente montado, probado y funcionando.	
		Mano de obra	257,04
		Resto de obra y materiales.....	1.207,54
		TOTAL PARTIDA.....	1.464,58
E02147	ud	INVERSOR VICTRON ENERGY C24V 800W Inversor Victron Energy C24/800/16, 24 Vcc, rango de tensión de entrada 19-36 Vcc, 230 Vac, potencia de salida 800 W y pico de potencia de 1.600 W, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.	
		Mano de obra	32,13
		Resto de obra y materiales.....	145,52
		TOTAL PARTIDA.....	177,65
E02148	ud	BATERÍA SONNENSCHN 12V 200Ah Batería de la marca Sonnenschein o similar de 12 V, capacidad 200 Ah y límite inferior de descarga del 30%, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.	
		Mano de obra	32,13
		Resto de obra y materiales.....	194,69
		TOTAL PARTIDA.....	226,82

CUADRO DE PRECIOS Nº2

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES			
E02150	m	LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x16 mm², EN TUBO INSTALADO Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x16 mm ² tendido en tubo previamente instalado, incluso p/p de pequeño material y conexiones, totalmente instalada.	
		Mano de obra	0,69
		Resto de obra y materiales.....	0,94
		TOTAL PARTIDA.....	1,63
E02095	m	LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x1,5 mm², EN TUBO INSTALADO Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x1,5 mm ² tendido en tubo previamente instalado, incluso p/p de pequeño material y conexiones, totalmente instalada.	
		Mano de obra	0,37
		Resto de obra y materiales.....	0,21
		TOTAL PARTIDA.....	0,58
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES			
E02151	ud	UD TOMA TIERRA EN BAJA TENSION Ud.Toma de tierra de baja tensión formada por una caja de seccionamiento CST-50 cable de cobre desnudo de 1x75 mm ² y pica de cobre necesario. Incluso soldadura aluminotermica en picas y excavación. Totalmente instalada y comprobada.	
		Mano de obra	88,08
		Resto de obra y materiales.....	104,60
		TOTAL PARTIDA.....	192,68
E02152	ud	CUADRO PROTECCIÓN CA MONOF IP55 Cuadro de mando y protección en el lado de corriente alterna monofásica formado por caja estanca, con grado de protección IP55, en salida de inversor dotada de interruptor magnetotérmico de 5A, interruptor diferencial 2x5 A 30 mA, instalado, incluyendo cableado y conexionado.	
		Mano de obra	110,10
		Resto de obra y materiales.....	97,43
		TOTAL PARTIDA.....	207,53
E02153	ud	CUADRO CONEXIÓN CC IP55 Cuadro de conexión y protección contra sobretensiones en el lado de corriente continua formado por caja estanca, con grado de protección IP55 y ventana transparente precintable y fusible de 80A, completamente montado, probado y funcionando.	
		Mano de obra	66,06
		Resto de obra y materiales.....	70,97
		TOTAL PARTIDA.....	137,03

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

PRESUPUESTO

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO	5
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	5
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	5
SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS	6
SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA	6
CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO	7
SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	7
SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN.....	8
SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS	8
SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA	9
SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO	9
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO.....	9
SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS	10
CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	11
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS	11
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS.....	11
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	12
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES.....	12
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES	12

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO									
SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
E02119	m3 CAMA DE GRAVA PARA ASIENTO Cama de grava para asiento de tubería. Obra de toma	1	10,000	0,500	0,100	0,500			
							0,50	12,01	6,01
E02120	m APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes. Obra de toma	1	3,000			3,000			
							3,00	1,07	3,21
E02121	m3 EXCAVACIÓN DEPÓSITO TODO TERRENO Excavación en construcción de depósito, en cualquier clase de terreno (materiales duros como gravas, margas y yesos o materiales blandos/fangosos), incluyendo carga y transporte a vertedero y/o extendido. Depósito	1	14,600	10,100		147,460			
							147,46	0,97	143,04
E02122	m2 DESBROCE Y LIMPIEZA ESPESOR MÁXIMO 20 cm, D<= 20 m Desbroce y despeje de la vegetación herbácea, con un espesor máximo de 20 cm, incluidas las excavaciones y el transporte de la capa vegetal hasta fuera del área de ocupación de la obra, a una distancia de transporte máxima de 20 m. Depósito	1	15,70	11,20		175,84			
							175,84	0,08	14,07
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS.....									166,33
SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN									
E02125	m2 FOR.PLAC.ALVEO.c=25;HA-25/P/20 Forjado de placa alveolada prefabricada de hormigón, canto 25 cm., con capa de compresión de 5 cm. de hormigón HA-25/P/20/I, incluso p.p. de encofrado, desencofrado, vertido, vibrado, curado y armadura de reparto de 15x30x6 con ayuda de grúa telescópica para montaje, terminado según EF-HE.	1	12,50	8,20		102,50			
							102,50	46,79	4.795,98
E02123	kg ACERO REDONDOS B-500-S Acero especial B-500-S en redondos, colocado. Losa Muros		1748 3847			1.748.000 3.847.000			
							5.595,00	1,33	7.441,35
E02124	m2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO BERENJENOS Encofrado por una cara y desencofrado en madera, incluso berenjenos. Losa Muros	2 2 4 4		13,100 8,600 13,100 8,000	0,300 0,300 3,100 3,100	7,860 5,160 162,440 99,200			
							274,66	17,20	4.724,15

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
E02126	m3 HORMIGÓN ARMAR HA-25/B/15-20/IIa+Qb Hormigón para armar HA-25/B/15-20/IIa+Qb, colocado y vibrado.								
	Losa	1	13,100	8,600	0,300		33,798		
	Muros	2	13,100	0,300	3,100		24,366		
		2	8,000	0,300	3,100		14,880		
							73,04	80,98	5.914,78
E02127	ud PATE POLIPROPILENO Pate de polipropileno con alma metálica, colocado.								
	Depósito	8					8,000		
							8,00	7,34	58,72
E02128	m3 HORMIGÓN EN MASA, HM-20/B/15-20/IIa+Qb Hormigón en masa HM-20/B/15-20/IIa+Qb, en limpieza, regularización y rellenos, colocado.								
	Depósito	1	13,500	9,000	0,200		24,300		
	Base caseta	1	1,100	2,650	0,300		0,875		
							25,18	58,12	1.463,46
E02129	m2 REJILLA TIPO TRAMEX Rejilla tipo Tramex, compuesta por pletina de acero de 20x2 mm, formando cuadrícula de 30x30 mm, con uniones electrosoldadas, todo galvanizado, colocada.								
	Toma	1	0,750	0,750			0,563		
	Depósito	1	1,500	0,800			1,200		
							1,76	108,72	191,35
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN									24.589,79
SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS									
E02130	m TUBERÍA DE PVC 110-0,6 Tubería de PVC con junta elástica, de 110 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.								
		1	3,000				3,000		
							3,00	2,36	7,08
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.3 TUBERÍAS									7,08
SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA									
E02131	ud VÁLVULA TAJADERA 100-1,0 Válvula de tajadera de 100 mm de diámetro nominal, PN 1,00 MPa, incluso juntas y tornillería, colocada y probada.								
		1					1,000		
							1,00	153,88	153,88
TOTAL SUBCAPÍTULO 1.4 VALVULERÍA									153,88
TOTAL CAPÍTULO 1 OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO									24.917,08

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO									
SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
E02120	m APERTURA ZANJA PARA TUBERÍA								
	Excavación en cualquier clase de terreno, en parcela de cultivo, para zanja de 0,5 m de anchura y 1 m de profundidad máxima, incluyendo tapado de la misma, carga y transporte a vertedero o extendido de materiales sobrantes.								
	Primaria T1	1	16,000				16,000		
	Primaria T2	1	50,000				50,000		
	Primaria T3	1	52,000				52,000		
	Primaria T4	1	45,000				45,000		
	Primaria T5	1	65,000				65,000		
							228,00	1,07	243,96
E02132	m COLOCACIÓN TUBERÍA P.E. REJÓN								
	Colocación de tubería de PE mediante rejón a una profundidad máxima de 0,90 m.								
	Secundaria S1	1	47,000				47,000		
	Secundaria S2	1	47,000				47,000		
	Secundaria S3	1	47,000				47,000		
	Secundaria S4	1	47,000				47,000		
	Secundaria S5	1	42,000				42,000		
	Secundaria S6	1	42,000				42,000		
	Secundaria S7	1	42,000				42,000		
	Secundaria S8	1	42,000				42,000		
	Secundaria S9	1	97,000				97,000		
	Secundaria S10	1	42,000				42,000		
	Ramal S1	10	84,000				840,000		
	Ramal S2	10	84,000				840,000		
	Ramal S3	10	84,000				840,000		
	Ramal S4	10	84,000				840,000		
	Ramal S5	9	84,000				756,000		
	Ramal S6	9	84,000				756,000		
	Ramal S7	9	84,000				756,000		
	Ramal S8	9	84,000				756,000		
	Ramal S9	10	64,000				640,000		
		1	52,000				52,000		
		1	24,000				24,000		
		1	16,000				16,000		
	Ramal S10	4	104,000				416,000		
		1	96,000				96,000		
		1	84,000				84,000		
		1	64,000				64,000		
		1	44,000				44,000		
		1	20,000				20,000		
							8.335,00	0,33	2.750,55
E02133	ud APERTURA HOYO PARA CONEXIÓN								
	Apertura y tapado de hoyo para conexión de tubería secundaria con ramales porta emisores.								
	Sector1	10					10,000		
	Sector2	10					10,000		
	Sector3	10					10,000		
	Sector4	10					10,000		
	Sector5	9					9,000		
	Sector6	9					9,000		
	Sector7	9					9,000		
	Sector8	9					9,000		
	Sector9	13					13,000		
	Sector10	9					9,000		
							98,00	1,25	122,50
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS.....									3.117,01

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN									
E02134	ud Caseta PREF. HORMIGÓN 3,80X2,45 Caseta prefabricada de hormigón armado en fabricación monobloque de dimensiones exteriores 380x245 cm y altura exterior 298 cm, ejecutada en hormigón HA-45/P/12Ila, armaduras B-500-S, con 5 cm de aislamiento de poliestireno expandido tipo IV y puerta de seguridad de una hoja de acero galvanizado, totalmente colocada. Caseta riego	1					1,00	2.658,94	2.658,94
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.2 FÁBRICAS Y EDIFICACIÓN									2.658,94
SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS									
E02135	m TUBERÍA DE PVC 50mm 0,6MPa Tubería de PVC para encolar, de 50 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada. Primaria T4 Primaria T5	1	45,000			45,000			
		1	65,000			65,000			
							110,00	0,80	88,00
E02136	m TUBERÍA DE PEBD 32mm 0,4MPa Tubería de polietileno de baja densidad, de 32 mm de diámetro, presión de trabajo 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, incluso parte proporcional de piezas especiales y anclajes, colocada y probada. Secundaria S1 Secundaria S2 Secundaria S3 Secundaria S4 Secundaria S5 Secundaria S6 Secundaria S7 Secundaria S8 Secundaria S9 Secundaria S10	1	47,000			47,000			
		1	47,000			47,000			
		1	47,000			47,000			
		1	47,000			47,000			
		1	42,000			42,000			
		1	42,000			42,000			
		1	42,000			42,000			
		1	42,000			42,000			
		1	97,000			97,000			
		1	42,000			42,000			
							495,00	0,50	247,50
E02137	m TUB. EMIS. AUTOC. PEBD 16mm 4l/h 0,4MPa Tubería de polietileno baja densidad, de 16 mm de diámetro exterior, para instalación enterrada de red de riego, presión de 0,4 MPa, para inyectar mediante rejón, con goteo integrado autolimpiante y auto-compensante cada 100 cm, caudal nominal de 4l/h, colocada y probada. Ramal S1 Ramal S2 Ramal S3 Ramal S4 Ramal S5 Ramal S6 Ramal S7 Ramal S8 Ramal S9 Ramal S10	10	84,00			840,00			
		10	84,00			840,00			
		10	84,00			840,00			
		10	84,00			840,00			
		9	84,00			756,00			
		9	84,00			756,00			
		9	84,00			756,00			
		9	84,00			756,00			
		10	64,00			640,00			
		1	52,00			52,00			
		1	24,00			24,00			
		1	16,00			16,00			
		4	104,00			416,00			
		1	96,00			96,00			
		1	84,00			84,00			
		1	64,00			64,00			
		1	44,00			44,00			
		1	20,00			20,00			
							7.840,00	0,54	4.233,60

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
E02138	m TUBERÍA DE PVC 63mm 0,6MPa Tubería de PVC con junta elástica, de 63 mm de diámetro y 0,60 MPa de presión de trabajo, incluso parte proporcional de juntas, piezas especiales y de anclajes, colocada y probada.								
	Primaria T1	1	16,000				16,000		
	Primaria T2	1	50,000				50,000		
	Primaria T3	1	52,000				52,000		
							118,00	1,07	126,26
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.3 TUBERÍAS.....									4.695,36
SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA									
E02139	ud VÁLVULA HIDRÁULICA 32 mm Doble Conjunto de dos válvulas hidráulica de PVC con diafragma de control y cierre, de 32 mm de diámetro, conectadas a la red primaria y secundaria mediante tubería de HDPE de 32 mm, incluso bridas, montabridas, juntas y tornillería, válvulas de 4 vías, arqueta de protección formada por tubo de hormigón de 60 cm de diámetro interior con tapa de acero galvanizado de 4 mm de espesor, herrajes y relleno con 15 cm de grava, incluso parte proporcional panel de mando y microtubo de mando hidráulico de PE, colocada y probada.								
	Tomas	5					5,000		
							5,00	295,81	1.479,05
E02140	ud DESAGÜE DE SECTOR Desagüe para tubería secundaria de sector de PEBD, formado por válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 32 mm de diámetro, manguito de subida en PVC de diámetro 50 mm, PN 0,6 MPa, incluso reducción, arqueta de tubo de hormigón en masa de 0,5 m de longitud y 0,4 m de diámetro interior y con 15 cm de espesor de gravilla, colocado y probado.								
	Sectores	10					10,000		
							10,00	38,36	383,60
E02158	ud VÁLVULA DE ESFERA 63 mm Válvula de esfera de PVC, de PN 1,0 MPa de 63 mm de diámetro, colocada y probada.								
	Cabezal	1					1,00		
							1,00	17,21	17,21
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.4 VALVULERÍA									1.879,86
SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO									
E02141	ud BOMBA CENTR.MULTI.VERT.750W-1 1/2" Electrobomba centrífuga de dos etapas de eje vertical para instalación en superficie de la marca Grundfos, modelo CRE10-2 o similar, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable, con motor MGE monofásico con bridas de 750W de potencia, con convertidor de frecuencia, salida a 1 1/2", i/válvula de retención y p.p de tuberías de conexión, así como cuadro de maniobra en armario metálico intemperie conteniendo interruptores, diferencial, magnetotérmico y de maniobra, contactor, relé guardamotor y demás elementos necesarios s/R.E.B.T., i/recibido, instalada.								
	Cabezal	1					1,00		
							1,00	836,19	836,19
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.5 SISTEMA DE BOMBEO									836,19
SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO									
E02142	ud FILTRO DE PLÁSTICO ANILLAS 2" Suministro e instalación de filtro de anillas de plástico para riego por goteo, carcasa de PVC, D=2", i/piezas y accesorios, instalado.								
	Cabezal	1					1,00		
							1,00	173,00	173,00

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
E02143	ud FILTR.ARENA TANQ.FIB.VIDR.20" Suministro e instalación de filtro de arena, tanque de poliéster y fibra de vidrio, de tipo agrícola, para instalación de riego por goteo/microaspersión, con válvula selectora de 6 vías, toma a D=1,5", i/piezas y accesorios, instalado. Cabezal	1				1,00	1,00	523,68	523,68
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.6 EQUIPOS DE FILTRADO									696,68
SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATISMOS									
E02154	ud AUTÓ. PROGRAM. PLC SIMATIC S7-200 Autómata programable de la marca Siemens, modelo S7-200 o similar, con CPU-224, con 14/10 entradas/salidas a bordo, alimentación 24 V, entradas digitales 24 V y salidas digitales 24 V, colocado y probado. Programador	1				1,000	1,00	1.344,09	1.344,09
E02155	ud SOLENOIDE TIPO LATCH Solenoides tipo Latch para control de válvula hidráulica mediante programador, alimentado por batería de 24 V, presión nominal 1,2 MPa, incluso conexión hidráulica a panel de mandos, soporte, cables y conexión a programador, colocado y probado. Sectores	10				10,000	10,00	35,92	359,20
TOTAL SUBCAPÍTULO 2.7 PROGRAMACIÓN Y									1.703,29
TOTAL CAPÍTULO 2 RED DE RIEGO									15.587,33

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA									
SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS									
E02145	ud ESTRUCTURA SOPORTE FV 12 m2 ACERO EN FRÍO Estructura de soporte para una superficie de 12 m2 de captadores a 30° de inclinación sobre la horizontal, para superficie plana, a anclar o lastrar, formado por perfiles de acero en frío, incluso imprimación como protección antioxidante, accesorios y pequeño material necesario, completamente montado y probado.	1					1,00		
	Captador							479,60	479,60
TOTAL SUBCAPÍTULO 3.1 ESTRUCTURAS.....									479,60
SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS									
E02146	ud MÓD. FOTOVOLTAICO BP 175 Wp Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino, marca BP, modelo BP-175 S o similar, con tolerancia -0/+25%, clase de protección II, características eléctricas principales Vn=24 Vcc, Voc=43,6 Vcc, Vpmp=35,4 Vcc, Icc=5,45 A, Ipmp=4,94, grado de protección IP65 con 6 diodos de by-pass, conexión mediante multicontacto, bornera atornillable, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material para amarre a la estructura (no incluida), completamente montado, probado y funcionando.	10					10,00		
	Captador							1.464,58	14.645,80
E02147	ud INVERSOR VICTRON ENERGY C24V 800W Inversor Victron Energy C24/800/16, 24 Vcc, rango de tensión de entrada 19-36 Vcc, 230 Vac, potencia de salida 800 W y pico de potencia de 1.600 W, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.	1					1,00		
								177,65	177,65
E02148	ud BATERÍA SONNENSCHN 12V 200Ah Batería de la marca Sonnenschein o similar de 12 V, capacidad 200 Ah y límite inferior de descarga del 30%, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.	2					2,00		
	Baterías							226,82	453,64
TOTAL SUBCAPÍTULO 3.2 EQUIPOS.....									15.277,09
TOTAL CAPÍTULO 3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....									15.756,69

PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA									
SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES									
E02150	m LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x16 mm ² , EN TUBO INSTALADO Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x16 mm ² tendido en tubo previamente instalado, incluso p/p de pequeño material y conexiones, totalmente instalada. Generador-Inversor	2	2,90				5,80		
							5,80	1,63	9,45
E02095	m LÍNEA Cu RV 0,6/1 kV 1x1,5 mm ² , EN TUBO INSTALADO Línea eléctrica realizada con conductor unipolar de cobre UNE 21123 (RV 0,6/1 kV) 1x1,5 mm ² tendido en tubo previamente instalado, incluso p/p de pequeño material y conexiones, totalmente instalada. Inversor-Carga	2					2,00		
							2,00	0,58	1,16
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.1 CONDUCTORES.....									10,61
SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES									
E02151	ud UD TOMA TIERRA EN BAJA TENSION Ud.Toma de tierra de baja tensión formada por una caja de seccionamiento CST-50 cable de cobre desnudo de 1x75 mm ² y pica de cobre necesario. Incluso soldadura aluminotermica en picas y excavación. Totalmente instalada y comprobada. Toma tierra	1					1,000		
							1,00	192,68	192,68
E02152	ud CUADRO PROTECCIÓN CA MONOF IP55 Cuadro de mando y protección en el lado de corriente alterna monofásica formado por caja estanca, con grado de protección IP55, en salida de inversor dotada de interruptor magnetotérmico de 5A, interruptor diferencial 2x5 A 30 mA, instalado, incluyendo cableado y conexionado. Cuadro	1					1,00		
							1,00	207,53	207,53
E02153	ud CUADRO CONEXIÓN CC IP55 Cuadro de conexión y protección contra sobretensiones en el lado de corriente continua formado por caja estanca, con grado de protección IP55 y ventana transparente precintable y fusible de 80A, completamente montado, probado y funcionando. Conexión módulos	1					1,00		
							1,00	137,03	137,03
TOTAL SUBCAPÍTULO 4.2 PROTECCIONES.....									537,24
TOTAL CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA									547,85
TOTAL									56.808,95

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

PROYECTO FIN DE CARRERA

**INSTALACIÓN DE RIEGO FOTOVOLTAICO DE
4 ha DE OLIVAR EN CALAHORRA (La Rioja)**

Pamplona, septiembre de 2.011

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	OBRA DE TOMA Y DEPÓSITO.....	24.917,08	43,86
2	RED DE RIEGO.....	15.587,33	27,44
3	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	15.756,69	27,74
4	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	547,85	0,96
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	56.808,95	
	13,00 % Gastos generales.....	7.385,16	
	6,00 % Beneficio industrial.....	3.408,54	
	SUMA DE G.G. y B.I.	10.793,70	
	18,00 % I.V.A.....	12.168,48	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	79.771,13	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	79.771,13	

Asciede el presupuesto general a la expresada cantidad de SETENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS SETENTA Y UN EUROS con TRECE CÉNTIMOS

En Pamplona, a 31 de agosto de 2.011

Ignacio García Ruiz

Alumno de Ingeniero Agrónomo

