



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS
AGRARIAS

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

**“Proyecto de transformación en regadío
de 46,6 ha mediante sistema de pivote
central y bombeo solar en Valladolid”**

Estudiante: Luis Álvarez Guillén

Tutor: José Luis Marcos Robles

Febrero de 2026

ÍNDICE GENERAL

Documento 1. Memoria

- Anejo I: Condiciones del medio físico
- Anejo II: Situación actual
- Anejo III: Estudio de alternativas
- Anejo IV: Ficha urbanística
- Anejo V: Ingeniería del proceso productivo
- Anejo VI: Estudio Geotécnico
- Anejo VII: Necesidades hídricas
- Anejo VIII: Ingeniería de las obras
- Anejo IX: Gestión de residuos
- Anejo X: Programación de las obras
- Anejo XI: Instalaciones
- Anejo XII: Estudio de Seguridad y Salud
- Anejo XIV: Justificación de los precios
- Anejo XV: Evaluación económica

Documento 2. Planos

- Plano 1: Emplazamiento / Planta
- Plano 2: Recinto de instalaciones / Detalles
- Plano 3: Balsa. Movimiento de tierras / Perfiles
- Plano 4: Balsa. Planta y secciones / Caseta de bombeo. Equipamiento
- Plano 5: Caseta de pozo de captación. Equipamiento / Canalizaciones
- Plano 6: Centro fotovoltaico
- Plano 7: Áreas de regado. Planta / Pivotes. Alzado y detalle
- Plano 8: Instalación eléctrica / Centro fotovoltaico. Planta de distribución / Asistencia a pozo de captación y pivotes

Documento 3. Pliego de condiciones

Documento 4. Mediciones

Documento 5. Presupuesto

DOCUMENTO 1. MEMORIA

ÍNDICE DOCUMENTO 1. MEMORIA

1.	Objetivo del proyecto	1
2.	Agentes	1
3.	Localización y descripción visual	1
4.	Antecedentes	2
5.	Bases del proyecto	3
5.1.	Condicionantes.....	3
5.1.1.	Condicionantes del promotor.....	3
5.1.2.	Condicionantes climáticos	3
5.2.	Situación actual	6
5.2.1.	Tamaño de la explotación	6
5.2.2.	Maquinaria en propiedad	6
5.2.3.	Edificaciones	6
5.2.4.	Sistema de producción	7
6.	Estudio de alternativas	8
6.1.	Identificación de alternativas	8
6.2.	Evaluación de las alternativas	9
6.3.	Elección de las alternativas.....	12
7.	Ingeniería del proyecto	13
7.1.	Ingeniería del proceso productivo.....	13
7.1.1.	Nueva rotación de cultivos planteada	13
7.1.2.	Producciones esperadas	15
7.1.3.	Dosis y marco de siembra	15
7.1.4.	Fertilización	16
	PLAN HOJA 1	20
	PLAN HOJA 2.....	21
7.1.5.	Tratamientos fitosanitarios	22
7.1.6.	Maquinaria.....	23
7.1.7.	Necesidades hídricas	24
7.2.	Ingeniería de obra.....	29
7.2.1.	Ingeniería de de riego	29
7.2.2.	Balsa de riego.....	34

7.2.3.	Generación de energía	34
7.2.4.	Instalación eléctrica	34
7.2.5.	Caseta de riego	34
8.	Gestión de residuos	35
9.	Programación de las obras.....	35
10.	Seguridad y salud	35
11.	Normas de la explotación.....	36
12.	Estudio de viabilidad económica	36
13.	Presupuesto.....	37

1. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es la transformación de una superficie de cultivo de secano a regadío, comparando dichos modelos y analizando las distintas opciones que el mercado ofrece.

El proyecto persigue la optimización tecnológica y agronómica de la explotación siguiendo criterios sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, evitando tanto el desperdicio de agua como la contaminación y aumentando el beneficio económico. Siguiendo estas pautas se planteará el diseño del sistema de riego más adecuado.

El proyecto ha sido elaborado por Luis Álvarez Guillén, estudiante del grado de Ingeniería Agrícola y del Medio Rural en la Universidad de Valladolid impartido en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Campus de Palencia).

2. AGENTES

Los agentes implicados en este proyecto son los siguientes:

Promotor: Pablo de Antonio Calvo, con DNI XXXXXXXX-X, titular principal de la explotación agrícola situada en el término municipal de Valladolid.

Proyectista y director de obra: Luis Álvarez Guillén, con DNI XXXXXXXX-X, estudiante del grado de Ingeniería Agrícola y del Medio Rural en ETSIAA. Universidad de Valladolid.

Contratista: *Por determinar.*

Coordinador de seguridad y salud: *Por determinar.*

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN VISUAL

La parcela por transformar pertenece a la finca “La Matilla” que se encuentra íntegramente en el término municipal de Valladolid, en la provincia de Valladolid (Castilla y León). Esta finca es el polígono 28, parcela 2 y su referencia catastral es 47900A028000020000YE.

La finca con una superficie de tierra arable de 121,337 ha y 0,8224 ha en usos improductivos tiene

Ilustración 1: Finca “La Matilla”



Fuente: Elaboración propia (Visor Sigpac).

un total de 122,1594 ha. Esta finca actualmente produce trigo, cebada y girasol. En ella encontramos una nave agrícola como el elemento de mayor superficie improductiva, además de dicho elemento la finca consta de dos vías de acceso que conectan la nave con los caminos de servidumbre y dos torres de alta tensión.

La parcela en la que se basa el proyecto tiene una dimensión de 64,23 ha y se encuentra en la zona sureste de la finca.

El terreno tiene una pendiente media del 0,8 %, luego apenas tiene inclinación, la zona en la que se encuentra es generalmente llana, no hay elementos que generen sombra sobre esta finca.

Ilustración 2: Área de estudio



Fuente: Elaboración propia (Visor Sigpac).

4. ANTECEDENTES

En los últimos años, la agricultura ha experimentado un creciente interés en sistemas de regadío eficientes, impulsados tanto por la necesidad de aumentar la producción y rentabilidad de las fincas como por la búsqueda de resiliencia frente a la variabilidad climática y la volatilidad de los mercados. Diversos estudios y experiencias previas han demostrado que la implementación de regadío permite una producción más estable y segura que la agricultura de secano, especialmente en zonas afectadas por sequías recurrentes. Paralelamente, la incorporación de energías renovables, especialmente la energía solar, se ha consolidado como una práctica efectiva para reducir costes de impulsión y mejorar la sostenibilidad de los sistemas de riego. En este sentido, proyectos piloto en distintas regiones han evidenciado que la combinación de regadío tecnificado y energía solar permite no solo un uso más eficiente de los recursos hídricos, sino también la obtención de márgenes de beneficio más altos y sostenibles, protegiendo al mismo tiempo el entorno y los recursos naturales. Este contexto evidencia la relevancia y viabilidad de proponer un proyecto que integre tecnologías avanzadas de riego y energías renovables, construyendo sobre los conocimientos y resultados obtenidos en experiencias previas para garantizar productividad, sostenibilidad y resiliencia en la finca.

5. BASES DEL PROYECTO

5.1. CONDICIONANTES

5.1.1. Condicionantes del promotor

El promotor ha establecido una serie de requerimientos que han de ser cumplidos en el proyecto. Los condicionantes son:

- Se debe incluir una rotación de cultivos adecuada para regadío en dicha zona. Deberá al menos incluir los cultivos de cereal de invierno y hortícolas y dividirse en varias parcelas.
- Diseñar un sistema de riego para dichas parcelas y realizar un análisis agronómico para el cálculo de necesidades y dosis de riego según datos meteorológicos de la zona. El proyecto deberá incluir el diseño de una caseta de bombeo además de un estudio comparativo de las distintas bombas de impulsión que el mercado ofrece.
- El regadío deberá estar automatizado, de manera que el agricultor pueda manejarlo sin necesidad de acudir a la finca.
- Para la toma de agua se deberá utilizar uno de los pozos existentes en la finca. Se deberá realizar el estudio de la viabilidad de dicho pozo, además de un análisis de aguas.
- El sistema de manejo deberá de ir orientado hacia la agricultura de conservación. Se primará evitar la erosión del suelo y la posibilidad de transmisión de enfermedades y plagas. Se perseguirá el objetivo de aumentar el porcentaje de materia orgánica del suelo.

5.1.2. Condicionantes climáticos

Las características climáticas generales de la zona han sido obtenidas de la estación climatológica del Aeropuerto de Villanubla que se encuentra a tan solo 7 km de distancia de la finca. Los datos comentados a continuación han sido recopilados a través de la página web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

- Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 3,8 °C en enero y 22,1 °C en julio, según los datos de la estación de Villanubla. Las mínimas medias alcanzan valores de -5,9 °C en enero, mientras que las máximas medias llegan a 36,9 °C en julio. La temperatura media anual no supera los 12 grados.
- La precipitación mensual/anual media es de 435 mm, siendo mayo y diciembre los meses de mayores precipitaciones y julio y agosto los de menos con valores medios de 15 y 21 mm respectivamente.

- Se registran aproximadamente 8 días de nieve al año y alrededor de 40 días de niebla, según los valores medios mensuales. El periodo medio con riesgo de heladas se extiende 176 días, desde el 1 de noviembre hasta el 25 de abril.
- El granizo es poco frecuente, con valores de 0 a 1 día al mes, mientras que las tormentas se concentran en primavera y verano. El rocío aparece de forma habitual, especialmente entre mayo y octubre.
- Durante la primavera y el verano, los rocíos son bastante habituales, ya que las temperaturas suaves y la alta humedad favorecen su formación. Es común que se presenten varios días a la semana a lo largo de estas estaciones.
- La humedad relativa es de una media del 68% al año. Ésta se reduce un 20% en julio y se mantiene por debajo de 60% el resto de los meses de verano.

Siguiendo estos datos podemos concluir que el clima mediterráneo continentalizado se hace muy presente en esta zona, con gran amplitud térmica entre el día y la noche, con veranos cálidos e inviernos muy fríos con medias mínimas cercanas a 0 y con alto riesgo de heladas. Las precipitaciones son moderadas y bastante escasas en los meses de verano siendo estas tormentosas, si es que se dan.

5.1.3. Condiciones de la captación del agua

La captación de agua se realizará a través de cuatro pozos ya perforados en la finca. Construidos entre 1980 y 1985, estos pozos actualmente no tienen el permiso de explotación por lo que es requisito obligatorio conseguir todos los permisos necesarios para cumplir la legalidad.

- Los pozos tendrán que inscribirse de nuevo en el Libro Registro de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Duero. (Artículo 54 del Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio).

Para ser inscritos, el propietario de la finca deberá solicitar la inscripción o la concesión correspondiente al volumen de aprovechamiento de la explotación. Para ello deberá cumplimentar y entregar el modelo de solicitud junto a la documentación requerida.

Para volúmenes totales inferiores a 7.000 m³ se solicitará la *Inscripción de un aprovechamiento de aguas subterráneas en la Sección B del Registro de Aguas*. Para volúmenes superiores a 7.000 m³ se solicitará la *Concesión de aguas subterráneas. Riego con caudal igual o superior a 8 l/s o Concesión de aguas subterráneas. Riego con caudal inferior a 8 l/s*

- La perforación debe regularizarse en la Sección de Minas del Servicio Territorial de Economía de la Junta de Castilla y León.

<https://www.chduero.es/modelos-de-solicitud>

5.1.4. Condiciones legales

Este proyecto está sujeto a diferentes condicionantes legales que deben ser cumplidos para garantizar su ejecución de manera adecuada. Entre ellos se encuentran:

Normativa constructiva

- Se atenderá a todo lo establecido por el Código Técnico de la Edificación (CTE). Real Decreto 450/2022, de 14 de junio, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Normativa medioambiental

- R.D. 26/1996 de 16 de febrero ("B.O.E." n.º 61 de 11 de marzo), relativo a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Orden MAV/398/2022, de 29 de abril, por la que se aprueba el programa de actuación de las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes de origen agrícola y ganadero designadas en Castilla y León.
- Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios.

Normativa de seguridad y salud laboral

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Decreto 40/2009, de 25 de junio, de la Junta de Castilla y León y publicado en el B.O.C. y L. nº 123 de 1 de julio de 2009, en el que se aprueba el código de Buenas Prácticas Agrarias de Castilla y León.

Normativa de gestión de residuos

- Real Decreto 11/2014, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Plan Regional de Ámbito Sectorial denominado «Plan Integral de Residuos de Castilla y León».
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

5.2. SITUACIÓN ACTUAL

5.2.1. Tamaño de la explotación

En el año 2025 el total de la superficie arable de la finca (121.4 ha) se ha cultivado en secano. Se divide en cuatro subparcelas. La primera subparcela de la parte superior consta de 20.3 ha, actualmente es en la que se cultiva cebada. La siguiente subparcela comprende área rectangular por debajo de la anterior hasta llegar a la nave, en esta subparcela se incluye el área entre las vías de acceso, el total de superficie es de 32,6 ha (28,6 + 4 ha), en ella se cultiva actualmente trigo. Por debajo encontramos la tercera y cuarta subparcela, 31,96 ha de cebada y 36,48 ha de girasol respectivamente.

5.2.2. Maquinaria en propiedad

El promotor dispone de un número reducido de maquinaria en propiedad por lo que encarga ciertas labores a una empresa de servicios agrícolas. La maquinaria y aperos en propiedad son los siguientes:

Maquinaria:

Tractor N°1 - John Deere 6920 de 160cv - Gama mediana alta, motor Power Tech 6 cilindros, tracción total 4WD, transmisión de 16 velocidades CommandQuad™

Tractor N°2 - John Deere 6900 con pala de 135cv - Gama media, motor PowerTech 6 cilindros, tracción 4WD, transmisión de 16 velocidades AutoQuad

Aperos:

Grada de vertederillas de 11 cuerpos

Semichisel de 15 brazos

Cultivados-preparador de 25 brazos

Rodillo de discos de 7 metros

Remolques:

Remolque N°1 - Basculante de 2 ejes - capacidad de carga: 10t

Remolque N°2 - Monoeje basculante ligero - Capacidad: 6t

5.2.3. Edificaciones

La finca cuenta con tres edificaciones destinadas al almacenamiento de equipamiento agrícola. Dos de ellas, de 233 m² y 238 m² respectivamente, se disponen de forma contigua y longitudinal, mientras que la tercera, de 1125 m², se

sitúa en paralelo. El espacio entre las construcciones queda delimitado por un murete, conformando un recinto de 2.643 m² con acceso mediante un portón de verja metálica.

5.2.4. Sistema de producción

El promotor sigue un modelo de agricultura convencional, con una rotación en la que incluye los cultivos de guisantes, trigo o cebada y girasol. De esta manera se aprovechan las leguminosas fijadoras de nitrógeno cumpliendo con los requisitos ecológicos impuestos por la Unión Europea que le permiten cobrar la ayuda de la PAC. Esta rotación no es muy regular y se somete a variaciones anuales.

La preparación del terreno para la siembra es el único procedimiento que lleva el promotor. Una vez finalizada la campaña agrícola, el agricultor inicia las labores de preparación del terreno de cara a la siguiente siembra, aplicando un manejo flexible basado en su experiencia y en la maquinaria de la que dispone. En lugar de un chisel convencional, emplea un semichisel como apero principal para labores de profundidad media, complementado por una grada de vertederillas, un cultivador-preparador y un rodillo de discos, que utiliza según las condiciones específicas de cada parcela.

Cuando el cultivo precedente ha sido una leguminosa (guisante) suele limitar la intervención a una labor superficial con la grada de vertederillas o, si el terreno lo requiere, con el semichisel. En estos casos, el suelo presenta buena estructura y contenido en nitrógeno.

En parcelas tras cereales (como trigo o cebada), comienza retirando la paja, ya sea mediante empacado o recolección con remolque. Posteriormente, inspecciona la superficie para detectar rebrotes o malas hierbas. Si la presencia es significativa, aplica un herbicida total antes de iniciar las labores mecánicas. A continuación, realiza un pase con el semichisel para romper la capa superficial del suelo y favorecer la aireación. En caso de que el terreno presente una estructura irregular o grandes terrones, recurre al rodillo de discos para desmenuzar y nivelar antes de pasar el cultivador-preparador, que se encarga de afinar la capa superior del suelo, dejándola lista para la siembra.

Cuando el cultivo anterior ha sido una oleaginosa (como girasol), las labores requieren mayor intensidad debido a la dureza de los residuos. En primer lugar, aplica la grada de vertederillas para triturar y remover los restos vegetales. Luego, realiza una labor con el semichisel para incorporarlos al perfil del suelo. Finalmente, utiliza el rodillo de discos si el terreno queda con terrones grandes, y concluye el proceso con un pase del cultivador-preparador, que deja un lecho de siembra homogéneo y nivelado.

A pesar de no seguir un protocolo agronómico rígido, el agricultor adapta cada labor a las condiciones reales del terreno, al estado de los restos de cultivo y al tempero.

En cualquier caso, procura que la parcela quede libre de piedras, nivelada y con la estructura adecuada para garantizar una correcta nascencia.

Las labores de abonado, siembra, aplicación de fitosanitarios y cosecha se llevan a cabo por una empresa de servicios agrícolas.

Los rendimientos productivos de la explotación en secano se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 1 Rendimiento medio de la explotación en los últimos años (2022-2023-2024)

Cultivo	Rendimientos (kg/ha)
Trigo	3067
Cebada	2300
Guisante	780
Girasol	1050

Fuente: Elaboración propia. Información facilitada por el promotor.

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Este apartado se centra en la valoración de las diferentes opciones de diseño y planificación que tiene el proyecto estableciendo una comparativa entre ellas que ayude a la selección de la alternativa óptima en función del cumplimiento de las condiciones del promotor, el cumplimiento de la normativa, el aumento de la rentabilidad y la viabilidad técnica.

En el Anejo III de este proyecto se detallan todas las alternativas de forma más extensa y justificada.

6.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

En el presente proyecto se analizarán las diferentes alternativas posibles para cada factor del sistema de producción:

- Alternativas de cultivo: Se debe analizar las rotaciones de cultivo tanto para las parcelas de secano como para las de regadío dentro de la finca y elegir la opción óptima basándonos en las circunstancias de la explotación y en la rentabilidad económica que nos ofrezca.
- Alternativas de manejo: Se estudiarán los distintos métodos y estrategias de manejo para encontrar una manera óptima de gestionar los recursos, siguiendo las premisas establecidas por el promotor, aplicando criterios económicos y medioambientales.
- Alternativas para el sistema de riego: Se analizarán los distintos sistemas de riego que el mercado ofrece, valorando su adaptabilidad

a las dimensiones de la parcela, su eficiencia energética, su uniformidad de riego y la inversión requerida. Se analizará la automatizabilidad del sistema y los costes que conlleva.

- Alternativas para el bombeo: Se examinarán las distintas opciones que tenemos para el cabezal de bombeo acorde con el sistema de riego. Se comparará las distintas fuentes de energía disponibles analizando su rentabilidad y su impacto medioambiental.

6.2. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

La evaluación de las alternativas se realizará por medio de un análisis multicriterio, de manera que podamos tener una visión global de cada opción.

El procedimiento se realiza en cada uno de los apartados observados en el punto 5.1 y se aplicará una ponderación que representa el grado de importancia relativa que se le asigna a cada criterio en la toma de decisiones, además de su correspondiente nota (0-5). Se analizarán los resultados y se determinarán la elección posteriormente en el apartado 5.3.

▪ Análisis multicriterio de cultivos

Bajo condición del promotor, la rotación debe incluir un cultivo hortícola y un cereal de invierno. Además de seleccionar el respectivo cultivo condicionado hay que establecer el resto de los cultivos de la rotación.

Los criterios para valorar son los siguientes:

- Producción (P)
- Inversión requerida (I)
- Fitosanitarios (F)
- Adecuación (A)
- Precio de venta (Pv)
- Demanda (D)
- Mano de obra (M)

Tabla 2: Análisis multicriterio del cultivo

Criterio	P	I	F	A	Pv	D	M	Total
Ponderación	0,8	1	0,6	0,8	0,8	0,4	0,7	ponderado
<i>Cereales</i>								
Maíz grano	5	3	3	3	4	5	4	19,2
Trigo blando	4	5	2	5	4	5	5	22,1
Cebada (2C)	4	5	2	5	3	4	5	20,9
Avena	3	5	3	4	2	2	5	18,3
Centeno	3	5	4	4	1	2	5	18,1
<i>Forrajeros</i>								

Alfalfa	4	4	4	5	2	3	3	18,5
Veza	3	4	4	4	2	3	3	16,9
Maíz forrajero	5	4	2	4	2	4	4	18,4
<i>Oleaginosas</i>								
Girasol	3	4	3	5	4	4	4	19,8
Colza	4	3	3	5	4	3	4	19,2
<i>Leguminosas</i>								
Garbanzo	2	4	4	4	4	4	3	18,1
Lenteja	2	4	4	3	3	3	3	16,1
Judía seca	3	3	3	3	4	3	2	15,4
Guisante proteico	3	4	4	4	3	3	4	18,4
<i>De raíz o tubérculo</i>								
Patata	4	3	3	4	3	4	3	17,3
Remolacha azucarera	5	2	3	4	3	3	2	16

Fuente: Elaboración propia.

▪ Análisis multicriterio de manejo

En el siguiente análisis se comparan los principales sistemas de manejo agrícola desde distintos puntos de vista. Mediante ponderación buscamos dar mayor importancia a criterios de respeto al medioambiente y en los que los costes de inversión sean moderados.

Los criterios mediante los que se realiza la valoración son los siguientes:

- Productividad (P)
- Inversión (I)
- Rentabilidad (R)
- Adaptabilidad (A)
- Ecológico (E)

Tabla 3: Análisis multicriterio del manejo

Criterio	P	I	R	A	E	Total ponderado
Ponderación	1	1,3	0,5	0,6	1	
Siembra directa	3	3	3	5	5	13,9
Laboreo convencional	5	2	4	4	2	14
Mínimo laboreo	3	4	3	5	4	16,7
Agricultura de conservación	4	3	4	5	5	17,9

Fuente: Elaboración propia.

▪ **Análisis multicriterio de sistemas de riego (aspersión)**

De acuerdo con el requisito del promotor de establecer un sistema de riego en el proyecto, realizaremos una comparación entre los principales sistemas de riego. Los sistemas que comparamos a continuación son principalmente de aspersión, ya que el mercado para este tipo de sistemas es diverso y resulta conveniente realizar a priori un análisis comparativo de ellos.

Los criterios por los cuales se analizarán son los siguientes:

- Inversión (I)
- Adaptabilidad (A)
- Eficiencia hídrica (H)
- Mantenimiento y fiabilidad (M)
- Automatización (Au)
- Presión de trabajo (P)

Tabla 4: Análisis multicriterio del sistema de riego

Criterio	I	A	H	M	Au	P	Total
Ponderación	0,6	1	1	0,9	0,7	0,6	ponderado
Por gravedad	3	3	1	3	2	5	13,8
Enrollador	5	5	2	5	1	1	16,1
Cobertura aérea	4	5	4	4	3	3	19,8
Cobertura enterrada	2	5	4	5	4	3	20,1
Pivot	4	3	4	5	5	4	21,1
Goteo	2	4	5	2	4	5	19,1

Fuente: Elaboración propia.

▪ **Análisis multicriterio del bombeo**

Debido a los costes de impulsión que dependiendo de la modernización y adecuación del regadío pueden suponer entre un 30% y un 60% (Inforriego 2014. *Plan de monitorización de los cultivos de regadío en Castilla y León*) de los costes totales de riego, se buscará la mayor eficiencia energética posible, priorizando este aspecto frente a la inversión inicial. Por lo tanto, por medio de la ponderación incrementaremos la relevancia de la eficiencia energética y del respeto por medio ambiente, como el promotor indicó en sus condiciones.

Los criterios utilizados son los siguientes:

- Inversión inicial (I)
- Coste utilización (C)
- Eficiencia energética (E)
- Flexibilidad (F)
- Mantenimiento (M)

- Automatizabilidad (Au)
- Ecológico (Ec)

Tabla 5: Análisis multicriterio de la fuente de energía

Criterio	I	C	E	F	M	Au	Ec	Total
Ponderación	0,5	1	0,9	0,7	0,8	0,9	0,6	ponderado
Energía solar	3	5	4	3	4	4	5	23
Grupo electrógeno	4	3	3	5	4	3	2	19,3
Motor de riego	5	3	2	5	3	2	2	18,2
Energía eléctrica	2	4	5	3	5	5	5	22,1

Fuente: Elaboración propia.

6.3. ELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Alternativa de cultivo

La rotación cíclica escogida es la siguiente:

Patata / Trigo blando / Girasol / Alfalfa / Alfalfa / Alfalfa

Se busca la eficiencia en la producción, la adaptabilidad al medio y una rotación que asegure la interrupción del ciclo de plagas y enfermedades, que evite el agotamiento de nutrientes del suelo y que varíe los estratos radiculares en los que las plantas se nutren e hidratan.

Alternativa de manejo

A partir del análisis multicriterio realizado, se identificaron las técnicas de manejo más adecuadas para optimizar la producción agrícola y cumplir los objetivos de sostenibilidad, eficiencia y rentabilidad. Se ha optado por el siguiente tipo de manejo:

Agricultura de conservación

Siguiendo este tipo de manejo conseguiremos productividad además de una mejora de las condiciones del suelo que traerán beneficios tanto para el ecosistema como para el agricultor y sus producciones futuras.

Alternativa aspersión

El sistema de riego con mejor valoración y, por lo tanto, el elegido es el siguiente:

Pivot

De acuerdo con el análisis multicriterio realizado, se selecciona como sistema de riego el pivote central, debido a la gran capacidad del sistema para cubrir superficie

a coste moderado y su fácil automatización y control, que permitirá al agricultor ganar en calidad de vida a la vez que ahorra agua y energía. A pesar del inconveniente de su adaptabilidad a la geometría del terreno, el proyecto abre las puertas a futuras inversiones en regadío que permitan abarcar mayor superficie de riego.

Alternativa de bombeo

La opción de bombeo y su alimentación para el proyecto es la siguiente:

Energía solar (+grupo electrógeno)

Esta opción permite una gran versatilidad operacional, además de un ahorro en combustible, lo que repercute en una mejora de la rentabilidad y una disminución de las emisiones, ya que el uso del generador queda relegado a apoyos energéticos puntuales.

La construcción de una balsa de regulación permite a la energía solar ser mucho más útil en condiciones adversas, consiguiendo un sistema ecológico y fiable.

7. INGENIERÍA DEL PROYECTO

En el presente apartado incluye la planificación y estudio del proceso productivo y las obras de ingeniería relacionadas con la implantación del regadío en la explotación.

7.1. INGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO

El contenido sobre el proceso productivo de la nueva rotación de cultivos de este apartado se detalla en el anejo V.

7.1.1. Nueva rotación de cultivos planteada

Tras el correspondiente análisis de las alternativas de cultivo en el anejo III, la rotación de cultivos resultante es la siguiente:

Patata → Trigo → Girasol → Alfalfa

La rotación propuesta integra los cultivos mejor valorados en el análisis multicriterio, asegurando la presencia de cereal de invierno y cultivos hortícolas. La rotación seleccionada combina cultivos con funciones agronómicas complementarias y una elevada rentabilidad potencial bajo riego. La patata aporta un cultivo industrial de alto valor; el trigo blando actúa como cereal base con demanda estable; el girasol introduce diversidad y mejora la estructura del suelo gracias a su raíz pivotante; y la alfalfa, como leguminosa plurianual, fija nitrógeno,

mejora la fertilidad y estructura del suelo y reduce la necesidad de fertilización mineral.

En conjunto, esta rotación rompe ciclos de plagas, optimiza el uso del agua y nutrientes, mejora la salud del suelo y aporta estabilidad económica al combinar cultivos extensivos, oleaginosos, forrajeros y un tubérculo industrial.

El plan de cultivo se divide en dos hojas, una por área regada por pivot, por lo que la hoja 1 es de 28,5 ha y la hoja 2 de 18,1 ha. En cada hoja se aplica el ciclo, pero con un desfase en sus cultivos de modo que se asegura que en caso de que el cultivo enferme no se pierda el completo de la explotación ya que en la hoja próxima siempre habrá un cultivo distinto.

Las variedades escogidas después del análisis se muestran en los siguientes apartados.

7.1.1.1. Patata (Variedad Agria)

La variedad Agria se selecciona por su elevada calidad culinaria, alta demanda industrial y excelente adaptación al clima de Valladolid. Es una patata tardía de ciclo largo (130-150 días), con rendimientos en regadío de 40-50 t/ha y un contenido en materia seca del 22-24%, ideal para fritura. Presenta buena conservación poscosecha y resistencia media-alta a virus Y y nematodo dorado. Su versatilidad la convierte en la opción preferente para industria y mercado fresco de calidad.

7.1.1.2. Trigo blando (Variedad LG Machado)

La variedad LG Machado destaca por su máximo rendimiento en los ensayos de la Finca Zamadueñas (7.714 kg/ha), mostrando una excelente adaptación a las condiciones edafoclimáticas de Valladolid. Es precoz, de altura media y con alta resistencia al encamado, lo que facilita la cosecha y reduce pérdidas. Presenta buena resistencia a oídio y roya amarilla, y resistencia media a roya parda. La siembra óptima se sitúa entre mediados de septiembre y principios de octubre, con una dosis recomendada de 200 kg/ha.

7.1.1.3. Girasol (Variedad Artístic)

La variedad Artístic se caracteriza por su elevada productividad y su alto contenido oleico (>88%). El manejo incluye labores de preparación del terreno, abonado de fondo (15-15-15 + P + K), siembra de precisión a mediados de abril (55.000 plantas/ha) y tratamientos herbicidas y fungicidas durante el ciclo. La producción esperada es de 4.150 kg/ha, con excelente calidad para industria extractora. Los restos vegetales se dejan como acolchado, favoreciendo la conservación del suelo.

7.1.1.4. Alfalfa (Variedad Tierra de Campos)

La variedad Tierra de Campos ofrece una gran adaptación al clima continental y a los suelos de Valladolid. Presenta dormancia media (5,5-6), porte alto y una elevada relación hoja/tallo (0,9-1), con 18-20% de proteína en materia seca. Su raíz profunda mejora la estructura del suelo y la eficiencia hídrica, alcanzando rendimientos de 15-18 t MS/ha en regadío. Es competitiva frente a malas hierbas, tolerante a herbicidas y adecuada para siega o pastoreo. Se siembra en otoño o primavera con dosis de 20-40 kg/ha en cultivo puro.

7.1.2. Producciones esperadas

Para establecer una producción esperada se utilizan las producciones medias registradas en los últimos años para los cultivos seleccionados. De acuerdo con los datos de la *Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos* (ESYRCE) (2022, 2023, 2024) y el *Anuario de Estadística* (2023) del MAPA, los rendimientos medios de los cultivos son los siguientes.

Tabla 6: Producción estimada de los cultivos propuestos

Año del ciclo	Cultivo	Variedad	Producción esperada (kg/ha)	Unidad de referencia
1	Patata	Agria	45.000 kg/ha	Tubérculo fresco
2	Trigo blando	LG Machado	7.714 kg/ha	Grano al 13% humedad
3	Girasol alto oleico	Artístic	4.150 kg/ha	Semilla
4	Alfalfa (año 1)	Tierra de Campos	16.500 kg/ha	Materia seca
5	Alfalfa (año 2)	Tierra de Campos	16.500 kg/ha	Materia seca
6	Alfalfa (año 3)	Tierra de Campos	16.500 kg/ha	Materia seca

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3. Dosis y marco de siembra

La dosis y el marco de siembra dependen de las características de la semilla. Tras la recapitulación de las características correspondientes, la dosis y el marco de cada cultivo quedan de la siguiente manera:

Tabla 7: Dosis y marco de los cultivos

Cultivo	Patata	Trigo	Girasol	Alfalfa
Dosis (kg/ha)	2.708	120	3,42	8,98
Marco de siembra (DL × DP en cm)	80 × 30	15 × 3	50 × 30	15 × 2

Fuente: Elaboración propia.

7.1.4. Fertilización

Para determinar las necesidades de fertilización de cada cultivo se ha aplicado el método del balance, que consiste en comparar la cantidad de nutrientes que el cultivo extrae del suelo con los aportes que este recibe a través de la mineralización y de los restos vegetales. El objetivo es ajustar las dosis de fertilizante para reponer únicamente los nutrientes necesarios, manteniendo la fertilidad del suelo y favoreciendo una agricultura de conservación.

En el caso del nitrógeno, se emplea el Coeficiente Aparente de Utilización (CAU), que expresa la eficiencia con la que el cultivo aprovecha el nitrógeno aportado. En este estudio se adopta un valor de 0,8, lo que implica que el 80% del nitrógeno aplicado es absorbido por la planta.

Para el fósforo y el potasio se aplican factores de ajuste que corrigen la disponibilidad del nutriente en función de la textura del suelo, su contenido en P y K asimilable y el pH. Estos factores se obtienen mediante los métodos Olsen (para fósforo) y acetato amónico (para potasio).

7.1.4.1. Aportes

Aportes minerales de la materia orgánica:

Para estimar la contribución de la materia orgánica (MO) al suministro de nutrientes del suelo se calcula primero la cantidad total de N, P y K contenida en el horizonte activo (0-35 cm), y posteriormente la fracción que se mineraliza anualmente. Se procede con la siguiente fórmula:

$$\text{NPK.org (t/ha)} = 10000 \text{ m}^2 \times P(m) \times Da(\text{t/m}^3) \times (\text{MO\%} / 100) \times (\text{Contenido NPK.org (\%)} / 100)$$

Tabla 8: NPK orgánico en el suelo

NPK Orgánico en el suelo (t/ha)	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	0,924 t/ha	0,525 t/ha	0,609 t/ha

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente hay que calcular cuanta cantidad se mineraliza a través de la aplicación del coeficiente de mineralización (km). Además, se aplica un coeficiente reductor (DN=Disponibilidad del Nutriente) debido a que no todo el NPK de la materia orgánica se encuentra disponible para su mineralización.

$$\text{NPK Mh} = \text{NPK MO t/ha} \times 1000 \text{ kg/t} \times \text{km} \times \text{DN}$$

(Vm = 0,8% y DN = 75%)

Tabla 9: NPK orgánico mineralizado

NPK Orgánico mineralizado (kg/ha)	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	5,54 kg/ha	3,15 kg/ha	3,65 kg/ha

Fuente: Elaboración propia.

Aportes minerales de los restos de cosecha:

Tras el cálculo de la cantidad de restos de cosecha correspondiente a cada cultivo mediante el uso de índices de cosecha (IC) y la estimación de la proporción de NPK que tiene la materia según bibliografía se puede calcular cuanta de esta cantidad de NPK orgánico se mineraliza mediante coeficientes de mineralización. Se ha aplicado un coeficiente de 0,4 para el N y el P y 0,8 para el K, teniendo este último mayor dificultad para mineralizarse.

Los resultados según cultivo se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 10: NPK aportado por los restos de cosecha

Cultivo	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Patata	107	10	165
Trigo	52	5	96
Girasol	49	9	155
Alfalfa	16	1	10

Fuente: Elaboración propia.

Aportes del agua de lluvia:

El suelo recibe un aporte adicional por deposición atmosférica, principalmente a través de la lluvia, que incorpora al suelo compuestos nitrogenados como NO_3^- y NH_4^+ .

En la zona de estudio, con una precipitación media anual de 435,5 mm y bajos niveles de contaminación, este aporte se estima en 6 kg N/ha/año, cantidad que, aunque modesta, debe incluirse en el balance total de nitrógeno disponible para los cultivos.

Aportes del agua de riego:

Según el cultivo, en relación con su dosis de riego, y el tipo de agua se puede estimar el nitrógeno que aporta al suelo. Para el agua de estudio con una concentración de 0,05 meq/l de NO_3^- se estima lo siguiente:

Tabla 11: Nitrógeno aportado por el riego

Cultivo	Riego m^3/ha	Nitrógeno kg/ha
Patata	4727	3,3
Trigo blando	2075	1,5
Girasol linoleico	4489	3,1
Alfalfa forrajera	5925	4,1

Fuente: Elaboración propia.

Aportes por simbiosis:

La alfalfa aporta una cantidad significativa de nitrógeno al sistema mediante fijación biológica (FBN), realizada por bacterias del género *Rhizobium* que transforman el N_2 atmosférico en formas asimilables por la planta. Este proceso depende del rendimiento del cultivo, del contenido de nitrógeno en la materia seca y del porcentaje de nitrógeno fijado desde la atmósfera.

La fórmula aplicada es:

$$\text{N fijado (kg/ha)} = \text{Rendimiento total MS (kg/ha)} \times \%N \times \%FBN$$

De este modo se estima que la alfalfa aporta 396 kg N/ha/año mediante fijación simbiótica, constituyendo una de las principales fuentes naturales de nitrógeno en la rotación.

7.1.4.2. Pérdidas

Pérdidas por lixiviación:

La lixiviación de minerales del suelo consiste en el arrastre por agua de lluvia de nutrientes del suelo a capas más profundas, fuera del alcance de las raíces.

Para evaluar el riesgo de lixiviación, siguiendo la propuesta del USDA (Williams y Kissel, 1991) se debe calcular el Índice de lixiviación (IL), con el que se estima la cantidad de percolación del suelo a una profundidad de 1 m. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$IL = PI \times SI$$

El PI es el Índice de Percolación y el SI es un Índice Estacional. Tras el cálculo de estos parámetros y la obtención del IL se procede a calcular el nitrógeno lixiviado con la siguiente fórmula:

$$N_{lix} = N_{ini} \left[1 - \exp \left(- \frac{LI}{Z \theta_{med}} \right) \right]$$

Con este proceso podemos estimar las pérdidas de nitrógeno por lixiviado en 47,16 kg/ha.

Pérdidas por el material cosechado:

Conociendo el porcentaje de NPK que tiene el material cosechado por cultivo y la cantidad cosechada calculamos la siguiente tabla:

Tabla 12: NPK extraído en la cosecha

Cultivo	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Patata	169	26	189
Trigo	142	25	31
Girasol	112	24	27
Alfalfa	146	11	87

Fuente: Elaboración propia.

7.1.4.3. Necesidades de abonado

Procedimiento para el cálculo de las necesidades de nitrógeno:

Se realiza un balance en el que el sumatorio de aportes se suma al sumatorio negativo de extracciones de modo que el déficit final es la cantidad de nitrógeno que se debe aportar.

Procedimiento para el cálculo de las necesidades de fósforo:

En función de la concentración de fósforo disponible en el suelo y del pH se obtiene un factor de ajuste (f) que corrige la extracción del cultivo (Pc), representando la fracción del fósforo del suelo que no está disponible para la planta. A este valor corregido se le resta el aporte procedente de la mineralización (Pm). El fósforo a aplicar (Pf) en el abono se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Pf=(Pc \times f)-Pm$$

Procedimiento para el cálculo de las necesidades de potasio:

Al igual que el fósforo, el potasio disponible en el suelo es menor que el presente, por lo que se le aplica también un factor de ajuste (f) que corrige la extracción del cultivo (Kc). A este valor corregido se le resta el aporte procedente de la mineralización (Km). El potasio a aplicar (Kf) en el abono se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Kf=(Kc \times f)-Km$$

La siguiente table recoge las necesidades de abonado de los cultivos de la rotación.

Tabla 13: Necesidades de abonado por cultivo

Cultivo	N kg/ha	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
Patata	165	127	305
Trigo blando	162	105	72
Girasol linoleico	132	113	88
Alfalfa forrajera	-141	39	114

Fuente: Elaboración propia.

7.1.4.4. Dosis de fertilización mineral por cultivo

Tras haber realizado el cálculo de las necesidades de abonado se debe calcular la cantidad de producto comercial a aplicar en campo para que dichas necesidades se vean satisfechas. Para ello se debe conocer la concentración del material fertilizante en el producto aplicado. Además, es necesario conocer el tipo de fertilizante y establecer el calendario de aplicación.

En las tablas a continuación se presenta la fertilización por cultivo y hoja:

PLAN HOJA 1

Tabla 14: Dosis fertilizante patata Hoja 1

PATATA AÑO 1		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
15-15-15	367	55,1	55,1	55,1
TSP 46%	72	-	33,1	-
SOP 50%	502	-	-	251,0
CAN 27%	303	81,8	-	-
Total:		136,9	88,2	306,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Dosis fertilizante trigo blando Hoja 1

TRIGO BLANDO AÑO 2		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	229	-	105,3	-
SOP 50%	144	-	-	72,0
CAN 27%	448	120,9	-	-
Total:		121	105,3	72,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Dosis fertilizante girasol Hoja 1, ciclo 1

GIRASOL AÑO 3		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
15-15-15	440	66,0	66,0	66,0
TSP 46%	46	-	21,2	-
SOP 50%	44	-	-	22,0
CAN 27%	176	47,52	-	-
Total:		113,5	87,2	88,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Dosis fertilizante alfalfa Hoja 1, ciclo 1

ALFALFA AÑO 4-6		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	85	-	39,1	-
SOP 50%	228	-	-	114,0
Total:		-	39,1	114,0

Fuente: Elaboración propia.

PLAN HOJA 2

Tabla 18: Dosis fertilizante alfalfa Hoja 2, ciclo 1

ALFALFA AÑO 1-3		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	85	-	39,1	-
SOP 50%	228	-	-	114,0
Total:		-	39,1	114,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Dosis fertilizante patata Hoja 2, ciclo 1

PATATA AÑO 4		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	277	-	127,4	-
SOP 50%	612	-	-	306,0
Total:		-	127,4	306,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Dosis fertilizante trigo Hoja 2, ciclo 1

TRIGO BLANDO AÑO 5		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	229	-	105,3	-
SOP 50%	144	-	-	72,0
Total:		-	105,3	72,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Dosis fertilizante girasol Hoja 2, ciclo 1

GIRASOL AÑO 6		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	246	-	113,2	-
SOP 50%	176	-	-	88,0
CAN 27%	130	35,1	-	-
Total:		35,1	113,2	88,0

Fuente: Elaboración propia.

7.1.5. Tratamientos fitosanitarios

Los tratamientos fitosanitarios permiten proteger los cultivos frente a plagas, enfermedades y malas hierbas mediante el uso de insecticidas, fungicidas y herbicidas. Su aplicación debe realizarse de forma responsable, siguiendo las dosis recomendadas, respetando los plazos de seguridad y eligiendo productos eficaces y con bajo impacto ambiental.

La detección temprana de organismos nocivos reduce la necesidad de tratamientos y los costes asociados. En el caso de las malas hierbas, intervenir en sus primeras fases permite controlarlas con menores dosis. Además, se fomenta el manejo integrado mediante prácticas como la rotación de cultivos y el uso de variedades resistentes, contribuyendo a un sistema agrícola más sostenible.

A continuación, se muestra una tabla detallada de la aplicación de fitosanitarios por cultivo:

Tabla 22: Fitosanitarios y sus dosis

Cultivo	Tipo de tratamiento	Materia activa	Dosis (l/ha)
Patata	Herbicida presiembra	Glifosato 36%	3-6
	Fungicida preventivo	Mandipropamid 25% + Difenconazol 25%	0,6
	Fungicida preventivo	Mandipropamid 25% + Difenconazol 25%	0,6
	Fungicida en surco	Azoxistrobin 22,8%	3
Trigo	Herbicida presiembra	Glifosato 36%	3-6
	Herbicida pre y postemergencia	Diflufenican 4% + Pendimetalina 40%	1,75-2,5
	Fungicida	Azoxistrobin 25%	0,8-1
	Fungicida	Azoxistrobin 25%	0,8-1
Girasol	Herbicida presiembra	Glifosato 36%	3-6
	Herbicida postemergencia	Quizalofop-P-etil 10%	0,5-0,75
	Fungicida	Azoxistrobin 11,4% + Difenconazol 11,4%	1
	Fungicida	Azoxistrobin 11,4% + Difenconazol 11,4%	1
Alfalfa	Herbicida presiembra	Glifosato 36%	3-6
	Herbicida postemergencia	Quizalofop-P-etil 10%	0,4-0,6

Fuente: Elaboración propia.

7.1.6. Maquinaria

El agricultor utiliza maquinaria propia, optimizando su empleo para reducir costes y mejorar la eficiencia de las labores. No obstante, sigue existiendo una dependencia significativa del alquiler de aperos y de la contratación de servicios externos.

Se ha priorizado el uso de los tractores y equipos en propiedad, recurriendo al alquiler únicamente cuando ha sido imprescindible. Aun así, ha sido necesario contratar servicios específicos para las labores de cosecha, especialmente en el caso de la alfalfa, que requiere varias siegas a lo largo del año y demanda maquinaria especializada.

7.1.7. Necesidades hídricas

Con el objetivo de optimizar el uso del agua y evitar tanto su desperdicio como el funcionamiento innecesario del sistema de riego, se ha realizado una estimación de las necesidades hídricas de cada cultivo. El cálculo se ha desarrollado siguiendo la metodología propuesta por la FAO, basada en la determinación de las necesidades netas (Nn) mediante el balance entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y las precipitaciones efectivas (Pe):

$$Nn = ETc - Pe$$

Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc):

La ETc se calcula por medio del coeficiente de cultivo (Kc) y la obtención de la evapotranspiración de referencia (Eto) en la zona de estudio.

$$ETc: Kc \times ETo$$

Los coeficientes usados son los siguientes procedentes de la FAO56 2025:

Tabla 23: Coeficientes de cultivo

Cultivo	Kc ini	Kc med	Kc fin
Patata (Ciclo largo)	0,50	1,10	0,40
Trigo blando	0,30	1,15	0,25
Girasol linoleico	0,35	1,15	0,30
Alfalfa para forraje	0,50	1,20	1,15

Fuente: Elaboración propia.

La Eto media en la zona de estudio es la siguiente:

Tabla 24: Evapotranspiración de referencia

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETo (mm/día)	0,85	1	1,8	2,6	3,8	4,9	5,6	4,8	3,2	2	1,1	0,9
ETo (mm/mes)	26,35	28	55,8	78	117,8	147	173,6	148,8	96	62	33	27,9

Fuente: Elaboración propia.

Precipitación efectiva (Pe):

Se establece que del total de agua de lluvia solo el 80% llega a almacenarse en el suelo, debido a ciertas pérdidas como la escorrentía superficial. Por lo que la precipitación efectiva mensual es la siguiente

Tabla 25: Precipitación efectiva

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pe (mm)	32,8	19,7	25,3	35,4	35,7	26,3	11,2	13,5	24,1	46,6	40,4	37,3

Fuente: Elaboración propia.

Una vez se conoce la demanda del cultivo se ha de conocer cuanto y como se debe aplicar el riego, ya que el suelo actúa de almacén y la capacidad de la planta para alcanzar su agua aumenta con el desarrollo de las raíces del cultivo.

Para ello se debe establecer la estrategia de riego y calcular el nivel de agotamiento permisible (NAP).

Estrategia de riego:

En el proyecto se establece que se aplica el riego cuando el déficit de agua en el suelo (DAS) es igual al nivel de agotamiento permisible (NAP): $DAS = NAP$.

Cálculo del intervalo de humedad disponible (IHD):

Este intervalo es el agua disponible en el suelo para la planta en función de las características del suelo. En este cálculo se incluyen los conceptos de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PM), que son el valor máximo de agua que el suelo puede contener y el valor mínimo al que se le pueden someter a las plantas respectivamente. También incluye la densidad aparente del suelo (Da). La fórmula es la siguiente:

$$IHD = (\%CC - \%PM) \times Da \times 10$$

$$\%CC = (0,48 \times \% \text{Arcilla}) + (0,162 \times \% \text{Limo}) + (0,023 \times \% \text{Arena})$$

$$\%PM = (0,302 \times \% \text{Arcilla}) + (0,102 \times \% \text{Limo}) + (0,0147 \times \% \text{Arena})$$

Las características granulométricas del suelo son las siguientes:

Tabla 26: Granulometría del suelo

Parámetro	Resultado	Unidades
Arena	49,0	%
Limo	15,10	%
Arcilla	35,9	%
Densidad aparente (Da)	1,35	t/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos procedemos al cálculo de la CC y del PM y del IHD:

$$\%CC = (0,48 \times 35,9\%) + (0,162 \times 15,1\%) + (0,023 \times 49,0\%) = 0,207 = 20,7 \%$$

$$\%PM = (0,302 \times 35,9\%) + (0,102 \times 15,1\%) + (0,0147 \times 49,0\%) = 0,136 = 13,6 \%$$

$$IHD = (20,7\% - 13,6\%) \times 1,35 \times 10 = 95,9 \text{ mm}$$

Profundidad efectiva de las raíces (PR):

La profundidad efectiva de las raíces es aquella en la que la mayor parte del sistema radicular de la planta está activa y puede absorber agua y nutrientes. Esta profundidad varía con el desarrollo del cultivo y con el intervalo de humedad disponible.

$$PR = PR \text{ mín} + ((PR \text{ máx} - PR \text{ mín}) \times PRf)$$

Los datos necesarios en esta fórmula son:

- PR mín y PR máx son la profundidad de la raíz mínima al principio de su desarrollo (=profundidad de siembra) y máxima al final.
- PRf es el factor de crecimiento de las raíces

Los valores límites de profundidad de raíz para los cultivos respectivos según la FAO son los siguientes:

Tabla 27: Profundidades máxima y mínima de la raíz

Cultivo	PR mín (m)	PR máx (m)
Patatas	0,10	0,6
Trigo blando	0,03	1,7
Girasol	0,05	1,3
Alfalfa	0,02	2

Fuente: Elaboración propia.

Con la recopilación de datos se procede al cálculo del calendario de riego con el que se prevé la necesidad de riego y su frecuencia. En las siguientes tablas se muestra dicho calendario, incluyendo los resultados del cálculo de los parámetros anteriormente planteados cada diez días aproximadamente.

Tabla 28: Calendario de riego de la patata

PATATA		Etc (mm)	Pe (mm)	IHD (mm)	PR (m)	NAP (mm)	DAS (mm/10 días)	Das acumulado (mm)	Riego	Db (mm)
Abril	2	13,0	11,8	95,9	0,1	7,7	1,2	1,2		
	3	15,2	11,8	95,9	0,2	9,7	3,4	4,6		
Mayo	1	17,4	11,9	95,9	0,2	11,7	5,5	10,1		
	2	24,3	11,9	95,9	0,2	13,7	12,4	22,6	x	25,1
	3	31,5	11,9	95,9	0,3	15,9	19,6	19,6	x	21,7
Junio	1	39,3	8,8	95,9	0,3	17,9	30,6	30,6	x	34,0
	2	48,0	8,8	95,9	0,3	19,8	39,3	39,3	x	43,6
	3	57,2	8,8	95,9	0,4	21,8	48,4	48,4	x	53,8
Julio	1	60,4	3,7	95,9	0,4	23,8	56,7	56,7	x	63,0
	2	63,7	3,7	95,9	0,4	25,8	59,9	59,9	x	66,6
	3	60,6	3,7	95,9	0,5	28,0	56,9	56,9	x	63,2
Agosto	1	57,6	4,5	95,9	0,5	30,0	53,1	53,1	x	59,0
	2	43,0	4,5	95,9	0,6	31,9	38,5	38,5	x	42,8
	3	27,7	4,5	95,9	0,6	34,1	23,2	23,2		
Septiembre	1	15,1	8,0	95,9	0,6	34,5	7,1	30,3		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Calendario de riego del trigo

TRIGO		Etc (mm)	Pe (mm)	IHD (mm)	PR (m)	NAP (mm)	DAS (mm/10 días)	Das acumulado (mm)	Riego	Db (mm)
Noviembre	1	4,3	13,5	95,9	0,1	5,7	-9,2	0,0		
	2	3,3	13,5	95,9	0,2	9,7	-10,2	0,0		
	3	3,1	13,5	95,9	0,2	13,7	-10,3	0,0		
Diciembre	1	3,6	12,4	95,9	0,3	17,7	-8,9	0,0		
	2	3,9	12,4	95,9	0,4	21,7	-8,5	0,0		
	3	4,4	12,4	95,9	0,5	26,1	-8,0	0,0		
Enero	1	4,9	10,9	95,9	0,5	30,2	-6,1	0,0		
	2	5,3	10,9	95,9	0,6	34,2	-5,6	0,0		
	3	6,0	10,9	95,9	0,7	38,6	-5,0	0,0		
Febrero	1	6,6	6,6	95,9	0,7	42,2	0,1	0,1		
	2	7,3	6,6	95,9	0,8	45,8	0,8	0,8		
	3	10,5	6,6	95,9	0,9	49,8	3,9	4,8		
Marzo	1	14,1	8,4	95,9	0,9	53,8	5,6	10,4		
	2	18,0	8,4	95,9	1,0	57,8	9,6	20,0		
	3	21,7	8,4	95,9	1,1	62,2	13,2	33,2		
Abril	1	25,6	11,8	95,9	1,2	66,2	13,8	47,1		
	2	29,9	11,8	95,9	1,2	70,2	18,1	65,2		
	3	35,0	11,8	95,9	1,3	74,2	23,2	88,3	x	98,2
Mayo	1	40,1	11,9	95,9	1,4	78,2	28,2	28,2		
	2	45,2	11,9	95,9	1,4	82,2	33,3	61,4		
	3	48,9	11,9	95,9	1,5	86,6	37,0	98,4	x	109,4
Junio	1	38,9	8,8	95,9	1,6	90,6	30,1	30,1		
	2	26,9	8,8	95,9	1,6	94,6	18,2	48,3		
	3	13,0	8,8	95,9	1,7	95,9	4,2	52,5		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Calendario de riegos del girasol

GIRASOL		Etc (mm)	Pe (mm)	IHD (mm)	PR (m)	NAP (mm)	DAS (mm/10 días)	Das acumulado (mm)	Riego	Db (mm)
Abril	3	10,6	11,8	95,9	0,1	5,6	-1,2	0,0		
Mayo	1	12,2	11,9	95,9	0,2	11,2	0,3	0,3		
	2	13,7	11,9	95,9	0,3	16,7	1,8	2,1		
	3	23,4	11,9	95,9	0,4	22,8	11,5	13,6		
Junio	1	34,3	8,8	95,9	0,5	28,3	25,6	39,2	x	43,5
	2	46,6	8,8	95,9	0,6	33,9	37,8	37,8	x	42,0
	3	59,7	8,8	95,9	0,7	39,4	51,0	51,0	x	56,6
Julio	1	63,1	3,7	95,9	0,8	44,9	59,4	59,4	x	66,0
	2	66,5	3,7	95,9	0,9	50,5	62,8	62,8	x	69,8
	3	63,4	3,7	95,9	1,0	56,5	59,6	59,6	x	66,3
Agosto	1	60,2	4,5	95,9	1,1	62,1	55,7	55,7		
	2	43,0	4,5	95,9	1,2	67,6	38,5	94,2	x	104,7
	3	25,5	4,5	95,9	1,3	73,7	21,0	21,0		
Septiembre	1	11,4	8,0	95,9	1,3	74,8	3,3	24,3		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Calendario de riego de la alfalfa

ALFALFA		Etc (mm)	Pe (mm)	IHD (mm)	PR (m)	NAP (mm)	DAS (mm/10 días)	Das acumulado (mm)	Riego	Db (mm)
Marzo	2	9,3	8,4	95,9	0,1	3,4	0,9	0,9		
	3	14,2	8,4	95,9	0,1	8,3	5,8	6,7		
Abril	1	20,0	11,8	95,9	0,2	12,8	8,2	14,9	x	16,5
	2	26,7	11,8	95,9	0,3	17,2	14,9	14,9		
	3	36,5	11,8	95,9	0,4	21,7	24,7	39,6	x	44,0
Mayo	1	41,8	11,9	95,9	0,5	26,2	29,9	29,9	x	33,2
	2	45,2	11,9	95,9	0,5	30,6	33,3	33,3	x	37,0
	3	31,2	11,9	95,9	0,6	35,6	19,3	19,3		
Junio	1	44,2	8,8	95,9	0,7	40,0	35,5	54,9	x	60,8
	2	58,8	8,8	95,9	0,8	44,5	50,0	50,0	x	55,6
	3	59,7	8,8	95,9	0,9	49,0	51,0	51,0	x	56,6
Julio	1	27,5	3,7	95,9	0,9	53,4	23,7	23,7		
	2	42,4	3,7	95,9	1,0	57,9	38,7	62,4	x	69,4
	3	53,3	3,7	95,9	1,1	62,8	49,5	49,5		
Agosto	1	62,8	4,5	95,9	1,2	67,3	58,3	107,9	x	119,9
	2	57,0	4,5	95,9	1,2	71,7	52,5	52,5		
	3	21,9	4,5	95,9	1,3	76,7	17,4	69,9		
Septiembre	1	27,8	8,0	95,9	1,4	81,1	19,7	89,6	x	99,6
	2	30,9	8,0	95,9	1,5	85,6	22,9	22,9		
	3	33,9	8,0	95,9	1,6	90,1	25,8	48,7		
Octubre	1	28,1	15,5	95,9	1,6	94,5	12,6	61,3		
	2	10,3	15,5	95,9	1,7	99,0	-5,2	56,1		
	3	12,8	15,5	95,9	1,8	103,9	-2,7	53,4		
Noviembre	1	13,7	13,5	95,9	1,9	108,4	0,3	53,7		
	2	13,2	13,5	95,9	2,0	112,8	-0,3	53,4		
	3	12,0	13,5	95,9	2,0	115,1	-1,5	51,9		

Fuente: Elaboración propia.

El volumen que se estima regar es el siguiente:

Tabla 32: Calendario de riego de la alfalfa

Cultivo	Db (mm)	Vol (m ³ /ha)	Pivot 1*	Pivot 2*
			m ³ /año	m ³ /año
Patata	473	4727	134.607	85.730
Trigo blando	208	2075	59.093	37.636
Girasol linoleico	449	4489	127.832	81.415
Alfalfa forrajera	593	5925	168.728	107.461

Fuente: Elaboración propia.

7.2. INGENIERÍA DE OBRA

En el presente apartado se recopila la información referente al sistema de riego, la infraestructura de protección, la balsa de regulación y el centro fotovoltaico.

7.2.1. Ingeniería de de riego

7.2.1.1. Sistema de riego

El sistema de riego escogido para la finca es el de pivote central con una disposición sectorial. Este sistema consiste en una estructura tubular autoportante elevada por torres móviles de la que cuelgan aspersores por la que circula el agua a medida que realiza un movimiento pivotante sobre una torre central anclada al suelo por medio de una solera de hormigón.

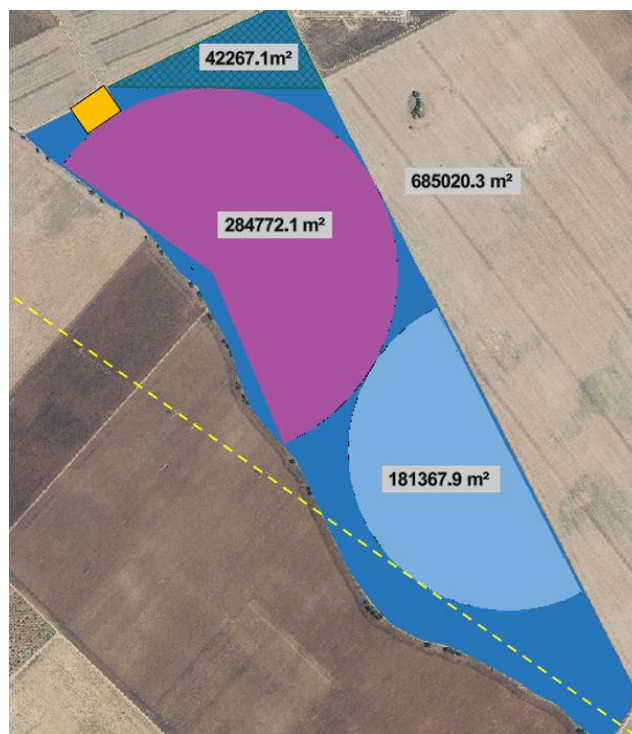
La compleja adaptación a la geometría de la finca requiere un correcto proceso de diseño para hacer un uso óptimo de la superficie disponible.

La disposición de los dos pivotes proyectados queda representada en la Ilustración 3.

Con esta distribución se consigue un total de 46,6 hectáreas.

El pivot de mayor longitud y superficie regada lo denominamos *Pivot 1*, el menor *Pivot 2*, y sus características son las siguientes:

Ilustración 3: Disposición de los pivots



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Características de los pivotes

	Pivot 1	Pivot 2
Longitud (m)	393,1	339,6
Longitud tramo (m)	53,5	53,5
Área regada (ha)	28,48	18,14
Ángulo de giro (°)	211	180
Número de tramos/torres	7	6
Longitud voladizo (m)	18,6	18,6
Altura pivot (m)	4,4	4,4
Diámetro tubería (mm)	168,3	141,3

Fuente: Elaboración propia.

7.2.1.2. Red hidráulica

Las conducciones se realizarán de dos materiales, de PVC-O para la mayoría de la conducción y de acero galvanizado para el pozo.

Las tuberías utilizadas son las siguientes:

- Tuberías de PVC-O PN6 DN125/160/180
- Tubería de acero galvanizado ASTM A53 Gr B, ASME B36.10 SCH 30, DN200 (8", Ø 219,1 mm)

La captación se realiza mediante un pozo perforado de 60 m de profundidad equipado con una bomba centrífuga vertical sumergible, instalada aproximadamente 10 m por debajo del nivel estático (situado a 35 m).

La bomba queda suspendida mediante una columna de impulsión de acero galvanizado. En superficie, el conjunto se fija mediante un cabezal sanitario metálico que sella el brocal y soporta el peso de la columna.

Desde el cabezal parte la conducción hacia el depósito regulador, equipada con los elementos necesarios de control y seguridad: válvula de retención, ventosa, válvulas de aislamiento, manómetro y un contador tipo Woltman®.

La conducción requiere la instalación de varios codos para orientar la tubería tanto en superficie como en profundidad. En la salida del pozo se ubican elementos de control y seguridad. Al llegar a la balsa la tubería asciende al dique hasta la corona donde se fija con un dado.

La toma de agua se realiza de forma individual por cada una de las dos bombas que alberga la caseta, tras su filtrado por medio de filtro de mallas automáticos y su registro en sus respectivos contadores, se distribuye a cada pivot.

7.2.1.3. Cálculo hidráulico

Para dimensionar el sistema de riego y programar su funcionamiento se estiman diversos parámetros dependientes de la finca, el clima, el sistema instalado y los cultivos. Los cálculos se hacen en función del cultivo más exigente en el mes crítico (julio) presenta una ET_c máxima de 6,7 mm/día (N).

La Jornada Efectiva de Riego (JER) se fija en 15 horas/día, permitiendo que al menos el 50% del bombeo se realice con energía solar (7,5 h de radiación útil). La fracción de día es 7,5/24 (Fd). La eficiencia de aplicación del sistema se estima en 0,90 (Ea), propia de instalaciones modernas.

Caudal de diseño:

El caudal determina el modelo de pivot y el dimensionamiento de la tubería portante. Varía según el pivot debido a la variación del área regada (A). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_0 = 0,116 \frac{N \cdot A}{Ea \cdot Fd}$$

Tabla 34: Caudal de diseño

	Pivot 1 (28,5 ha)	Pivot 2 (18,14 ha)
Q ₀ (l/s)	39,26	25,00

Fuente: Elaboración propia.

Pluviometría máxima en el extremo:

Es la cantidad máxima de agua que puede regarse sin generar encharcamiento. A mayor caudal mayor es la pluviometría y por ende mayor la velocidad mínima de paso. Por ello se busca compensar el alto caudal del sistema (Q₀) con emisores de mayor anchura mojada (AM) que reducen la pluviometría. En el cálculo afecta el radio del pivot (R) y el ángulo de giro del pivot (θ).

La pluviometría máxima (Pm) se calcula con la siguiente fórmula:

$$Pm = \frac{28800}{\pi \frac{\theta}{360}} \frac{Q}{R \cdot AM}$$

Tabla 35: Pluviometría máxima en el extremo

	Pivot 1 (28,5ha)	Pivot 2 (18,14 ha)
P _{mr} (l/m ² h)	87,3	75,4

Fuente: Elaboración propia.

Velocidad de paso:

El volumen aplicado por el pivot se regula mediante su velocidad de avance, la cual está limitada tanto por la capacidad de los motores de las torres como por la infiltración del suelo. La velocidad máxima viene dada por el motor, que permite un desplazamiento de 2 m/min. La velocidad mínima se obtiene a partir del tiempo máximo de paso, determinado mediante el ábaco en función de la pluviometría máxima, la textura del suelo y la pendiente. Una vez conocido ese tiempo, la velocidad mínima se calcula dividiéndolo entre el diámetro de aspersión del emisor (17,9 m). La tabla siguiente recoge ambos valores para cada pivot:

Tabla 36: Velocidad de paso

	Pivot 1	Pivot 2
t_o (h/riego)	11,5	8,4
t_1 (h/riego)	27,0	23,7

Fuente: Elaboración propia.

Dosis de riego:

La dosis de riego es la cantidad de agua aplicada por unidad de superficie y depende directamente de la velocidad de avance del pivot. La dosis bruta corresponde al agua emitida por los aspersores, mientras que la dosis neta es la que realmente aprovecha el cultivo, tras aplicar la eficiencia del sistema (0,90).

Para determinar las dosis máxima y mínima se calcula primero el tiempo de paso del pivot, que depende del ángulo de giro, la longitud del equipo y sus velocidades máxima y mínima. La velocidad máxima viene limitada por los motores (2 m/min), mientras que la mínima se obtiene mediante el ábaco de infiltración, considerando la pluviometría máxima, la textura del suelo y la pendiente.

Con los tiempos de riego obtenidos se calculan las dosis brutas máxima y mínima, y posteriormente las dosis netas aplicando la eficiencia. Los resultados son:

Tabla 37: Dosis de riego

	Pivot 1	Pivot 2
Db máx (mm/riego)	13,4	11,7
Db mín (mm/riego)	5,7	4,2
Dn máx (mm/riego)	12,0	10,6
Dn mín (mm/riego)	5,1	3,8

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores permiten elaborar la carta del pivot, que relaciona la dosis neta deseada con el porcentaje de velocidad al que debe trabajar la torre final. La carta confirma que el sistema puede cubrir la demanda máxima del cultivo (6,7 mm/día) dentro de la jornada efectiva de riego, manteniendo además un margen de flexibilidad para ajustar dosis en función de la disponibilidad de energía solar.

Presión a la entrada del pivot:

La presión necesaria a la entrada de cada pivot se calcula con la siguiente expresión:

$$P_o/\gamma = P_A/\gamma + h_1 + h_2 + h_3$$

P_A/γ : Presión nominal de los emisores (14,1 m.c.a.)

h_1 : Pérdidas de carga en la tubería del pivot (depende del pivot)

h_2 : Desnivel geométrico (≈ 1 m)

h_3 : Altura del pivot y altura de tubería (4,22 + 1,8 m)

Los resultados son:

Tabla 38: Presión a la entrada

	Pivot 1	Pivot 2
Presión (m.c.a.)	25,9	22,9

Fuente: Elaboración propia.

Dimensionado de las bombas:

Las bombas deben aportar al agua la energía suficiente para cubrir tres componentes fundamentales:

- Altura geométrica (H_g): diferencia de cotas entre el punto de impulsión y el emisor más desfavorable.
- Pérdidas de carga (H_p): incluyen pérdidas continuas por rozamiento en tuberías y pérdidas locales en accesorios (codos, válvulas, filtros, etc.).
- Presión de servicio (H_e): presión mínima necesaria en los emisores para su funcionamiento adecuado.

La altura manométrica total que debe suministrar cada bomba se calcula mediante:

$$H = H_g + H_p + H_e$$

Con estos valores se dimensionan las tres bombas de la explotación. Las bombas seleccionadas tienen las siguientes características:

Tabla 39: Características de las unidades de bombeo

Parámetro	Bomba de captación	Bomba Pivot 1	Bomba Pivot 2
Altura manométrica total	≈ 60 m.c.a.	≈ 40 m.c.a.	≈ 60 m.c.a.
Tipo de bomba	Turbina vertical sumergible con VFD	Centrífuga horizontal con VFD	Centrífuga horizontal con VFD
Modelo recomendado	Grundfos SP 215-3	Grundfos NB 80-200/188	Grundfos NB 65-200/217
Potencia absorbida	57,17 kW	22,88 kW	20,97 kW

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2. Balsa de riego

La balsa tiene como función principal reducir la potencia necesaria en la bomba del pozo y permitir el uso de bombas intermedias más eficientes energéticamente, de modo que la energía solar se utilice de forma óptima.

La capacidad requerida debe ser suficiente para almacenar dos días de riego en condiciones de máxima demanda. La balsa proyectada alcanza unos 6.150 m^3 , con un resguardo de 1 m, cumpliendo la función prevista.

7.2.3. Generación de energía

El sistema de riego requiere una potencia eléctrica conjunta de $\approx 101 \text{ kW}$, equivalente a 124 kVA, para permitir el funcionamiento simultáneo de las tres bombas. Con estos valores se dimensionan tanto el campo fotovoltaico como el grupo electrógeno.

El campo solar se diseña con un sobredimensionamiento del 15-20%, instalando 145-170 kWp en paneles. Se seleccionan módulos de 535 Wp, y mediante el análisis de producción (4,524 kWh/día por módulo en julio) se determina la necesidad de ≈ 250 -258 módulos, organizados en 14 strings y gestionados por 3 inversores trifásicos de 175 kW.

El grupo electrógeno recomendado es un KOHLER-SDMO J130, con potencia nominal de 130 kVA, suficiente para cubrir la demanda cuando no haya energía solar.

7.2.4. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica se dimensiona siguiendo el REBT y las recomendaciones de los fabricantes. Los conductores se seleccionan para soportar la corriente máxima, respetar las caídas de tensión permitidas y ajustarse a las condiciones reales de montaje mediante los factores de corrección necesarios. En corriente continua se emplea cable PV1-F apto para 1500 V y uso exterior, mientras que en alterna se utilizan cables 0,6/1 kV adecuados al tipo de canalización. La sección final de cada cable se define garantizando seguridad térmica, compatibilidad con protecciones y fiabilidad del sistema.

7.2.5. Caseta de riego

La caseta de riego será prefabricada de hormigón pretensado, proporcionando alta resistencia, durabilidad y protección frente a agentes externos. Su fabricación industrial asegura calidad y rapidez de montaje, además de permitir integrar ventilación, accesos, pasamuros y espacio para equipos auxiliares, ofreciendo una solución compacta, estanca y de fácil mantenimiento.

8. GESTIÓN DE RESIDUOS

En el anejo IX se establece las directrices para gestionar los residuos de construcción y demolición (RCD) generados durante la transformación de la finca a regadío, siguiendo la normativa vigente: RD 105/2008, Ley 7/2022, y Decreto 11/2014 de Castilla y León.

La obra incluye la instalación de pivots, casetas, placas solares, balsa y canalizaciones, generando residuos de distinta naturaleza. Se identifican los agentes responsables (promotor, contratista, gestor y proyectista) y se clasifican los residuos según la Lista Europea de Residuos (LER) en tres niveles:

- Nivel I: inertes (tierras, áridos, hormigón, cerámicos)
- Nivel II: valorizables (metales, madera, plástico, papel)
- Nivel III: peligrosos (no previstos en este proyecto)

Se estiman las cantidades generadas, destacando que la mayoría son tierras de excavación reutilizables en obra. El resto se entregará a gestores autorizados para reciclaje o valorización.

El anejo define medidas de prevención, como planificación de compras, separación selectiva, reutilización de materiales y formación del personal. También se establece un área de almacenamiento temporal de unos 20 m², señalizada y organizada por tipos de residuos, para facilitar su gestión y transporte.

9. PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS

En el proyecto se incluye en el anejo X la organización de la ejecución de todas las obras del proyecto: pivotes, canalizaciones, balsa, caseta de bombeo y centro fotovoltaico. Estableciendo un orden cronológico que evite solapes y garantice la eficiencia del personal.

Se utiliza un diagrama de Gantt para coordinar actividades, planificando la obra entre noviembre y mediados de enero, con una duración aproximada de dos meses y medio.

10. SEGURIDAD Y SALUD

En el proyecto se incluye el Estudio de Seguridad y Salud de la obra, definiendo los criterios, medidas preventivas y procedimientos necesarios para garantizar la protección de los trabajadores durante la transformación a regadío de la finca. Incluye la identificación de agentes responsables, la descripción del entorno y de las características de la obra, los medios de auxilio disponibles, las instalaciones de higiene y bienestar, y la relación de riesgos laborales asociados a cada fase constructiva. Además, detalla las medidas preventivas, los equipos de protección

individual y las condiciones de uso seguro de maquinaria, herramientas y medios auxiliares. Este estudio referido en el anejo XII constituye la guía técnica que regula la planificación y ejecución segura de todos los trabajos.

11. NORMAS DE LA EXPLOTACIÓN

En este apartado, correspondiente al Anejo XIV, se recogen las directrices que el promotor deberá seguir para la correcta explotación de la parcela objeto del proyecto. En él se detallan los insumos y prácticas recomendadas, variedades y dosis de siembra, fertilización, manejo de productos fitosanitarios y otros tratamientos con el fin de optimizar los rendimientos y mejorar la rentabilidad de la explotación.

El cumplimiento de lo establecido en este anejo, así como de lo indicado en el pliego de condiciones y en la normativa vigente, resulta imprescindible para alcanzar los objetivos previstos. Debe señalarse que, en caso de no lograrse dichos objetivos por incumplimiento de estas indicaciones, la responsabilidad no recaerá sobre el proyectista.

12. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

El proyecto es económicamente viable además de fiable y seguro. Esto se ha podido comprobar en el análisis correspondiente al Anejo XV. En este anejo dedicado al análisis económico del proyecto se ha corroborado la rentabilidad mediante los siguientes parámetros:

Tabla 40: Resumen análisis económico

Financiación	VAN (€)	TIR (%)	Pay-back (años)
Propia	520.483,24 €	10,59%	8
Ajena	593.167,59 €	27,25%	5

Fuente: Elaboración propia.

En este análisis, realizado con la herramienta Valproín, se asume una subvención del 20% de la inversión. Este tipo de ayuda, habitual en las inversiones agrícolas, permite que los índices recogidos sean muy positivos, mostrando la conveniencia del proyecto para el promotor.

En el estudio se ha comprobado también el beneficio que tiene la financiación ajena frente a la rentabilidad del capital propio, como se puede observar en la tabla (Tabla 39).

13. PRESUPUESTO

El presupuesto desarrollado en el Documento 3 se resume en la siguiente tabla:

Tabla 41: Resumen del presupuesto

Capítulo	
Capítulo 1 Balsa de riego	39.254,00
Capítulo 2 Canalizaciones y elementos hidráulicos	27.582,38
Capítulo 3 Sistemas de riego	152.025,89
Capítulo 4 Cabezal de bombeo	60.730,76
Capítulo 5 Instalación eléctrica y energética	116.449,22
Capítulo 6 Seguridad perimetral y videovigilancia	11.619,84
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	407.662,09
13% de gastos generales	52.996,07
6% de beneficio industrial	24.459,73
Suma	485.117,89
21%	101.874,76
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	586.992,65
4% Honorarios de proyecto	23.479,71
2% Honorarios dirección de obra	11.739,85
1% Coordinador S.S.	5.869,93
Suma	41.089,49
21% I.V.A. de Honorarios	8.628,79
TOTAL HONORARIOS PRESUPUESTO	49.718,28
TOTAL PRESUPUESTO	636.710,93

Fuente: Elaboración propia (programa Arquímedes).

La suma de presupuesto con IVA es de:

SEISCIENTOS TREINTA Y SEIS MIL SETECIENTOS DIEZ EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS

En Valladolid, a 16 de febrero de 2026

Luis Álvarez Guillén

Alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

ANEJO I: CONDICIONANTES DEL MEDIO FÍSICO

ÍNDICE ANEJO I. CONDICIONANTES DEL MEDIO FÍSICO

1.	Estudio climático	1
1.1.	Situación geográfica de la zona de estudio	1
1.2.	Elección del observatorio.....	1
1.3.	Elementos climáticos térmicos	2
1.3.1.	Cuadro resumen de temperaturas	2
1.3.2.	Representación gráfica	3
1.4.	Régimen de heladas	3
1.4.1.	Estimación directa	3
1.5.	Elementos climáticos hídricos	4
1.5.1.	Estudio de la dispersión. Método de los quintiles.....	5
1.5.2.	Precipitaciones máximas en 24 horas	8
1.6.	Elementos climáticos secundarios.....	8
1.6.1.	Otros elementos climáticos	8
1.6.2.	Vientos	9
1.7.	Diagramas	9
1.7.1.	Diagrama ombrotérmico de Gaussen	10
1.7.2.	Diagrama de termohietas.....	11
1.8.	Continentalidad	11
1.8.1.	Introducción	11
1.8.2.	Índice de continentalidad de Gorczynski	12
1.9.	Índices termopluviométricos.....	13
1.9.1.	Índice de Lang	13
1.9.2.	Índice de aridez de Martonne	13
1.9.3.	Índice de Emberger.....	14
2.	Estudio topográfico.....	16
3.	Estudio edafológico	17
3.1.	Introducción	17
3.2.	Resultados análisis de laboratorio.....	17
3.3.	Interpretación	17
4.	Estudio del agua de riego.....	19
4.1.	Introducción	19

4.2.	Resultados análisis del agua de riego	20
4.3.	Interpretación de los resultados	20
4.3.1.	Salinidad	20
4.3.2.	Sodicidad	21
4.3.3.	pH	22
4.3.4.	Toxicidad de los iones cloruro y sodio	22
4.3.5.	Bicarbonatos HCO_3^-	23
4.4.	Conclusiones.....	23

1. ESTUDIO CLIMÁTICO

Es importante realizar un estudio exhaustivo de parámetros climatológicos en los que basar el presente proyecto, permitiéndonos tomar decisiones adecuadas para ejecutarlo de manera óptima.

1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La parcela se ubica en la comarca de Tierra de Campos, dentro de una finca que recibe el nombre de “La Matilla”, en el término municipal de Valladolid. A continuación, se detalla la información de la parcela en una tabla:

<i>Tabla 1: Datos localización de la parcela</i>	
Término municipal	Valladolid
Provincia	Valladolid
Comarca	Tierra de Campos
Paraje	Los Torozos
Polígono	28
Parcela	2
Superficie (ha)	64,23
Uso del suelo	TA – Tierras Arables
Latitud	41°46'14" N
Longitud	4°53'29" W
Altitud (msnm)	847,87 m

Fuente: Google Earth y Sede Electrónica del Catastro

1.2. ELECCIÓN DEL OBSERVATORIO

El criterio de selección ha sido el de cercanía, siendo el observatorio del aeropuerto de Villanubla el más próximo dentro de la red de estaciones de AEMET, situado a tan solo 7,5 km de la explotación. Este observatorio nos proporciona un histórico de todo tipo de datos climáticos que analizaremos con el objetivo de obtener un año tipo sobre el que basar nuestras predicciones, además de prever eventos climáticos mediante el estudio de sus probabilidades. Concretamente en este estudio analizaremos 30 años de datos, del 1994 al año 2024.

La información respectiva a la estación está en la siguiente tabla:

Tabla 2: Datos de la estación climatológicas

Nombre observatorio	Valladolid/Villanubla
Municipio	Villanubla
Provincia	Valladolid
Paraje	Aeropuerto
Indicativo	2539
Tipo de observatorio	Completo
Periodo de observaciones	1994 - 2024
Latitud	41° 42' 43" N
Longitud	4° 51' 20" W
Altitud (msnm)	846

Fuente: Datos de AEMET.

1.3. ELEMENTOS CLIMÁTICOS TÉRMICOS

La temperatura constituye un factor clave dentro de los análisis climatológicos, pues permite obtener datos esenciales acerca del estado de la atmósfera y de los cambios en el clima. Para este propósito, las estaciones meteorológicas utilizan termómetros, los cuales registran en grados Celsius la energía térmica presente en el aire.

1.3.1. Cuadro resumen de temperaturas

Los valores que podemos observar en las tablas a continuación son los siguientes:

- **T Max (C°):** Media de las temperaturas máximas en grados centígrados
- **T Media (C°):** Media de las temperaturas medias en grados centígrados
- **T Mín (C°):** Media de las temperaturas mínimas en grados centígrados

Tabla 3: Año tipo temperaturas mensuales

Mes	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septi	Octub	Novie	Dicie
T Max (°C)	14,8	18,1	22,0	25,0	29,7	35,1	36,9	36,8	32,5	27,0	19,6	15,0
T Media (°C)	3,8	5,5	8,0	10,9	14,5	18,7	22,1	21,6	17,5	13,0	7,6	4,5
T Mín (°C)	-5,9	-4,4	-3,5	-1,2	1,5	5,7	8,1	7,8	4,7	0,5	-3,1	-5,7

Fuente: Elaboración propia. Datos AEMET.

Tabla 4: Año tipo temperaturas por estaciones

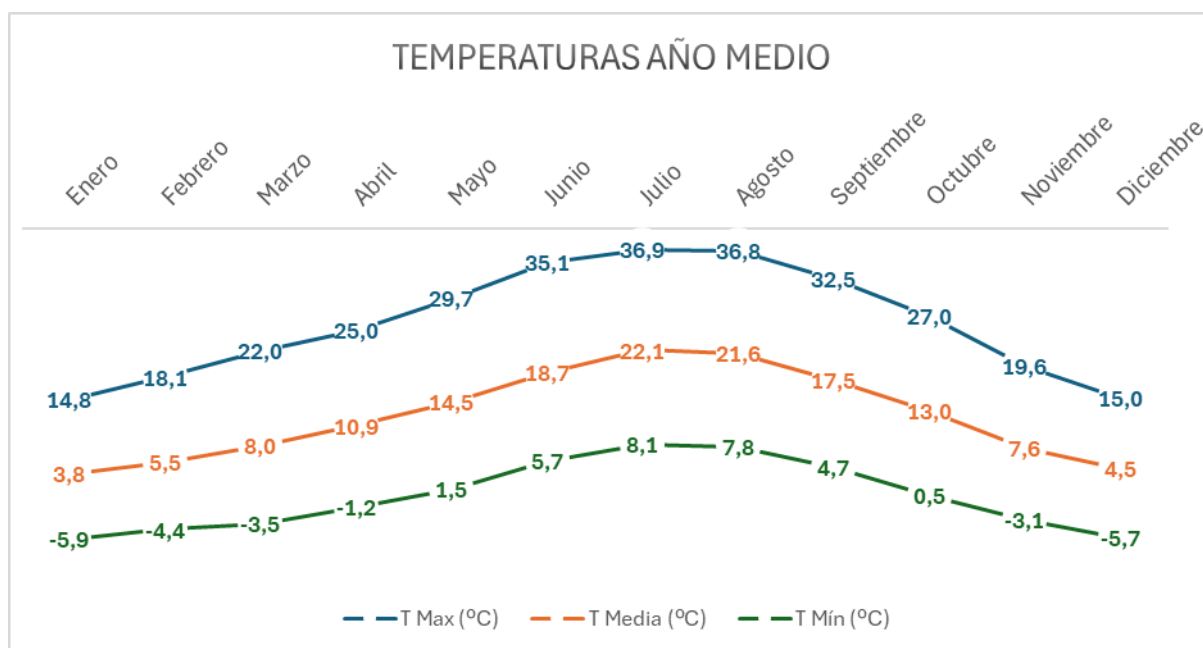
Estación	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
T Max (°C)	16,0	25,6	36,2	26,4
T Media (°C)	4,6	11,1	20,8	12,7
T Mín (°C)	-5,3	-1,1	7,2	0,7

Fuente: Elaboración propia. Datos AEMET.

1.3.2. Representación gráfica

En la gráfica se representa el contenido de la tabla 3. Podemos observar la evolución de las temperaturas a lo largo de los meses de un año medio.

Ilustración 1: Temperaturas mensuales año medio



Fuente: Elaboración propia. Datos de AEMET.

1.4. RÉGIMEN DE HELADAS

Este apartado dedicado a las heladas es de gran importancia ya que este fenómeno condiciona la planificación de la explotación debido al efecto negativo que puede suponer para el cultivo dependiendo de su estado fenológico.

1.4.1. Estimación directa

La estimación directa utiliza datos meteorológicos reales obtenidos a partir del registro histórico de la estación climática. En la siguiente tabla aparece una serie de fechas relacionadas con el régimen de heladas obtenidas a partir de una media de las fechas o de valores extremos del registro histórico.

Tabla 5: Primeras y últimas heladas

Primeras heladas	Helada más temprana	4 de octubre
	Helada media de las primeras heladas	1 de noviembre
	Helada menos temprana	27 de noviembre
Últimas heladas	Helada menos tardía	6 de marzo
	Helada media de las últimas heladas	25 de abril
	Helada más tardía	14 de mayo

Fuente: Elaboración propia. Datos de AEMET.

Con la tabla anterior (Tabla 5) estipulamos los periodos de heladas a tener en cuenta que recogemos a continuación:

Tabla 6: Periodos de heladas

Periodo mínimo de heladas	Del 27 de noviembre al 6 de marzo	99 días
Periodo medio de heladas	Del 1 de noviembre al 25 de abril	176 días
Periodo máximo de heladas	Del 4 de octubre al 14 de mayo	223 días

Fuente: Elaboración propia.

1.5. ELEMENTOS CLIMÁTICOS HÍDRICOS

Para llevar a cabo un análisis de las precipitaciones, es fundamental considerar diversos aspectos:

- Cantidad mensual de lluvia: Evaluar el volumen de agua que cae cada mes resulta clave para determinar la disponibilidad hídrica destinada al riego de cultivos. Es necesario estudiar los promedios mensuales a lo largo del año, identificando los periodos con mayor y menor aporte pluvial.
- Número de eventos de precipitación: La frecuencia con la que se presentan lluvias o nevadas en un intervalo de tiempo específico permite entender su regularidad y cómo se distribuyen a lo largo del calendario anual.
- Reparto temporal de las lluvias: Más allá de cuántas veces llueve, es importante observar si las precipitaciones se reparten de forma equilibrada durante el año o si se concentran en determinados meses, generando lapsos de sequía o lluvias intensas. Este patrón tiene un impacto directo en la planificación agrícola.
- Grado de intensidad: La cantidad de agua que cae en un lapso corto, como en 24 horas, influye en la capacidad del terreno para absorberla y en el riesgo de inundaciones. También afecta la retención hídrica y puede provocar procesos de erosión en la superficie cultivada.

Todos estos aspectos climáticos se analizarán en los siguientes apartados.

1.5.1. Estudio de la dispersión. Método de los quintiles

El método de los quintiles nos ayuda a dar una clasificación a los datos anuales recopilados por la estación climática, de manera que podamos comprender mejor los patrones climáticos y así ayudarnos en la planificación y toma de decisiones de la explotación agraria. Este método consiste en recopilar y ordenar un histórico de lluvias mensuales y posteriormente dividir dicha lista en cinco secciones, a cada sección le corresponde una cantidad creciente de lluvia. La fórmula para identificar la posición de los quintiles es la siguiente:

$$Q_k = \frac{k \cdot (n + 1)}{5}$$

Siendo “k” el número del quintil y “n” el número de años. En el caso de la explotación de estudio se recopilan los datos de un rango de treinta y un años (1994-2024). Los resultados nos dan los siguientes:

$$Q_1 = \frac{1 \cdot (30 + 1)}{5} = \frac{31}{5} = 6,2 \quad Q_2 = \frac{2 \cdot 31}{5} = \frac{62}{5} = 12,4$$

$$Q_3 = \frac{3 \cdot 31}{5} = \frac{93}{5} = 18,6 \quad Q_4 = \frac{4 \cdot 31}{5} = \frac{124}{5} = 24,8$$

Q1	Valor 7
Q2	Valor 13
Q3	Valor 19
Q4	Valor 25

La tabla del histórico con las respectivas posiciones de los quintiles se encuentra debajo. Se resaltan con color los valores de los quintiles.

Tabla 7: Histórico de precipitaciones. Distribución quintiles

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	52	7	0	25	53	13	0	0	0	46	24	65
	73	25	7	45	79	23	0	0	1	61	58	65
	90	41	10	51	139	30	0	0	35	137	113	67
	108	42	16	137	151	43	2	3	87	177	141	74
	167	50	84	150	173	55	8	17	92	228	199	81
	174	51	91	154	190	59	11	19	102	324	213	123
Q1	203	69	99	161	199	70	19	34	106	330	222	178
	213	75	99	190	203	75	21	42	143	334	264	190
	223	84	99	236	206	96	24	62	159	338	266	197
	230	85	119	273	226	129	27	75	164	419	268	220
	245	118	128	353	227	145	28	97	167	443	326	222
	280	120	147	354	254	172	29	110	175	451	336	224
Q2	283	128	157	368	282	173	38	120	176	511	399	243
	292	155	163	390	307	190	43	134	177	541	427	258
	294	191	163	424	339	190	48	140	220	544	440	279
	306	210	257	461	340	199	50	149	229	545	458	288
	328	306	268	468	369	212	51	154	270	570	508	304
	378	307	272	476	384	285	55	159	284	621	546	349
Q3	402	322	288	479	401	320	75	163	291	650	552	349
	428	331	307	519	456	359	141	166	360	682	556	547
	428	335	338	519	467	367	144	181	369	724	565	570
	451	364	360	538	492	482	239	204	369	727	609	633
	481	376	369	569	521	483	265	231	390	797	620	746
	558	379	402	600	575	494	283	242	471	806	655	772
Q4	608	401	427	613	656	511	312	242	521	814	698	841
	611	421	568	771	790	657	330	259	568	838	758	1023
	692	452	581	798	841	687	334	261	577	924	871	1029
	762	500	650	851	901	814	347	273	653	987	924	1076
	1041	504	1034	858	1008	861	384	387	681	1022	1093	1090
	1136	572	1094	881	1294	910	399	470	740	1215	1122	1144
	1200	617	1197	996	1304	1104	642	854	765	1262	1419	1201

Fuente: Elaboración propia. Datos de AEMET.

El resumen de datos de este estudio lo encontramos en la siguiente tabla (Tabla 8). Encontramos los quintiles (Q1, Q2, ...), la media de precipitaciones (Pm) y la mediana (Pmna) del registro de 31 años en valores de milímetros altura de agua (mm).

Tabla 8: Tabla resumen precipitaciones (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Q1	20,3	6,9	9,9	16,1	19,9	7,0	1,9	3,4	10,6	33,0	22,2	17,8	-
Q2	28,3	12,8	15,7	36,8	28,2	17,3	3,8	12,0	17,6	51,1	39,9	24,3	-
Q3	40,2	32,2	28,8	47,9	40,1	3,2	7,5	16,3	29,1	65,0	55,2	34,9	-
Q4	60,8	40,1	42,7	61,3	65,6	51,1	31,2	24,2	52,1	81,4	69,8	84,1	-
Pm	41,1	24,6	31,6	44,2	44,6	32,9	14,0	16,9	30,1	58,3	50,5	46,6	435,5
Pmna	30,6	21	25,7	46,1	34	19,9	5	14,9	22,9	54,5	45,8	28,8	-

Fuente: Elaboración propia.

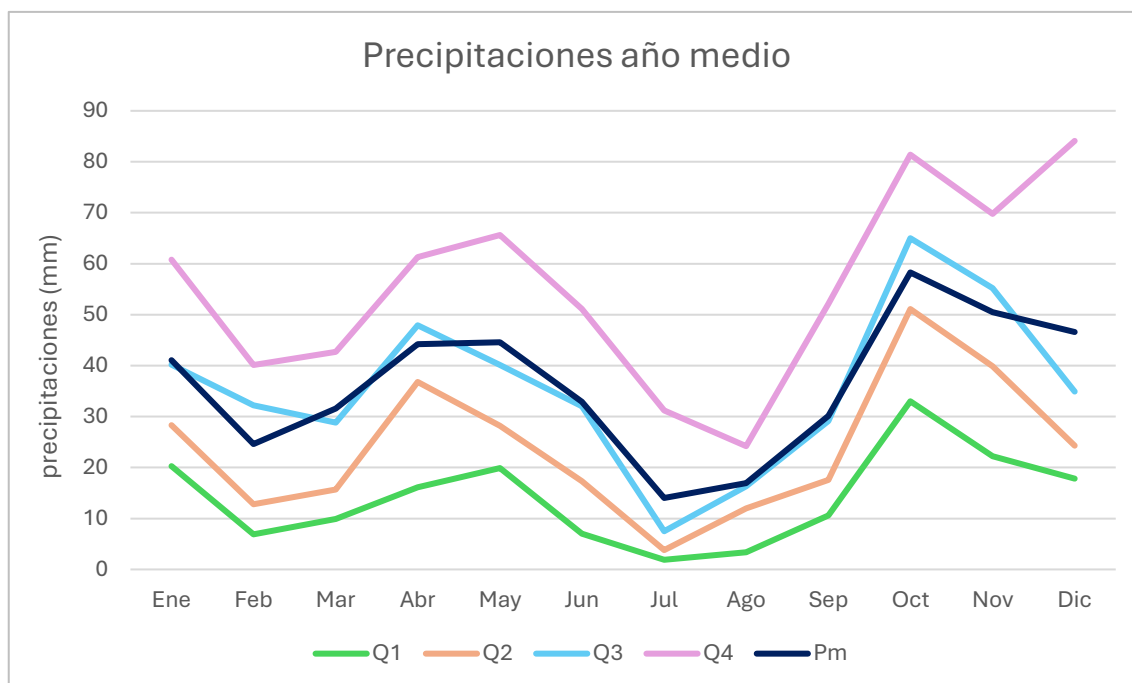
Con la tabla resumen (Tabla 8) procedemos a realizar la clasificación. Según los quintiles creamos rangos en los que podremos calificar el año a estudiar de muy seco a muy lluvioso.

Tabla 9: Clasificación según quintiles

CLASIFICACIÓN	PRECIPITACIÓN	QUINTIL
Muy seco	20%	Prec < Q1
Seco	40%	Q1 < Prec < Q2
Normal	60%	Q2 < Prec < Q3
Lluvioso	80%	Q3 < Prec < Q4
Muy lluvioso	100%	Prec > Q4

Fuente: Datos de AEMET.

Ilustración 2: Gráfica precipitaciones año medio



Fuente: Elaboración propia. Datos AEMET.

1.5.2. Precipitaciones máximas en 24 horas

Este apartado nos hace tener una idea de la pluviometría de la zona, donde podemos observar una media de las precipitaciones máximas registradas, además de las precipitaciones máximas absolutas por mes. Con estos datos el agricultor puede hacerse una idea del máximo de precipitación que puede dar una lluvia en un mes, y así poder planificar sus labores y el riego. Además, en la tabla vienen recogidas la frecuencia de lluvias de cierto volumen que, a pesar de que debido al largo listado de años escogido para el estudio sus valores se difuminan, puede orientar al agricultor para saber que meses puede esperar lluvias más fuertes.

En la siguiente tabla aparece la precipitación mensual media y absoluta en mm y la frecuencia en días por mes de lluvias de cierto volumen. Los volúmenes de dichos rangos son: lluvias de más de 10 mm y lluvias de más de 100 mm.

Tabla 10: Volumen máximo de precipitación

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media lluvia max 24h	124,8	81,8	95,6	127,8	147,9	129,9	87,1	99,5	159,4	182,7	164,5	152,5
Lluvia max absoluta	309	181	336	334	463	389	493	266	605	447	485	362
frecuencia lluvia > 10 mm	7,2	5,2	6,3	7,6	7,0	4,6	2,1	2,5	4,4	7,5	7,7	6,8
Frecuencia lluvia > 100 mm	1,2	0,5	0,8	1,3	1,2	1,1	0,4	0,6	0,8	2,1	1,5	1,3

Fuente: Elaboración propia. Datos AEMET.

1.6. ELEMENTOS CLIMÁTICOS SECUNDARIOS

En este apartado se analizan aquellos elementos climáticos que, si bien tienen una relevancia menor a escala general, pueden resultar de interés para determinadas actividades. Conocerlos permite anticipar las condiciones que pueden presentarse en la explotación a lo largo de la campaña y facilitar así una mejor planificación de las labores.

1.6.1. Otros elementos climáticos

En la tabla siguiente (Tabla 11) aparecen elementos climáticos secundarios como la nieve, granizo, tormenta, niebla y rocío. Estos elementos pueden afectar a las actividades de laboreo o al cultivo de manera desfavorable, por lo que hay que tener en cuenta su presencia más acentuada en determinados meses.

Tabla 11: Elementos climáticos secundarios

(Días)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sp	Oct	Nov	Dic
Nieve	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Granizo	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Tormenta	0	0	0	1	3	4	3	2	2	0	0	0
Niebla	10	5	2	1	1	1	0	0	1	3	6	10
Rocío	4	3	3	4	5	4	2	2	4	7	5	3

Fuente: Elaboración propia. Datos AEMET.

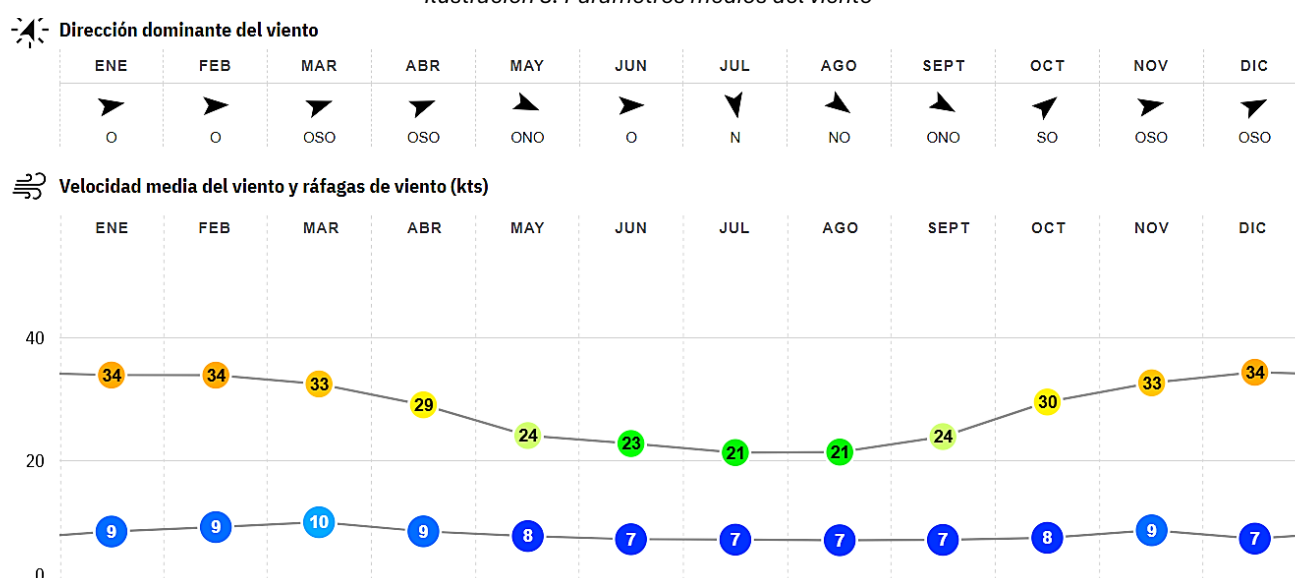
1.6.2. Vientos

El viento es un elemento que afecta en especial al riego, siendo en la gran parte de los casos el factor más influyente en el detrimento del nivel de uniformidad del sistema.

Además, los vientos juegan un papel crucial en la distribución de la humedad, afectando a la evaporación del agua y a la temperatura. También es medio de transmisión de plagas y enfermedades.

A continuación, se presenta una imagen que recopila los parámetros medios mensuales del viento.

Ilustración 3: Parámetros medios del viento



Fuente: Windfinder.com Villanubla

1.7. DIAGRAMAS

En este apartado se presentan una serie de diagramas que nos ayudan a entender mejor el tipo de clima en el que la explotación se encuentra.

1.7.1. Diagrama ombrotérmico de Gaussen

El climograma ombrotérmico de Gaussen se utilizará como herramienta para interpretar la distribución de la temperatura y la precipitación en la zona de estudio. Este método parte de la comparación entre la temperatura media mensual y el volumen de precipitación registrado en cada mes, lo que permite obtener una representación clara y accesible de las condiciones climáticas del área. De este modo, se facilita la identificación de los cultivos que mejor se adaptan a las características locales y la planificación de la explotación agrícola.

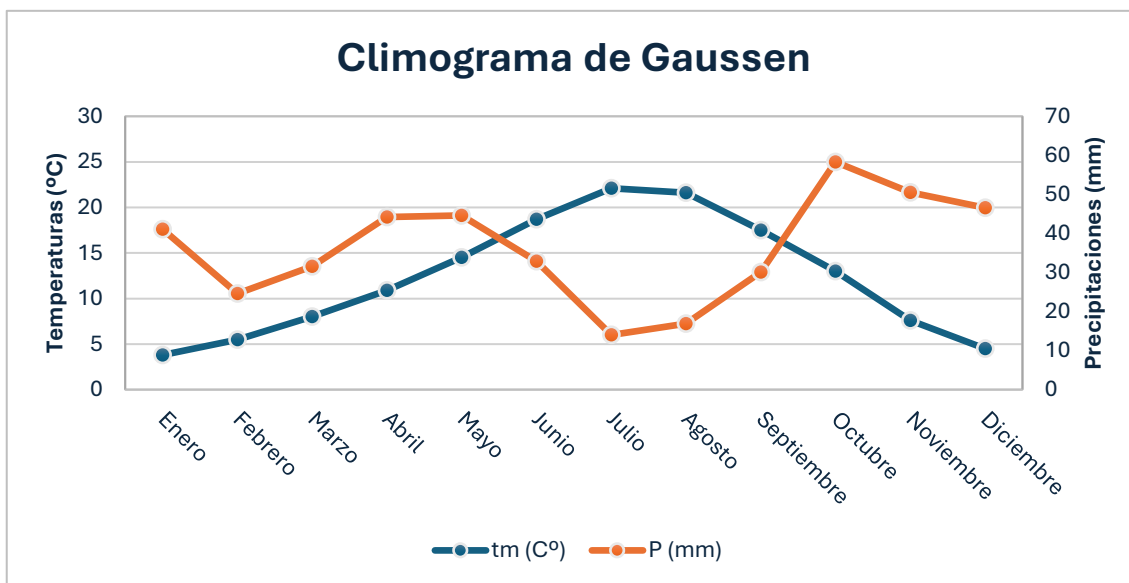
En la tabla siguiente se recogen los valores medios de temperatura y precipitación correspondientes a cada mes, calculados a partir de los 31 años analizados. Con estos datos se construirá el diagrama de Gaussen, en el cual se representan los meses en el eje X, mientras que las precipitaciones y temperaturas se disponen en un doble eje Y. Para su correcta interpretación, la escala asignada a las precipitaciones debe ser el doble que la aplicada a la temperatura.

Tabla 12: Temperaturas y precipitaciones medias mensuales

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sp	Oct	Nov	Dic
tm (C°)	3,8	5,5	8,0	10,9	14,5	18,7	22,1	21,6	17,5	13	7,6	4,5
P (mm)	41	25	32	44	45	33	14	17	30	58	51	47

Fuente: Elaboración propia. Datos AEMET.

Ilustración 4: Climograma de Gaussen



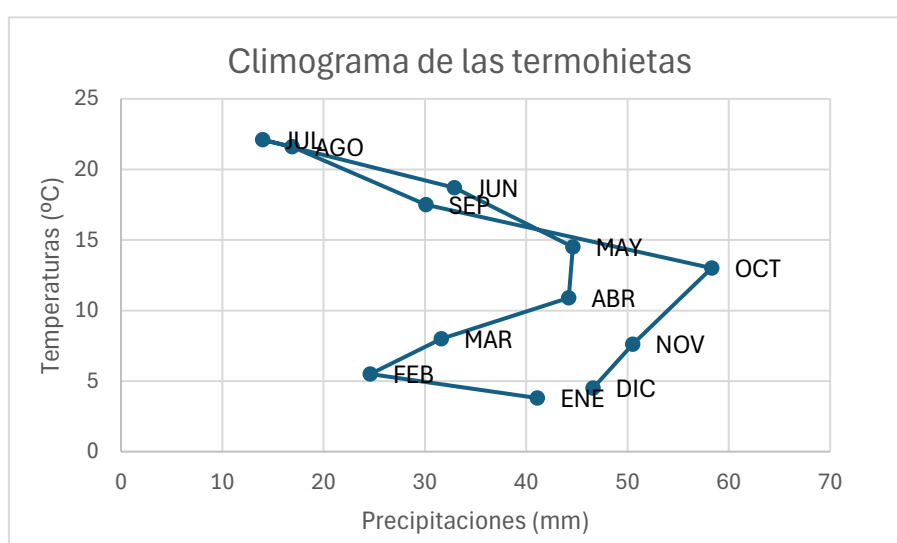
Fuente: Elaboración propia. Datos AEMET.

La gráfica nos desvela que los meses de verano son aquellos en los que las precipitaciones caen drásticamente, a la vez que las temperaturas alcanzan su máximo siguiendo una curva más suave.

1.7.2. Diagrama de termohietas

El diagrama de termohietas es un tipo especial de climograma en el que las temperaturas se dibujan en el eje vertical y las precipitaciones en el eje horizontal, de modo que cada mes queda representado por un punto dentro del plano. Conectando esos doce puntos correspondientes a los meses del año se forma una figura cerrada que facilita la interpretación conjunta de la variación térmica y pluviométrica. A continuación, se presenta dicho climograma, construido a partir de la temperatura media mensual (eje Y) y de la precipitación media mensual (eje X), lo que permite visualizar de forma rápida la relación entre temperatura y humedad a lo largo del año.

Ilustración 5: Climograma de las termohietas



Fuente: Elaboración propia. Datos AEMET.

1.8. CONTINENTALIDAD

1.8.1. Introducción

La continentalidad indica cuánto influye la distancia al mar en el clima de una región. A mayor continentalidad, las temperaturas varían más entre invierno y verano y las precipitaciones suelen ser menores. Este concepto ayuda a comprender la variabilidad climática y a planificar cultivos o actividades adecuadas para la zona. Para analizar la continentalidad de un lugar hay diversos métodos e índices, nosotros seguimos el índice de continentalidad de Gorzynski.

1.8.2. Índice de continentalidad de Gorczynski

Este índice se obtiene a partir de la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío en un lugar determinado. A mayor amplitud térmica entre estos meses, mayor será el valor del índice y, por lo tanto, más marcado será el carácter continental del clima. A continuación, se presentan la fórmula utilizada y los datos necesarios para su cálculo.

$$I_g = 1,7 \left(\frac{T_{m12} - T_{m1}}{\sin \varphi} \right) - 20,4$$

I_g = Índice de Gorczynski

T_{m12} = Temperatura media del mes más cálido

T_{m1} = Temperatura media del mes más frío

Φ = Latitud del lugar (en grados)

Los datos de la explotación son los siguientes:

T_{m12} = 22,1 °C (Julio)

T_{m1} = 3,8 °C (Enero)

Φ = 41,7706°

$$I_g = 1,7 \left(\frac{22,1 - 3,8}{\sin 41,7706^\circ} \right) - 20,4$$

$$I_g \approx 26,3$$

Tabla 13: Clasificación Índice de Gorczynski

Índice de Gorzynski	Tipo de clima
<10	Marítimo
≤10 y >20	Semimarítimo
≤20 y >30	Continental
≥30	Muy continental

Fuente: Elaboración propia. Datos de AEMET.

Siguiendo su clasificación y con el índice ya calculado, podemos calificar la zona como **continental**.

1.9. ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS

1.9.1. Índice de Lang

Este índice sirve para analizar la eficiencia de la precipitación con respecto a la temperatura. Se calcula por medio del cociente entre la precipitación media anual y la temperatura media anual de la zona y tiene su propia clasificación (*Tabla 14*). La fórmula utiliza la precipitación media anual en mm (P) y la temperatura media anual en grados centígrados (T_m).

$$I = \frac{P}{T_m} \quad I = \frac{434,4}{12,3} \quad \boxed{I \approx 35,3}$$

En nuestro caso de estudio la P es 434,4 mm y la T_m es 12,3 °C por lo que el índice es:

Tabla 14: Clasificación índice de Lang

Valor de (I)	Clasificación de Lang
0 - 20	Desiertos
20 - 40	Zona Árida
40 - 60	Zonas Húmedas de estepa y sabana
60 - 100	Zonas Húmedas de bosques claros
100 - 160	Zonas Húmedas de grandes bosques
>160	Zonas Perhúmedas con prados y tundra

Fuente: Elaboración propia. Datos de AEMET.

Según la clasificación, la zona en la que se encuentra la explotación es una zona **árida**.

1.9.2. Índice de aridez de Martonne

El índice de Martonne se utiliza para cuantificar el nivel de aridez de una región, relacionando la cantidad de precipitación disponible con las condiciones de temperatura que influyen en la evaporación. Valores altos del índice reflejan climas más secos, mientras que valores bajos indican que la zona cuenta con mayor humedad relativa. La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$I = \frac{P}{T_m + 10}$$

La fórmula, al igual que la de Lang, utiliza la precipitación media anual en mm (P) y la temperatura media anual en grados centígrados (T_m).

Según la clasificación de la Tabla 16, la explotación se encuentra en una zona **semiárida de tipo mediterráneo**.

$$I = \frac{434,4}{12,3 + 10} \quad \boxed{I \approx 19,5}$$

Tabla 15: Clasificación índice de Martonne

Valor de (I)	Clasificación de Martonne
0 - 5	Desiertos
5 - 10	Semidesierto (árido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmedas
30 - 60	Húmedas
> 60	Perhúmedas

Fuente: Elaboración propia. Datos de AEMET.

1.9.3. Índice de Emberger

El índice de Emberger nos facilita la determinación de las condiciones de disponibilidad de agua en la zona en la que se realiza el estudio. Gracias a su tabla de clasificación y a su diagrama podemos hacer una idea de cómo de seca o húmeda es la región y como de frecuentes son las heladas. La fórmula desarrollada por Emberger es la siguiente:

$$Q = K \cdot \frac{P}{T_{12}^2 - t_1^2}$$

Q = Índice de Emberger

K = Constante de ajuste de escala, K=1000

P = Precipitación media anual (mm)

T12 = Temperatura media de las máximas del mes más cálido (K)

t12 = Temperatura media de las mínimas del mes más frío (K)

Los datos en la explotación de estudio son los siguientes:

P = 434,4 mm

T12 = 36,9 °C (Julio) = 310,05 K

t12 = -5,9 °C (Enero) = 267,25 K

$$I_e = 1000 \cdot \frac{434,4}{310,05^2 - 267,25^2}$$

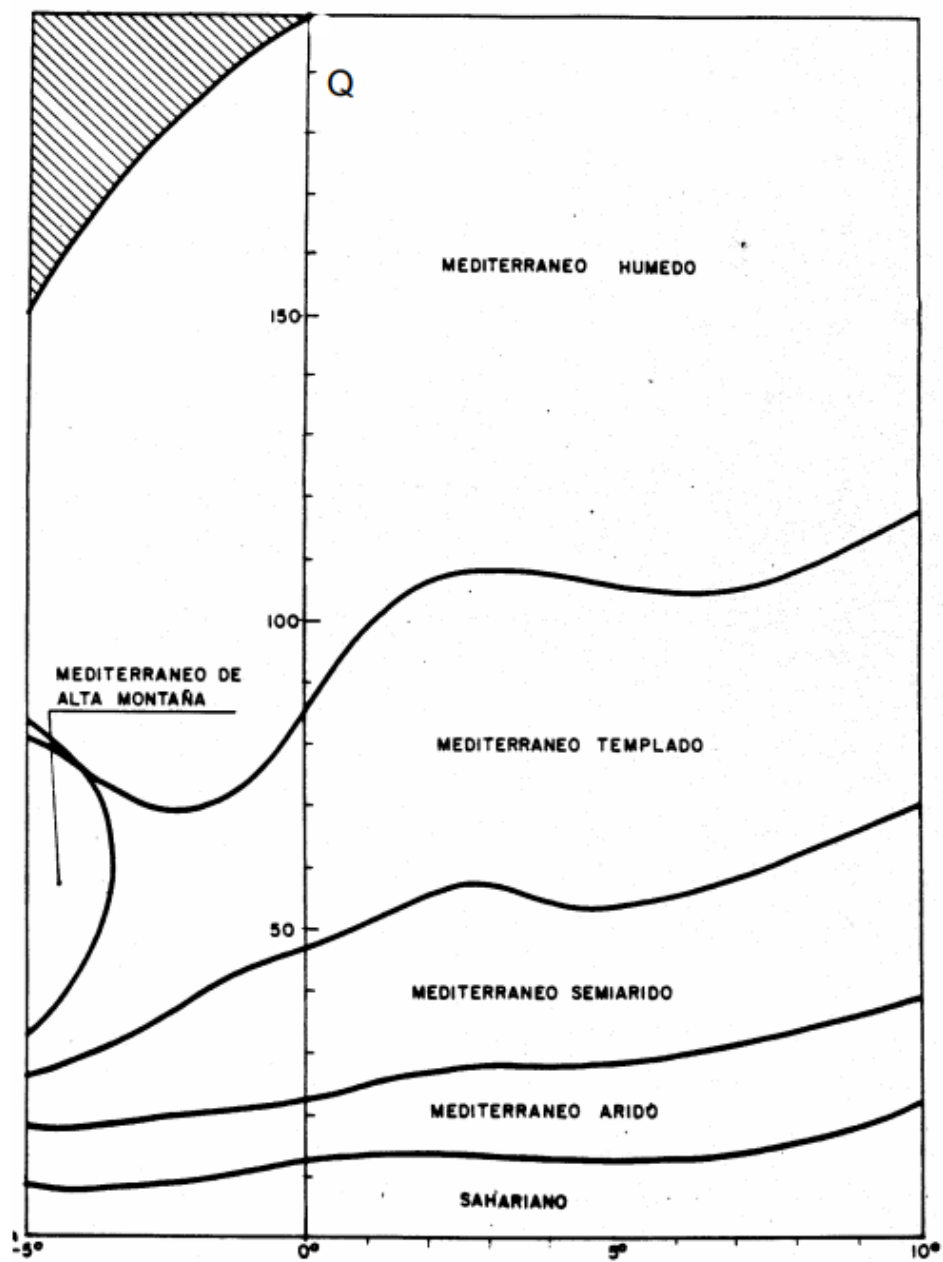
$$\boxed{I_e \approx 17,6}$$

Tabla 16: Frecuencia heladas de Emberger

Tipo de invierno	T1 (°C)	Heladas
Frío	<-3	Muy frecuentes e intensas
Muy frío	≥-3 y <0	Muy frecuentes
Fresco	≥0 y <3	Frecuentes
Templado	≥3 y <7	Débiles
Cálido	≥7	Libre de heladas

Fuente: Bibliografía climática sobre Emberger.

Ilustración 6: Diagrama clasificación índice Emberger



Fuente: Vera (1989).

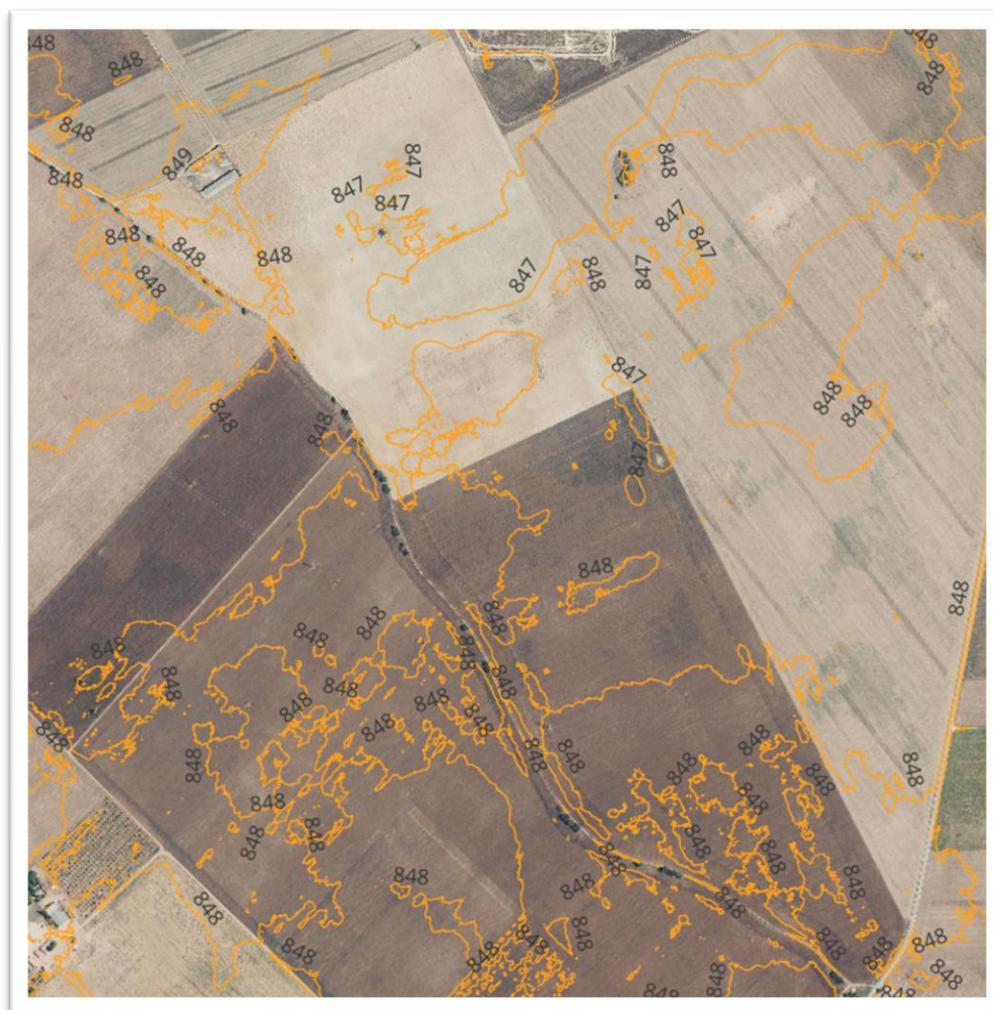
Después de analizar tanto la tabla, como el diagrama, concluimos que son **muy frecuentes e intensas** las heladas y que el género de clima en el que se encuentra es el **Mediterráneo árido**.

2. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Mediante el análisis de las imágenes satelitales podemos observar la elevación del terreno. Gracias al programa QGIS, que nos permite extraer las curvas de nivel podemos observar los puntos más elevados de la zona de estudio y analizar la orografía.

Estos parámetros son clave para la elección del sistema de riego, así como de su diseño, ya que la uniformidad y la presión requerida por el sistema puede variar dependiendo de la diferencia de cota entre el cabezal de impulsión y el emisor de riego. A demás, la inclinación del terreno es un factor elemental para valorar y prever la escorrentía superficial. A continuación, podemos observar las curvas de nivel de la zona de estudio:

Ilustración 7: Curvas de nivel de "La Matilla"



Fuente: Ortofoto procedente del CNI, procesada mediante QGIS por elaboración propia.

Como se observa en la imagen la diferencia de cota máxima es de 1 metro y la elevación máxima y mínima es de 848 y 847 ms.n.m. respectivamente.

Se puede calificar el área como muy llana con una pendiente máxima entorno al 1%.

3. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

3.1. INTRODUCCIÓN

El estudio edafológico brinda información clave sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Permite conocer su fertilidad, disponibilidad de nutrientes y posibles deficiencias, facilitando una aplicación precisa de fertilizantes y enmiendas. Asimismo, aporta datos sobre la capacidad de retención de agua, lo que orienta un manejo eficiente del riego. Para su elaboración, se tomaron muestras de la parcela y se analizaron en laboratorio.

3.2. RESULTADOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

A continuación, se muestra el análisis proporcionado por el promotor:

Tabla 17: Análisis de suelo

Parámetro	Resultado	Unidades
Arena	49,0	%
Limo	15,10	%
Arcilla	35,9	%
Densidad aparente	1,35	t/m ³
pH (H ₂ O)	8,30	-
Carbonatos	10,50	%
Conductividad eléctrica	0,14	dS/m
Fósforo asimilable	18	ppm P
Potasio intercambiable	140	ppm K ⁺
Materia orgánica	1,2	%
Sodio	70	ppm Na ⁺
Calcio	7900	ppm Ca ²⁺
Magnesio	130	ppm Mg ²⁺

Fuente: análisis de suelo realizado por el promotor en 2022.

3.3. INTERPRETACIÓN

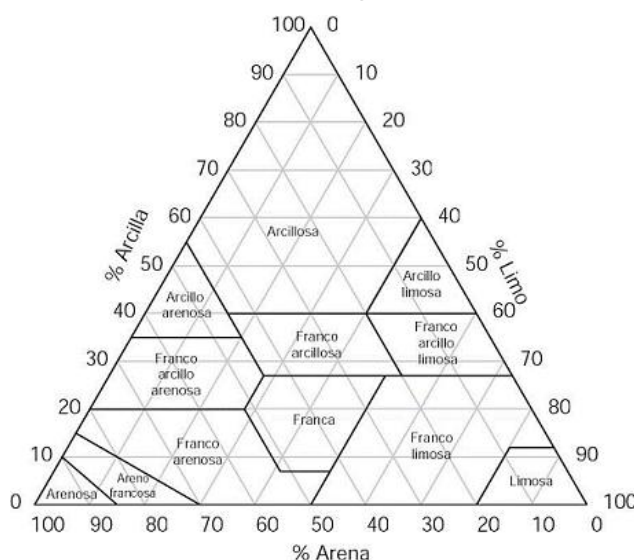
En este apartado se presenta la interpretación de los resultados obtenidos en el análisis del suelo de la parcela. El objetivo es comprender las características físico-

químicas del terreno y su influencia en la fertilidad, lo que permitirá establecer pautas de manejo adecuadas y seleccionar las prácticas agrícolas más convenientes para mejorar la productividad y sostenibilidad de los cultivos.

Textura

El análisis indica que el suelo presenta una textura franco-arcillosa-arenosa según la clasificación por el triángulo textural, con aproximadamente un 49% de arena, 15% de limo y 36% de arcilla. Esta combinación proporciona un buen equilibrio: la fracción arenosa facilita el drenaje y evita encharcamientos, mientras que la arcilla contribuye a la retención de agua y nutrientes. Sin embargo, la presencia de arcilla puede generar cierta compactación y limitar la infiltración, por lo que se recomienda un manejo cuidadoso de la labranza y la incorporación de enmiendas que mejoren la estructura del suelo.

Ilustración 8: Triángulo textural



Fuente: Departamento de agricultura de los EEUU (USDA)

Materia orgánica

El contenido de materia orgánica (1,2 %) es bajo, lo que es habitual en la zona y limita tanto la fertilidad como la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes. La materia orgánica es fundamental para mantener la actividad biológica y mejorar la formación de agregados del suelo. Se recomienda la incorporación regular de enmiendas orgánicas como compost, estiércol o restos vegetales, lo que contribuirá a aumentar la fertilidad, la aireación y la capacidad de retención de agua.

pH del suelo

El pH (8,3) indica un suelo básico, condición frecuente en la región, que puede afectar la disponibilidad de ciertos nutrientes como fósforo, hierro, manganeso y zinc. Los suelos alcalinos tienden a reducir la solubilidad de

estos nutrientes, dificultando su absorción por las plantas. Para contrarrestar estos efectos, se recomienda el uso de materia orgánica, fertilizantes acidificantes o la aplicación de fuentes de fósforo más solubles, adaptadas a las necesidades del cultivo.

Fósforo

El fósforo disponible (18 ppm) se encuentra en niveles bajos, lo que puede limitar la formación de raíces, flores y frutos, afectando el rendimiento de los cultivos. Es recomendable aportar fósforo adicional, preferiblemente ajustando la dosis según el cultivo y las prácticas locales, utilizando fertilizantes orgánicos o inorgánicos.

Cationes de cambio

- Potasio (140 ppm): Nivel adecuado para la mayoría de los cultivos; contribuye a la regulación enzimática y al crecimiento saludable de las plantas.
- Calcio (7900 ppm): Muy alto, lo que puede favorecer la estructura del suelo, pero interferir en la absorción de otros nutrientes como potasio y magnesio. Es importante considerar esta interacción al planificar la fertilización.
- Magnesio (130 ppm): Nivel suficiente para cubrir las necesidades de las plantas y favorecer la formación de clorofila y la activación enzimática.

Sodio

El sodio (70 ppm) es bajo, lo que es positivo para el desarrollo de los cultivos, ya que no compromete la permeabilidad ni la estructura del suelo. Niveles bajos de sodio también evitan interferencias en la disponibilidad de otros nutrientes esenciales.

Conductividad eléctrica

El valor de 0,14 dS/m indica que el suelo presenta baja salinidad, condición favorable para el crecimiento de la mayoría de los cultivos, ya que no limita la absorción de agua ni de nutrientes por las raíces.

4. ESTUDIO DEL AGUA DE RIEGO

4.1. INTRODUCCIÓN

El agua de riego utilizada en la parcela procede de un pozo de gran profundidad, lo que asegura un suministro constante, pero requiere conocer con detalle su calidad. Mediante el análisis del agua se pueden evaluar parámetros como el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de sales, información esencial para

ajustar tanto el sistema de riego como los programas de fertilización. De este modo, es posible optimizar la eficiencia hídrica y prevenir problemas derivados de la acumulación de sales o de desequilibrios nutricionales en los cultivos.

4.2. RESULTADOS ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO

Al no poder acceder al agua del pozo, tomaremos como referencia el análisis del agua de riego proveniente del pozo de una explotación agrícola a cuatro kilómetros de la explotación.

Tabla 18: Análisis agua pozo de referencia

Variable	Valor
Conductividad (25 °C)	0,65 dS/m
pH (25 °C)	7,80
Nitratos	0,05 meq/L
Cloruros	1,20 meq/L
Sulfatos	0,80 meq/L
Carbonatos	0,02 meq/L
Bicarbonatos	3,20 meq/L
Potasio	0,12 meq/L
Magnesio	1,10 meq/L
Sodio	3,50 meq/L
Calcio	4,50 meq/L
Turbidez	5 FNU

Fuente: Análisis facilitado por agricultor de la zona.

4.3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.3.1. Salinidad

La salinidad del agua es uno de los parámetros más determinantes en la calidad del riego, ya que influye directamente en la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes. Se mide a través de la conductividad eléctrica (CE), que refleja la concentración total de sales disueltas presentes en el agua. Cuando la CE es elevada, se incrementa la presión osmótica en la solución del suelo, lo que dificulta que las raíces puedan tomar agua con normalidad. En cambio, valores bajos o moderados de conductividad eléctrica suelen asociarse con aguas de buena calidad para la mayoría de cultivos.

En el caso del análisis realizado, la conductividad eléctrica obtenida es de 0,65 dS/m, lo que sitúa este agua dentro de un rango aceptable para riego agrícola. Aunque no se trata de un valor extremadamente bajo, sí se encuentra claramente por debajo del umbral crítico de 0,75 dS/m, considerado como el límite de

seguridad general para la mayoría de los cultivos. Esto significa que el agua puede utilizarse con relativa tranquilidad, sin un riesgo elevado de salinización inmediata del suelo.

No obstante, es importante tener en cuenta que, a pesar de estar dentro de los niveles recomendables, el uso continuado de un agua con una CE cercana al límite puede, a largo plazo, favorecer la acumulación de sales en la zona radicular, especialmente en suelos de textura fina o con problemas de drenaje. Por ello, es aconsejable llevar un seguimiento periódico tanto de la calidad del agua como de la conductividad eléctrica del suelo, con el fin de anticipar posibles problemas de salinidad

Otra manera de interpretar el riesgo de salinidad es a través de la concentración de sales de sales disueltas en un litro de agua, la cual también tiene un límite crítico en su escala de un gramo por litro. Para calcularlo se calcula la siguiente fórmula:

$$Cs = 0,64 \times CE \text{ (dS/m a } 25^{\circ}\text{C)}$$

Siguiendo los datos del análisis, la concentración de sales en agua es de 0,985. Esta se encuentra justo al límite, pero sigue considerándose fuera de peligro también según este criterio.

4.3.2. Sodicidad

La sodicidad del agua de riego indica la proporción de sodio en relación con el calcio y el magnesio, y es un factor determinante para evaluar el riesgo de afectación de la estructura del suelo. Se calcula mediante el índice **SAR** (Sodium Adsorption Ratio), que se expresa como:

$$SAR = \frac{[Na^{+}]}{\sqrt{([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])/2}}$$

Todas las concentraciones se expresan en meq/L. Los datos obtenidos por el análisis son:

$$Na^{+} = 3,50 \text{ meq/L}$$

$$Ca^{2+} = 4,50 \text{ meq/L} \quad SAR = \frac{3,50}{\sqrt{(4,50 + 1,10)/2}} = 2,09$$

$$Mg^{2+} = 1,10 \text{ meq/L}$$

Este valor indica un bajo riesgo de sodificación, lo que significa que el sodio no debería afectar significativamente la permeabilidad ni la estructura del suelo.

Además del SAR, hay una versión más evolucionada denominada **SAR ajustado** que en su versión simplificada del USDA considera el efecto de la salinidad del agua sobre la sodicidad. Su fórmula es la siguiente:

$$SAR_{ajustado} = SAR \times \frac{1}{1 + 0,015 \times CE}$$

Aplicando el valor de la conductividad eléctrica del agua analizada en dS/m, procedemos al cálculo a continuación:

$$SAR_{ajustado} = 2,09 \times \frac{1}{1 + 0,015 \times 0,65} = 2,07$$

Este valor de SAR ajustado del 2,07 confirma que el agua tiene un riesgo muy bajo de sodificación, ya que al igual que el valor del SAR, se encuentra por debajo del valor de 3, valor crítico para algunos cultivos.

4.3.3. pH

El pH del agua de riego indica si el agua es ácida o alcalina, es decir, la cantidad de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala de 0 a 14, donde 7 representa un valor neutro; por debajo de 7 el agua es ácida y por encima, alcalina.

El pH influye directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la actividad de los microorganismos del suelo. Cada cultivo tiene un rango óptimo de pH, y regar con agua dentro de ese rango ayuda a mantener un equilibrio adecuado de nutrientes y un buen desarrollo vegetal.

En nuestro análisis, el agua presenta un pH de 7,80, lo que indica que es ligeramente alcalina. Este valor se considera adecuado para la mayoría de cultivos de la zona, aunque conviene tenerlo en cuenta al planificar la fertilización y el manejo del suelo para evitar posibles desequilibrios en la disponibilidad de algunos nutrientes.

4.3.4. Toxicidad de los iones cloruro y sodio

La presencia de iones cloruro y sodio en el agua de riego puede afectar a las plantas si se encuentran en concentraciones elevadas. Por ello, es importante evaluar sus niveles y posibles efectos sobre el crecimiento y el rendimiento de los cultivos.

Cloruros (Cl^-)

El exceso de cloruros puede:

- Reducir la absorción de agua: altos niveles interfieren con la capacidad de las raíces para captar agua, generando estrés hídrico.
- Dañar tejidos vegetales: los cloruros pueden acumularse en las células, provocando desequilibrios osmóticos y daño a las membranas, lo que puede reducir el crecimiento y causar necrosis de tejidos.
- Afectar la absorción de nutrientes: niveles excesivos pueden interferir con la captación de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio.

Generalmente, se considera que un agua con más de 4 meq/L de cloruros puede ser tóxica. En nuestro caso, el agua del pozo profundo presenta 0,73 meq/L, un valor seguro que no representa riesgo para los cultivos.

Sodio (Na^+)

El sodio en exceso puede tener varios efectos negativos:

- Interferencia en la absorción de agua: el sodio compite con otros cationes como calcio y potasio en los sitios de absorción de las raíces, dificultando la captación de agua y provocando estrés hídrico.
- Desbalance de nutrientes: niveles altos de sodio pueden alterar el equilibrio interno de nutrientes, limitando la disponibilidad de calcio, potasio y magnesio, lo que afecta al desarrollo de la planta.
- Impacto en la estructura del suelo: el exceso de sodio puede dispersar las partículas del suelo, reduciendo la infiltración de agua y la disponibilidad de oxígeno, y favoreciendo la compactación del terreno.

Se considera que concentraciones de sodio superiores a 2 meq/L pueden ser problemáticas. En nuestro análisis, el sodio está en 3,50 meq/L, lo que indica que podría ser elevado y conviene tenerlo en cuenta. Aunque el riesgo inmediato de toxicidad para los cultivos es bajo, se recomienda monitorizar regularmente la salinidad y el sodio del suelo y, si es necesario, aplicar prácticas de manejo como lavado de sales o enmiendas que favorezcan el equilibrio catiónico.

4.3.5. Bicarbonatos HCO_3^-

Los bicarbonatos presentes en el agua de riego son iones que contribuyen a la alcalinidad del agua y pueden influir en el pH del suelo. En concentraciones elevadas, pueden provocar la precipitación de carbonato de calcio, lo que a su vez puede generar incrustaciones y obstrucciones en los sistemas de riego.

La tolerancia de las plantas a los bicarbonatos varía según la especie y la etapa de desarrollo. Generalmente, concentraciones superiores a 5 meq/L pueden causar estrés y síntomas de clorosis en las hojas.

En nuestro caso, el agua del pozo profundo presenta una concentración de 3,20 meq/L, un valor moderado que no representa un riesgo significativo para los cultivos ni para el funcionamiento del sistema de riego. No obstante, conviene mantener un seguimiento periódico, especialmente si se usan goteros o emisores finos, para evitar posibles incrustaciones a largo plazo.

4.4. CONCLUSIONES

Los resultados del análisis del agua del pozo profundo indican que tanto la conductividad eléctrica como la sodicidad se encuentran dentro de rangos adecuados para un riego seguro. La conductividad eléctrica, que refleja la salinidad del agua, es de 0,65 dS/m, lo que indica que no hay un exceso de sales disueltas que pueda afectar el crecimiento de los cultivos.

Por otro lado, el SAR y el SAR ajustado ($SAR_s = 2,07$) muestran que la proporción de sodio respecto a calcio y magnesio es baja, lo que reduce el riesgo de sodificación del suelo. Esto es importante porque un exceso de sodio podría comprometer la estructura del suelo y disminuir su permeabilidad, dificultando la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

En cuanto a los demás iones, como cloruros, bicarbonatos y otros cationes, sus concentraciones se sitúan en niveles seguros, sin riesgo de toxicidad ni de afectar al funcionamiento del sistema de riego.

ANEJO II: SITUACIÓN ACTUAL

ÍNDICE ANEJO II. SITUACIÓN ACTUAL

1.	Descripción de la explotación	1
2.	Rotación y alternativa de cultivo	2
2.1.	Introducción	2
2.2.	Rotación y alternativa de cultivos	3
3.	Proceso productivo	3
4.	Maquinaria	5
4.1.	Maquinaria en propiedad	5
4.2.	Maquinaria alquilada a una empresa de servicios	6
4.3.	Utilización de la maquinaria	7
4.3.1.	Capacidad de trabajo teórica (CTT)	7
4.3.2.	Capacidad de trabajo real (CTR)	7
4.3.3.	Tiempo de trabajo real (TTR)	8
4.3.4.	Tiempo de trabajo total (TT)	8
4.4.	Utilización de la máquina por cultivos	8
4.4.1.	Utilización de la maquinaria para el cultivo de cereal	9
4.4.2.	Utilización de la maquinaria para el cultivo de Guisante	9
4.4.3.	Utilización de la maquinaria para el cultivo de girasol	10
4.4.4.	Uso de tractores y remolques	10
5.	Infraestructura existente en la finca	11
6.	Estudio de costes	12
6.1.	Costes de la maquinaria de tracción	13
6.2.	Costes de los aperos	14
6.3.	Costes de las materias primas	16
6.4.	Costes empresa de servicios	18
7.	Cuadros de costes	19
8.	Flujos de caja de la situación actual	23
8.1.	Cobros	23
8.1.1.	Cobros ordinarios	23
8.1.2.	Cobros extraordinarios	24
8.2.	Pagos	25
8.2.1.	Contribución	25

8.2.2.	Seguros agrarios.....	25
8.2.3.	Costes de producción de los cultivos.....	26
8.3.	Flujo de caja anual	26

1. DESCRIPCIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

La explotación agraria se localiza en la finca de “La Matilla”, situada en Valladolid, con una superficie total de 122,16 ha, de las cuales 121,4 ha se destinan a cultivo en secano. La finca se divide en cuatro subparcelas dedicadas principalmente a trigo, cebada y girasol, con rotaciones puntuales que incluyen guisantes para mejorar la fertilidad del suelo. El terreno es prácticamente llano, sin obstáculos que generen sombra, y cuenta con una nave agrícola, accesos y torres de alta tensión como principales elementos improductivos.

El promotor dispone de dos tractores John Deere y un conjunto de aperos básicos (grada de vertederillas, semichisel, cultivador-preparador y rodillo de discos), complementando el resto de labores con una empresa de servicios agrícolas. La explotación cuenta con un recinto de edificaciones agrícolas de 4.400 m² destinado al resguardo de maquinaria y material. El modelo de producción es de agricultura convencional, adaptando las labores al cultivo precedente y a las condiciones del terreno, con rendimientos en secano acordes a la media de la comarca.

La parcela donde se quieren implantar el regadío corresponde a aproximadamente la mitad de la finca, abarcando una superficie de 64,23 ha y está situada en la parte sureste de la finca.

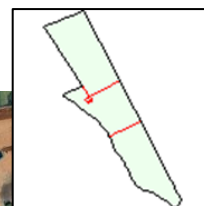
A continuación, se aporta información relativa a la identificación de la finca:

Tabla 1: Identificación explotación

Provincia	Valladolid (47)
Municipio	Valladolid (900)
Polígono	28
Parcela	2
Código catastro	47900A028000020000YE
Coordenada UTM X	342655.10
Coordenada UTM Y	4626242.23
Datum	WGS84
Huso UTM	30

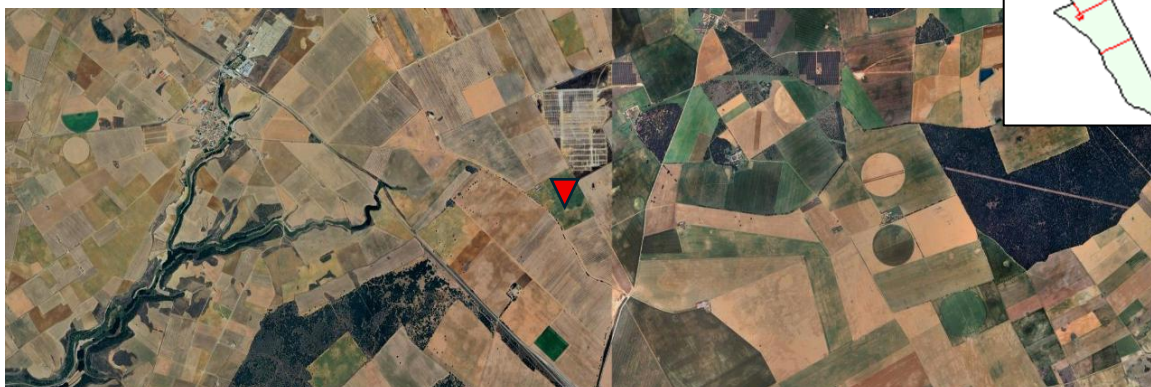
Fuente: Elaboración propia, datos de la sede del Catastro

Ilustración 1:
Forma de la finca



Fuente: Catastro

Ilustración 2: Vista aérea de la zona



Fuente: Google Earth

Ilustración 3: Vista aérea de la finca



Fuente: Visor Sigpac

Ilustración 4: Vista aérea parcela de estudio



Fuente: Visor Sigpac

2. ROTACIÓN Y ALTERNATIVA DE CULTIVO

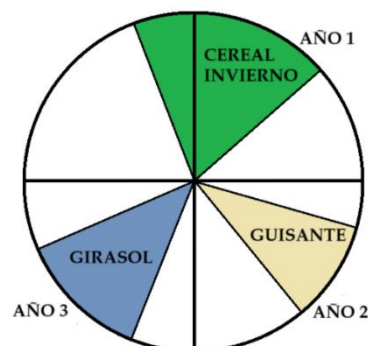
2.1. INTRODUCCIÓN

La explotación actual sigue una rotación cíclica de tres años, en la que se incluye un cereal de invierno, ya sea trigo o cebada, seguido de leguminosa (guisante), y una oleaginosa (girasol).

Trigo o cebada / Guisante / Girasol

El desarrollo de estos cultivos se lleva a cabo en secano debido a la falta de infraestructura de riego y de mano de obra. Por ello el objetivo es diseñar dicha infraestructura y automatizarla para así independizarse de la mano de obra.

Ilustración 5: Rotación actual



Fuente: Elaboración propia

2.2. ROTACIÓN Y ALTERNATIVA DE CULTIVOS

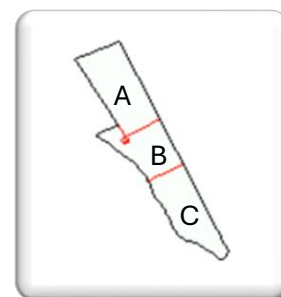
La cronología de la rotación se indica en la siguiente tabla (tabla 2), y queda representada gráficamente en la ilustración 5.

Tabla 2: Rotación actual

Año	Cultivo	Tipo	Siembra	Cosecha
1	Trigo o Cebada	Cereal de invierno	Octubre–Noviembre	Junio–Julio (Año siguiente)
2	Guisante	Leguminosa	Febrero–Marzo	Junio–Julio
3	Girasol	Oleaginoso	Marzo–Abril	Septiembre–Octubre

Fuente: Elaboración propia

El agricultor divide su superficie de cultivo de 121,4 ha en tres hojas, La hoja A de 48,2 ha, la hoja B 32,3 de ha y la hoja C de 41,7 ha. En cada una se cultiva uno de los cultivos de la rotación. A continuación se presenta una tabla que ejemplifica la alternativa de lo que podría ser un año normal en la explotación, con sus hojas y sus superficies respectivas. En la imagen de la derecha se observa la distribución de estas hojas.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6:
Distribución hojas actual

Tabla 3: Alternativa actual: ejemplo campaña 2024

Hoja	Sup (ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septi	Octu	Novie	Dicie
A	48,2		Girasol								Cereal		
B	32,3	Cereal											
C	41,7		Guisante										

Fuente: Elaboración propia

3. PROCESO PRODUCTIVO

Tal y como se indicó en la descripción general de la explotación, el promotor desarrolla un modelo de agricultura convencional en secano, basado en la rotación de cereales de invierno (trigo o cebada), guisante y girasol. La introducción de leguminosas en dicha rotación permite mejorar la fertilidad del suelo gracias a su capacidad de fijar nitrógeno, además de cumplir con los requisitos medioambientales establecidos por la PAC. El sistema de trabajo sigue una lógica de mínimo laboreo, en la que el agricultor realiza únicamente las labores de preparación del terreno, delegando en empresas de servicios las operaciones de abonado, siembra, tratamientos y recolección.

CEREAL DE INVIERNO (TRIGO O CEBADA)

En las parcelas destinadas a cereal de invierno, la preparación del terreno varía en función del cultivo precedente. Cuando el antecesor es el guisante, el suelo suele presentar una estructura adecuada y un buen nivel de nitrógeno, por lo que el agricultor se limita a una labor ligera con la grada de vertederillas o, si lo estima necesario, con el semichisel. En el caso de que el cultivo anterior haya sido cereal, se retira previamente la paja, ya sea empacándola o transportándola con remolque. Posteriormente, se inspecciona la superficie y, si existen rebrotes o malas hierbas, se aplica un herbicida total antes de proceder a las labores mecánicas. La preparación se completa con un pase de semichisel, al que pueden seguir operaciones de refinado con el rodillo de discos y el cultivador-preparador, buscando un lecho de siembra uniforme. La siembra se realiza a finales de octubre o principios de noviembre, adaptando la dosis a la especie y la variedad elegida, que en el caso del trigo ronda los 200-220 kg/ha y en la cebada los 180-200 kg/ha. El abonado de fondo se efectúa con una combinación de MAP y MOP mientras que las necesidades de nitrógeno se cubren con uno o dos abonados de cobertera a base de urea, aplicados durante el invierno y la primavera. La cosecha tiene lugar entre junio y julio, dependiendo de la climatología anual, y la gestión de la paja se adapta a las necesidades del momento, pudiendo dejarse picada en campo o bien empacarse para su venta o autoconsumo.

GIRASOL

El girasol se cultiva en primavera como alternativa a los cereales y leguminosas, proporcionando un cultivo de verano que diversifica la producción de la finca. La preparación del terreno es más exigente debido a la dureza de los residuos vegetales. Generalmente se inicia con una grada de vertederillas para triturar los restos, seguida de un pase de semichisel que favorece la aireación y la incorporación de materia orgánica. Si el terreno queda con grandes terrones, se pasa el rodillo de discos y finalmente el cultivador-preparador, con el fin de obtener un suelo mullido y nivelado. La siembra se efectúa en abril o mayo, con sembradora de precisión, buscando una densidad de entre 55.000 y 65.000 plantas por hectárea. El abonado de fondo consiste en la aplicación de MAP y MOP, con un aporte moderado de urea para complementar la disponibilidad de nitrógeno, ya que el girasol responde negativamente a un exceso de nitrógeno. El control de malas hierbas se realiza mediante herbicidas preemergentes y, cuando es necesario, postemergentes específicos. El ciclo del cultivo se desarrolla durante el verano sin aportes de riego, dependiendo exclusivamente de las precipitaciones, y la recolección se lleva a cabo a finales de agosto o septiembre, cuando las semillas presentan una humedad en torno al 9%. Tras la cosecha, los restos vegetales requieren normalmente un manejo mecánico adicional para facilitar la implantación del siguiente cultivo.

GUISANTE

El guisante se incluye en la rotación como leguminosa que aporta beneficios agronómicos, tanto por su contribución a la fertilidad del suelo como por su papel en la diversificación de cultivos exigida por la normativa comunitaria. Tras la campaña previa, el agricultor realiza una preparación del terreno ligera, normalmente con la grada de vertederillas o con el semichisel, ya que este cultivo no precisa un laboreo profundo. La siembra se lleva a cabo en otoño o a finales de invierno, dependiendo de las condiciones meteorológicas de la campaña, utilizando sembradora de cereal con una dosis aproximada de 150-180 kg/ha. Al tratarse de una leguminosa, no se aplican fertilizantes nitrogenados, limitándose el abonado a correcciones puntuales de fósforo y potasio mediante MAP y MOP según necesidades de suelo. El manejo del cultivo incluye la aplicación de herbicidas para el control de malas hierbas y, en campañas húmedas, tratamientos fungicidas para evitar enfermedades como mildiu o ascochyta. La recolección se efectúa a principios del verano, entre junio y julio, cuando las vainas alcanzan la madurez y el grano presenta un contenido de humedad entre el 12 y el 14%. El guisante cosechado puede destinarse tanto a consumo humano como a alimentación animal, mientras que sus restos vegetales contribuyen a mejorar la estructura y fertilidad del suelo para el cultivo siguiente.

4. MAQUINARIA

La explotación dispone de un conjunto de maquinaria y aperos propios que permite realizar las labores básicas de laboreo y transporte. No obstante, debido a la rotación implantada en la finca (trigo/cebada – guisante – girasol) y a la limitación de implementos especializados, resulta necesario recurrir de manera recurrente a maquinaria alquilada a través de empresas de servicios agrícolas.

4.1. MAQUINARIA EN PROPIEDAD

Tractores:

Tractor N°1 – John Deere 6920

- Potencia: 160 CV
- Gama: media-alta
- Motor: PowerTech, 6 cilindros
- Tracción: total 4WD
- Transmisión: 16 velocidades CommandQuad™

Tractor N°2 – John Deere 6900 con pala frontal

- Potencia: 135 CV
- Gama: media
- Motor: PowerTech, 6 cilindros
- Tracción: total 4WD

- Transmisión: 16 velocidades AutoQuad

Aperos de laboreo:

Grada de vertederillas de 11 cuerpos
Semichisel de 15 brazos
Cultivador-preparador de 25 brazos
Rodillo de discos de 7 metros

Remolques agrícolas:

Remolque N°1 - Basculante de 2 ejes

- Capacidad de carga: 10 t
- Caja metálica reforzada, apta para grano y forraje
- Sistema de freno hidráulico y enganche universal

Remolque N°2 - Monoeje basculante ligero

- Capacidad de carga: 6 t
- Caja polivalente con laterales abatibles
- Uso habitual en transporte de grano desde parcela a almacenamiento

4.2. MAQUINARIA ALQUILADA A UNA EMPRESA DE SERVICIOS

Debido a la falta de implementos específicos para la rotación trigo/cebada – guisante – girasol, el promotor recurre de forma periódica a maquinaria de empresas de servicios. Las necesidades principales son:

Siembra:

- Sembradora combinada de cereal de 4 m de ancho de trabajo, con sistema de dosificación mecánica para trigo y cebada.
- Sembradora de leguminosa de 4-4,5 m, equipada con rejas de bota ancha para garantizar una correcta profundidad y distribución de la semilla.
- Sembradora neumática de precisión de 6-8 cuerpos, destinada exclusivamente al cultivo de girasol, con sistema de dosificación individual por fila y control de densidad.

Fertilización:

- Abonadora centrífuga de doble disco, con capacidad 2.500-3.000 L, adecuada para la aplicación de fertilizantes de fondo y cobertera.

Tratamientos fitosanitarios:

- Pulverizador hidráulico arrastrado, de 3.000 L de capacidad y barra de 18 m, para la aplicación de herbicidas y fungicidas.

Recolección:

- Cosechadora autopropulsada de sacudidores, equipada con cabezal de corte de 5 m, apta para cereales de invierno y leguminosas grano.
- Cosechadora autopropulsada con cabezal específico para girasol, diseñado para reducir pérdidas en el corte y mejorar la eficiencia de la trilla.

4.3. UTILIZACIÓN DE LA MAQUINARIA

El tiempo de utilización corresponde al periodo efectivo durante el cual un equipo agrícola se encuentra operando en una labor concreta dentro de un cultivo determinado. Este indicador resulta fundamental para valorar la eficiencia del trabajo realizado, así como para mejorar la gestión de recursos y la organización de las tareas en la explotación.

4.3.1. Capacidad de trabajo teórica (CTT)

La capacidad de trabajo teórica se entiende como el rendimiento máximo que una máquina podría alcanzar si trabajara en condiciones totalmente ideales, es decir, sin pérdidas de tiempo ni limitaciones externas. Esta se determina a partir de las características técnicas de la máquina y de su apero.

La fórmula empleada para calcularla es la siguiente:

$$CTT = \frac{a \times V}{10} \quad (ha/h)$$

Donde:

a = anchura de trabajo del apero (m)

V = velocidad de avance (km/h)

4.3.2. Capacidad de trabajo real (CTR)

La capacidad de trabajo real hace referencia al rendimiento efectivo alcanzado en condiciones de campo. Se diferencia de la teórica porque incorpora aspectos como las irregularidades del terreno, el estado de conservación de la maquinaria, la pericia del operador o las paradas inevitables durante la jornada.

En general, la capacidad real es inferior a la teórica debido a la existencia de pérdidas y tiempos no productivos. Para su cálculo se introduce un

coeficiente de eficiencia (η) que refleja el aprovechamiento medio en la práctica:

$$CTR = CTT \times \eta \quad (ha/h)$$

Donde:

η = coeficiente de aprovechamiento o rendimiento (%)

4.3.3. Tiempo de trabajo real (TTR)

El tiempo de trabajo real corresponde al número de horas efectivas necesarias para trabajar una hectárea, considerando únicamente el periodo en el que la máquina se encuentra ejecutando la labor, y excluyendo paradas por repostaje, ajustes, mantenimiento o condiciones meteorológicas adversas.

Se obtiene como la inversa de la capacidad de trabajo real:

$$TTR = \frac{1}{CTR} \quad (h/ha)$$

4.3.4. Tiempo de trabajo total (TT)

El tiempo total de trabajo representa la duración completa que una máquina necesita para cubrir una determinada superficie. Incluye el tiempo real de operación más las pausas inevitables para mantenimiento, repostaje o tareas complementarias.

Se calcula como el producto entre el tiempo de trabajo real y la superficie a cubrir:

$$TT = TTR \times n^{\circ} \text{ de hectáreas} \quad (h)$$

4.4. UTILIZACIÓN DE LA MÁQUINA POR CULTIVOS

El grado de utilización de la maquinaria depende de las exigencias de cada cultivo y de las operaciones que este requiera. En el caso de la explotación analizada, las necesidades de maquinaria varían en función de las labores concretas de preparación, siembra, fertilización, tratamientos y recolección propias de cada especie.

En el cálculo de parámetros como el Trabajo Total (TT), el Tiempo Teórico de Rendimiento (TTR), el Coeficiente de Tiempo Real (CTR) y el Coeficiente de Tiempo Total (CTT) en una explotación agrícola dividida en tres hojas con rotación de cultivos anual, es imprescindible considerar la superficie afectada por cada máquina en función del cultivo que realiza en cada campaña. En apartados sucesivos analizaremos la utilización de maquinaria por cada cultivo en la última

campaña 2023-2024. Es importante tener en cuenta que los cultivos rotan en hojas de distinta superficie, por lo que los resultados no son extrapolables a otras campañas sin realizar ajustes.

La distribución de los cultivos de la campaña 2023-2024 se puede encontrar en la Tabla 3, “Alternativa actual: ejemplo campaña 2023-2024”, del apartado 2.2.

4.4.1. Utilización de la maquinaria para el cultivo de cereal

Tabla 4: Utilización de maquinaria para cereal

Maquinaria	Mes	A (m)	V (km/h)	η (%)	CTT (ha/h)	CTR (ha/h)	TTR (h/ha)	nº ha	TT (h)
Semichisel	Feb-Mar	6	6	78	3,6	2,808	0,356	40,5	14,4
Grada vertederillas	Feb-Mar	5	7	80	3,5	2,8	0,357	80,9	28,9
Rodillo de discos	Mar	7	8	85	5,6	4,76	0,21	80,9	17,0
Sembradora combinada	Oct	4	7	70	2,8	1,96	0,51	40,5	20,6
Abonadora centrífuga	Mar / Nov	12	10	75	12	9	0,111	80,9	9,0
Pulverizador	May / Jun	18	10	75	18	13,5	0,074	80,9	6,0
Cosechadora cereal	Jul	5	3,5	65	1,75	1,137	0,879	40,5	35,6

Fuente: Elaboración propia

Notas cereal: En la tabla aparecen labores de preparación tanto para la hoja A (siembra de cereal en octubre) como para la hoja B (cereal que se cosecha en julio). En algunos pases (grada/rodillo/abonadora/pulverizador) se ha considerado conjuntamente la superficie total donde se aplica ($A+B = 80,5$ ha).

4.4.2. Utilización de la maquinaria para el cultivo de Guisante

Tabla 5: Utilización de maquinaria para guisante

Maquinaria	Mes	a (m)	V (km/h)	η (%)	CTT (ha/h)	CTR (ha/h)	TTR (h/ha)	nº ha	TT (h)
Semichisel	Feb	6	6	78	3,6	2,808	0,356	40,5	14,4
Grada vertederillas	Feb	5	7	80	3,5	2,8	0,357	40,5	14,4
Cultivador-preparador	Feb	6	7	80	4,2	3,36	0,298	40,5	12,1
Rodillo de discos	Feb	7	8	85	5,6	4,76	0,21	40,5	8,5
Sembradora guisante	Feb	4,5	6,5	72	2,925	2,106	0,475	40,5	19,2
Abonadora centrífuga	Mar	12	10	75	12	9	0,111	40,5	4,5
Pulverizador	Abr-May	18	10	75	18	13,5	0,074	40,5	3,0
Cosechadora guisante	Jun	5	3	60	1,5	0,9	1,111	40,5	45,0

Fuente: Elaboración propia

Notas guisante: La sembradora de leguminosas está contemplada como alquiler exclusivo para la siembra en hoja C; la cosecha de leguminosas suele ser más lenta (CTR menor) por ello el TTR y TT resultan mayores.

4.4.3. Utilización de la maquinaria para el cultivo de girasol

Tabla 6: Utilización de maquinaria para girasol

Maquinaria	Mes	a (m)	V (km/h)	η (%)	CTT (ha/h)	CTR (ha/h)	TTR (h/ha)	nº ha	TT (h)
Semichisel	Feb	6	6	78	3,6	2,808	0,356	40,5	14,4
Cultivador-preparador	Feb	6	7	80	4,2	3,36	0,298	40,5	12,1
Rodillo de discos	Feb	7	8	85	5,6	4,76	0,21	40,5	8,5
Sembradora girasol	Feb	6	6	72	3,6	2,592	0,386	40,5	15,6
Abonadora centrífuga	Mar	12	10	75	12	9	0,111	40,5	4,5
Pulverizador	May-Jun	18	10	75	18	13,5	0,074	40,5	3,0
Cosechadora girasol	Aug	6	2,8	62	1,68	1,042	0,96	40,5	38,8

Fuente: Elaboración propia

Notas girasol: La sembradora de girasol se ha marcado como uso exclusivo para este cultivo (como me pediste). La recolección de girasol, con cabezal específico, tiene menor velocidad efectiva y rendimiento (η) por la delicadeza de la operación y la necesidad de evitar pérdidas.

4.4.4. Uso de tractores y remolques

Transporte de cosechas con remolque

Además de las labores de campo, es necesario contemplar el transporte de la producción hasta el almacén. El promotor dispone de dos remolques propios: uno basculante de 10 t y otro monoeje de 6 t, que se asignan según el tipo de cultivo.

Para calcular el número de viajes se ha considerado la capacidad de cada remolque, las producciones medias habituales en la zona (según datos del MAPA) y la distancia al almacén, situada a unos 4,6 km de la parcela. A una velocidad aproximada de 25 km/h, el trayecto de ida se realiza en unos 10 minutos, lo que supone unos 20 minutos por viaje ida y vuelta.

En un año medio, los resultados serían los siguientes:

Tabla 7: Uso remolques actual

Cultivo	Producción total (kg)	Remolque empleado	Nº viajes aprox.	Tiempo viajes (h)	Tiempo total uso (h) (+25%)
Cereal	124111	Basculante 10 t	13	4,8	6,0
Guisante	31564	Monoeje 6 t	16	5,9	7,4
Girasol	42490	Basculante 10 t	12	4,4	5,5
Total	—	—	41	15,1	18,9

Fuente: Elaboración propia

Uso de los tractores

El agricultor dispone de dos tractores:

- John Deere 6920 (160 CV), destinado a labores de laboreo y transporte por su mayor potencia.

- John Deere 6900 (135 CV), equipado con autoguiado, empleado en labores de mayor precisión como siembra, abonado y tratamientos.

El reparto de horas estimadas durante la campaña es el siguiente:

Tabla 8: Uso tractores actual

Tractor	Labores principales	Horas aproximadas
JD 6920 (160 CV)	Semichisel, grada	~144
JD 6900 (135 CV)	Transporte con remolque, rodillo	~70

Fuente: Elaboración propia

5. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN LA FINCA

La finca incluye tres edificaciones utilizadas para el almacenamiento de equipamiento agrícola, se disponen dos de ellas longitudinalmente y de forma contigua, una de 235 m² y la otra de 231 m², y de manera paralela a la tercera de mayor tamaño (1125 m²). Por medio de un murete se encierra el espacio que queda entre ellas creando un recinto de 2643 m² que permite el acceso a las naves. A este recinto se accede por medio de un portón de verja metálica.

Tabla 9: Superficie edificaciones actuales

Nave 1	233 m ²
Nave 2	238 m ²
Nave 3	1125 m ²
Recinto interior	2643 m ²
Superficie total	4239 m ²

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Naves agrícolas



Fuente: Google Earth

Ilustración 8: Líneas de alta tensión



Fuente: Google

Encontramos además 2 torres de alta tensión y 3 de media tensión pertenecientes a dos líneas distintas. Las torres de alta tensión ocupan 80 m² y tienen una altura de 40 metros y las de media tensión ocupan una superficie 10 m² y de 15 metros de altura. Se representan en la imagen de la derecha (Ilustración 8) con rojo la línea de alta y amarillo la línea de media.

6. ESTUDIO DE COSTES

En este apartado se analizarán los gastos que genera, por hectárea, el uso de la maquinaria agrícola, los aperos, los insumos y la mano de obra necesarios a lo largo de todo el ciclo productivo de la parcela. Para poder calcular el coste total, se debe distinguir primero entre costes fijos y costes variables.

Costes fijos

Son aquellos que permanecen constantes con independencia de que la maquinaria se utilice más o menos. Es decir, se generan incluso cuando los equipos no están en funcionamiento. Dentro de este grupo se incluyen los siguientes:

- Amortización (A): consiste en repartir el valor de adquisición de la máquina a lo largo de los años de su vida útil, reflejando su pérdida de valor. La fórmula empleada es:

$$A = \frac{V_0 - V_r}{n}$$

Donde:

V_0 = Valor de compra de la máquina

V_r = Valor residual estimado al final de la vida útil

En tractores: $V_r = V_0 \times 0,68 \times 0,92^n$

En aperos: $V_r = V_0 \times 0,60 \times 0,885^n$

n = vida útil (años)

- Intereses (I): representan el coste financiero derivado de la inversión en maquinaria. Se calculan a partir del valor de adquisición, la amortización y el residual:

$$I = \frac{(V_0 + A + V_r) \times i}{2}$$

El BCE en 2024 sitúa el interés (i) alrededor del 3,5%, en la fórmula se aplica en tanto por uno.

- Seguros e impuestos: incluyen tanto el seguro obligatorio como los tributos que deben abonar tractores, remolques y aperos arrastrados que superen los 750 kg y circulen por vía pública. El MAPA estima este coste en torno al 0,20 % del valor inicial.
- Alojamiento: se refiere a los gastos asociados al resguardo y conservación de la maquinaria, estimados en aproximadamente el 0,40 % del valor inicial.

Costes variables

A diferencia de los anteriores, dependen directamente de las horas de utilización de cada máquina y del tipo de labor a realizar. Se consideran dentro de este grupo:

- Combustible: su consumo está ligado a la potencia del tractor y a la exigencia del trabajo. De forma orientativa, se estima en 17 L/h para el tractor de 160 CV y en 14 L/h para el de 135 CV. Se ha considerado el precio actual del gasóleo agrícola (aprox. 1,10 €/L en 2024) para reflejar de forma fiel el coste del combustible durante el año de estudio.
- Reparaciones y mantenimiento (R): abarcan tanto averías como el mantenimiento preventivo. Pueden aproximarse mediante la expresión:

$$R = \frac{0,40 \times V_0}{V_u}$$

Donde:

Vo = Valor inicial

Vu = Vida útil expresada en horas de trabajo

Aceites y filtros: Se calculan como un coste adicional al 10% del gasto de combustible

Coste horario

Finalmente, el coste horario de cada máquina se obtiene combinando los costes fijos anuales y los variables, dividido todo ello entre las horas de trabajo previstas para cada ejercicio:

$$C_h (\text{€/h}) = \left(\frac{C_f}{H_a} \right) + C_v$$

6.1. COSTES DE LA MAQUINARIA DE TRACCIÓN

En la siguiente tabla (Tabla 10) vienen recogidos el desglose de costes de los tractores en propiedad del promotor. Incluye costes fijos, los variables y finalmente los costes horarios.

Tabla 10: Costes maquinaria de tracción

DATOS	Concepto / Tipo de coste	JD 6920 (160 CV)	JD 6900 (135 CV)
	Precio compra (V_0)	85.000 €	75.000 €
	Valor residual (V_r)	10.906 €	9.623 €
	Vida útil (años) n	20	20
	Vida útil (horas) V_u	14.000 h	14.000 h
	Horas uso anual H_a (supuesto)	500 h/a	400 h/a
	Consumo medio estimado	17,0 L/h	14,4 L/h
	Precio gasóleo B (empleado)	1,10 €/L	1,10 €/L
GASTOS FIJOS (€/año)	Amortización (A)	3.704,68 €	3.268,83 €
	Intereses (I)	1.743,20 €	1.538,11 €
	Seguro e impuestos (0,20 % V_0)	170,00 €	150,00 €
	Alojamiento (0,40 % V_0)	340,00 €	300,00 €
	Total gastos fijos	5957,87 €	5.256,95 €
COSTES VARIABLES (€/h)	Reparaciones y mantenimiento (R)	2,43 €/h	2,14 €/h
	Combustible (consumo $\times$ precio)	18,7 €/h	15,8 €/h
	Aceite y filtros (10 % combustible)	1,9 €/h	1,6 €/h
	Total costes variables	23,00 €/h	19,57 €/h
Desglose final	Coste fijo por hora = Total fijos / H_a	11,92 €/h	18,82 €/h
Coste horario total (fijo/h + variable/h)		34,91 €/h	38,39 €/h

Fuente: Elaboración propia

6.2. COSTES DE LOS APEROS

En este apartado se presenta el cálculo de costes de los aperos y remolques no autopropulsados propiedad del agricultor. Se incluyen únicamente aquellos equipos que forman parte de su inventario: la grada de vertederillas, el semichisel, el cultivador-preparador, el rodillo de discos y los remolques.

La maquinaria autopropulsada y el resto de los aperos utilizados en la explotación son aportados por una empresa de servicios agrícolas, que también proporciona la mano de obra, por lo que no se contemplan en este análisis.

Tabla 11: Tabla de costes aperos y remolques

Apero	DATOS					COSTES FIJOS					COSTES VARIABLES		Coste fijo por hora	Coste horario total
	Precio compra (Vo)	Valor residual (Vr)	Vida útil (n)	Vida útil (Vu)	Horas uso anual H _a	Amortización (A)	Intereses (I)	Seguro e impuestos	Alojamiento	Total costes fijos	Reparaciones y mantenimiento (R)	Total costes variables		
Grada de vertederillas	6.000 €	451 €	17 a	14.000 h	80 h/a	326 €	119 €	-	24 €	469 €	0,17 €	0,17 €	5,86 €	6,03 €
Semichisel	5.500 €	414 €	17 a	13.000 h	70 h/a	299 €	109 €	-	22 €	430 €	0,17 €	0,17 €	6,14 €	6,31 €
Cultivador-preparador	4.800 €	461 €	15 a	12.000 h	70 h/a	289 €	97 €	-	19 €	406 €	0,16 €	0,16 €	5,79 €	5,95 €
Rodillo de discos	5.200 €	271 €	20 a	16.000 h	60 h/a	246 €	100 €	-	21 €	367 €	0,13 €	0,13 €	6,12 €	6,25 €
Remolque basculante	12.000 €	625 €	20 a	15.000 h	120 h/a	569 €	231 €	24 €	48 €	872 €	0,32 €	0,32 €	7,26 €	7,58 €
Remolque mono eje	8.000 €	532 €	18 a	15.000 h	100 h/a	415 €	157 €	16 €	32 €	619 €	0,21 €	0,21 €	6,19 €	6,41 €

Fuente: Elaboración propia

6.3. COSTES DE LAS MATERIAS PRIMAS

En este apartado se detallarán los costes asociados a las principales materias primas empleadas en el proceso productivo agrícola. Se analizarán los insumos utilizados, como semillas, fertilizantes y productos fitosanitarios, considerando tanto las cantidades aplicadas por hectárea como los precios de adquisición del año de estudio (2024).

Semillas

Tabla 12: Costes semilla campaña 2024

Cultivo	Variedad	Dosis (kg/ha)	Precio 2024 (€/kg)	Coste semillas (€/ha)
Trigo	Chambo R-2 BB	200 kg/ha	0,38 €/kg	76,00 €/ha
Cebada	Segontia R-2 BB	180 kg/ha	0,40 €/kg	72,00 €/ha
Girasol	Irisa (Syngenta)	45 kg/ha	3,10 €/kg	139,50 €/ha
Guisante	Vega	120 kg/ha	1,10 €/kg	132,00 €/ha

Fuente: Elaboración propia

Fertilizantes

Tabla 13: Costes fertilizantes campaña 2024

Cultivo	Fertilizante (formulación)	Dosis (kg/ha)	Precio (€/t)	Coste (€/ha)
Trigo	Urea (46-0-0)	260	420	109,2
	MAP (11-52-0)	80	550	44
	MOP (0-0-60)	130	450	58,5
	Total trigo	-	-	211,7
Cebada	Urea (46-0-0)	200	420	84
	MAP (11-52-0)	80	550	44
	MOP (0-0-60)	100	450	45
	Total cebada	-	-	173
Girasol	Urea (46-0-0)	120	420	50,4
	MAP (11-52-0)	50	550	27,5
	MOP (0-0-60)	90	450	40,5
	Total girasol	-	-	118,4
Guisante	Urea (46-0-0)	20	420	8,4
	MAP (11-52-0)	60	550	33
	MOP (0-0-60)	80	450	36
	Total guisante	-	-	77,4

Fuente: Elaboración propia

Fitosanitarios

A) Trigo

Tabla 14: Fitosanitarios costes trigo (2024)

Tratamiento	Producto	Dosis (L o kg/ha)	Precio (€/L o €/kg)	Coste (€/ha)
Herbicida preemergencia	Diflufenican + Flufenacet	0,3 L	28 €/L	8,4
Herbicida postemergencia	2,4-D amina	1,0 L	6 €/L	6
Fungicida	Tebuconazol	0,5 L	15 €/L	7,5
Insecticida	Lambda-cihalotrina	0,15 L	20 €/L	3
Total trigo	—	—	—	24,9

Fuente: Elaboración propia

B) Cebada

Tabla 15: Fitosanitarios costes cebada (2024)

Tratamiento	Producto	Dosis (L o kg/ha)	Precio (€/L o €/kg)	Coste (€/ha)
Herbicida postemergencia	2,4-D éster	0,8 L	7 €/L	5,6
Fungicida	Protiocanazol	0,6 L	18 €/L	10,8
Insecticida	Lambda-cihalotrina	0,15 L	20 €/L	3
Total cebada	—	—	—	19,4

Fuente: Elaboración propia

C) Girasol

Tabla 16: Fitosanitarios costes girasol (2024)

Tratamiento	Producto	Dosis (L o kg/ha)	Precio (€/L o €/kg)	Coste (€/ha)
Herbicida preemergencia	Pendimetalina	2,0 L	8 €/L	16
Herbicida postemergencia	Imazamox (Clearfield)	1,0 L	35 €/L	35
Insecticida	Lambda-cihalotrina	0,15 L	20 €/L	3
Total girasol	—	—	—	54

Fuente: Elaboración propia

D) Guisante

Tabla 17: Fitosanitarios costes guisante (2024)

Tratamiento	Producto	Dosis (L o kg/ha)	Precio (€/L o €/kg)	Coste (€/ha)
Herbicida preemergencia	Pendimetalina	2,5 L	8 €/L	20
Herbicida postemergencia	Bentazona	1,5 L	12 €/L	18
Fungicida (sclerotinia)	Boscalida	0,4 kg	35 €/kg	14
Total guisante	—	—	—	52

Fuente: Elaboración propia

6.4. COSTES EMPRESA DE SERVICIOS

Una parte de las labores necesarias en la explotación se encomienda a una empresa de servicios agrícolas, dado que requieren equipos especializados o mano de obra adicional. Entre estas labores se incluyen la siembra mediante máquina de siembra directa, la aplicación de fitosanitarios, el abonado y la cosecha.

El coste total de estos servicios para la campaña asciende a 21.341,05€, lo que equivale a aproximadamente 177 €/ha considerando la superficie total de 121,4 ha de la explotación. Para el análisis económico se ha realizado un desglose por tipo de servicio y por cultivo, de manera que los costes puedan imputarse de forma precisa y justificada en el estudio de costes de la explotación. Para obtener una estimación más representativa de los costes a largo plazo, el cálculo se realizará sobre hojas de igual superficie ($121,4/3 = 40,47$ ha), así conseguiremos valores de coste medios.

Tabla 18: Costes empres servicios agrícolas

Cultivo	Servicio principal	Coste aproximado €/ha	Superficie (ha)	Coste total €
Trigo	Fitosanitarios + siembra + cosecha	121,21	40,5	4.905,37
Cebada	Fitosanitarios + siembra + cosecha	121,21	40,5	4.905,37
Guisante	Fitosanitarios + siembra + abonado + cosecha	134,76	40,5	5.453,74
Girasol	Siembra directa + fitosanitarios + abonado + cosecha	150,15	40,5	6.076,57
Total explotación	—	—	121,4	21.341,05 €

Fuente: Elaboración propia, datos proporcionados por el promotor

7. CUADROS DE COSTES

En este apartado presentamos los cuadros de costes de cada cultivo de la rotación actual de la explotación. Estos cuadros recogen los datos calculados en los apartados anteriores con el objetivo de obtener el coste total de producción de cada cultivo.

A) Cultivo de trigo

Tabla 19: Cuadro de costes cultivo actual de trigo

TRIGO												
Semilla		Aperos		Tractor		Tratamientos		Fertilizantes		Empresa de servicios		COSTE TOTAL
Variedad	Chambo R-2 BB	Tipo	Coste € / campaña	Modelo	Coste € / campaña	Producto	Coste € / campaña	Producto	Coste € /campaña	Servicio	€ / cultivo	20.369,84 €
Dosis (kg/ha)	200 kg/ha	Semichisel	90,90 €	JD 6920 (160 CV)	1.640,73 €	Diflufenican + Flufenacet	339,92 €	Urea (46-0-0)	4.418,95 €	Fitosanitarios	583,93 €	
Superficie (ha)	40,5 ha	Grada vertederillas	174,22 €	JD 6900 (135 CV)	795,35 €	2,4-D amina	242,80 €	MAP (11-52-0)	1.780,53 €	Cosecha	1.362,11 €	
Precio (€/kg)	0,38 €/kg	Rodillo de discos	106,25 €	-	-	Tebuconazol	303,50 €	MOP (0-0-60)	2.367,30 €	Siembra	2.918,45 €	
-	-	Remolque basculante	45,50 €	-	-	Lambda-cihalotrina	121,40 €	-	-	-	-	
Total	3.078,00€	-	416,88 €	-	2.436,07 €	-	1.007,62 €	-	8.566,78 €	-	4.864,49 €	

Fuente: Elaboración propia.

B) Cultivo de cebada

Tabla 20: Cuadro de costes del cultivo actual de cebada

CEBADA												
Semilla		Aperos		Tractor		Tratamientos		Fertilizantes		Empresa de servicios		COSTE TOTAL
Variedad	Segontia R-2 BB	Tipo	Coste € / campaña	Modelo	Coste € / campaña	Producto	Coste € / campaña	Producto	Coste € /campaña	Servicio	€ / cultivo	18.419,21 €
Dosis (kg/ha)	180,00 €	Semichisel	90,90 €	JD 6920 (160 CV)	1.640,73 €	2,4-D éster	226,61 €	Urea (46-0-0)	226,61 €	Fitosanitarios	3.399,19 €	
Superficie (ha)	40,50 ha	Grada vertederillas	174,22 €	JD 6900 (135 CV)	795,35 €	Proticonazol	437,04 €	MAP (11-52-0)	437,04 €	Cosecha	1.780,53 €	
Precio (€/kg)	0,40 €	Rodillo de discos	106,25 €	-	-	Lambda-cihalotrina	121,40 €	MOP (0-0-60)	121,40 €	Siembra	1.821,00 €	
-	-	Remolque basculante	45,50 €	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	2.916,00 €	-	416,88 €	-	2.436,07 €	-	785,05 €	-	785,05 €	-	7.000,72 €	

Fuente: Elaboración propia.

C) Cultivo de guisante

Tabla 21: Cuadro de costes del cultivo actual del guisante

GUISANTE												
Semilla		Aperos		Tractor		Tratamientos		Fertilizantes		Empresa de servicios		COSTE TOTAL
Variedad	Vega	Tipo	Coste € / campaña	Modelo	Coste € / campaña	Producto	Coste € / campaña	Producto	Coste € /campaña	Servicio	€ / cultivo	18.481,65 €
Dosis (kg/ha)	120 kg/ha	Semichisel	90,90 €	JD 6920 (160 CV)	1.550,26 €	Pendimetali na	809,33 €	Urea (46-0-0)	339,92 €	Fitosanitarios	545,49 €	
Superficie (ha)	40,5 ha	Grada vertederillas	87,11 €	JD 6900 (135 CV)	549,85 €	Bentazona	728,40 €	MAP (11-52-0)	1.335,40 €	Abonado	1.363,32 €	
Precio (€/kg)	1,10 €/kg	Cultivador-preparador	71,75 €	-	-	Boscalida	566,53 €	MOP (0-0-60)	1.456,80 €	Cosecha	1.090,57 €	
-	-	Rodillo de discos	53,11 €	-	-	-	-	-	-	Siembra	2.453,89 €	
-	-	Remolque monoeje	47,42 €	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	5.341,59 €	-	350,29 €	-	2.100,11 €	-	2.104,26 €	-	3.132,11 €	-	5.453,28 €	

Fuente: Elaboración propia.

D) Cultivo de girasol

Tabla 22: Cuadro de costes del cultivo actual de girasol

GIRASOL												
Semilla		Aperos		Tractor		Tratamientos		Fertilizantes		Empresa de servicios		COSTE TOTAL
Variedad	Irisa (Syngenta)	Tipo	Coste € / campaña	Modelo	Coste € / campaña	Producto	Coste € / campaña	Producto	Coste € /campaña	Servicio	€ / cultivo	20.442,92 €
Dosis (kg/ha)	45 kg/ha	Semichisel	90,90 €	JD 6920 (160 CV)	1.002,84 €	Pendimetalina	647,46 €	Urea (46-0-0)	2.039,49 €	Fitosanitarios	607,81 €	
Superficie (ha)	40,5 ha	Cultivador-preparador	72,71 €	JD 6900 (135 CV)	484,14 €	Bentazona	1.416,31 €	MAP (11-52-0)	1.112,82 €	Siembra directa	1.519,12 €	
Precio (€/kg)	3,10 €/kg	Rodillo de discos	53,13 €	-	-	Boscalida	121,40 €	MOP (0-0-60)	1.638,87 €	Abonado	1.215,21 €	
-	-	Remolque Basculante	41,71 €	-	-	-	-	-	-	Cosecha	2.733,92 €	
Total	5.645,09 €	-	258,45 €	-	1.486,98 €	-	2.185,16 €	-	4.791,17 €	-	6.076,06 €	

Fuente: Elaboración propia.

8. FLUJOS DE CAJA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el presente apartado se presenta el análisis completo de las entradas y salidas de efectivo a lo largo del proceso productivo actual. De esta manera evaluaremos la rentabilidad de las 121,4 hectáreas que componen la explotación, siguiendo su actual rotación de cereal de invierno-guisante-girasol.

8.1. COBROS

Los cobros representan las entradas de efectivo que percibe la explotación agrícola en un periodo determinado. Dentro de ellos se incluyen los ingresos derivados de la actividad productiva principal, como la venta de cosechas o productos agrícolas, considerados cobros ordinarios, así como otras entradas no recurrentes, como subvenciones, ayudas económicas.

8.1.1. Cobros ordinarios

Los cobros ordinarios constituyen las principales entradas de efectivo de la explotación, procedentes de la venta de la producción agrícola. Se trata de ingresos recurrentes, aunque sujetos a variaciones en función del rendimiento anual de cada cultivo. Considerando lo señalado en el apartado 2.2, *Rotación y alternativa de cultivo*, así como la media de rendimientos obtenida por la explotación (Tabla 19), se procede a calcular los ingresos correspondientes.

Tabla 23: Rendimiento medio de la explotación en los últimos años (2022-2023-2024)

Cultivo	Rendimientos (kg/ha)
Trigo	3067
Cebada	2300
Guisante	780
Girasol	1050

Fuente: Elaboración propia, datos proporcionados por el promotor

Tabla 24: Ingresos venta de cosecha media explotación actual

Cultivo	Rendimiento medio (kg/ha)	Precio (€/kg)	Superficie (ha)	Total (€)	Total anual (€)
Trigo	3.067,00 kg	0,34 €	40,47 ha	42.201,31 €	62.817,13 €* [*]
Cebada	2.300,00 kg	0,27 €	40,47 ha	25.131,87 €	
Guisante	780,00 kg	0,21 €	40,47 ha	6.628,99 €	
Girasol	1.050,00 kg	0,53 €	40,47 ha	22.521,56 €	

*El beneficio total se consigue de la suma de los beneficios percibidos por el cultivo de guisante, girasol y de la media de los beneficios de los cereales, debido a su alternancia.

Fuente: Elaboración propia, datos proporcionados por el promotor y valores medios del mercado de 2024.

8.1.2. Cobros extraordinarios

8.1.2.1. Cobros de la PAC

Los ingresos adicionales que perciben los agricultores proceden, en buena parte, de las ayudas contempladas en la Política Agraria Común (PAC), una estrategia impulsada por la Unión Europea para fortalecer el sector agrícola en sus países miembros. Este sistema de apoyo busca garantizar la viabilidad económica de las explotaciones, fomentar prácticas respetuosas con el medio ambiente y asegurar el abastecimiento alimentario.

Entre las ayudas extraordinarias que contempla la PAC se encuentran diversas modalidades de subvención, siendo una de las más relevantes el pago básico. Este consiste en una ayuda directa que se concede en función de los derechos de pago que posee el agricultor y la superficie de tierra cultivable declarada. Para la campaña 2025, el régimen de pago básico mantiene un valor aproximado de 220 euros por hectárea, aunque puede variar ligeramente según la región y el tipo de explotación.

Además, el sistema se complementa con otros pagos como el pago redistributivo, el pago complementario para jóvenes agricultores y el eco-régimen, que premia prácticas agrícolas sostenibles.

El titular de la explotación no se acoge al pago complementario para jóvenes agricultores, pero sí cumple los requisitos para acceder a las ayudas directas de la Política Agraria Común (PAC) en vigencia para la campaña 2025. Estas ayudas incluyen:

- Pago básico: vinculado a los derechos de ayuda y superficie declarada.
- Pago redistributivo: aplicable a las primeras hectáreas de cada explotación, con tramos diferenciados.
- Eco-régimen: por prácticas beneficiosas como la rotación con leguminosas, cultivos mejorantes y ausencia de laboreo intensivo.

La rotación establecida permite cumplir con los requisitos del eco-régimen de rotación de cultivos con inclusión de leguminosas y favorece la sostenibilidad del sistema productivo. La explotación no dispone de regadío ni de elementos permanentes como pastos o cultivos leñosos.

Tabla 25: Estimación ingresos extraordinarios PAC

Tipo de ayuda	Superficie aplicable (ha)	Importe estimado (€/ha)	Total estimado (€)
Pago básico	120,00	220,00	26.400,00
Pago redistributivo (primer tramo: 0-50 ha)	50,00	40,00	2.000,00
Pago redistributivo (segundo tramo: 50-100 ha)	50,00	15,00	750,00
Eco-régimen (rotación con leguminosas)	120,00	55,00	6.600,00
Total ayudas PAC	-	-	35.750,00 €

Fuente: Elaboración propia, datos orientativos proporcionados por el promotor.

8.2. PAGOS

Siguiendo con el estudio de costes actuales de la explotación, analizamos a continuación los pagos regulares a los que el promotor se somete para el desarrollo de su explotación.

8.2.1. Contribución

La contribución territorial rústica, comúnmente conocida como Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI), es un tributo anual que grava la propiedad de terrenos agrícolas. Su recaudación se destina al mantenimiento de infraestructuras locales y servicios públicos.

En el caso de la explotación bajo estudio, el importe del IBI se calcula en función del valor catastral y del tipo de cultivo. Para terrenos de secano en esta zona, el tipo impositivo medio se sitúa en torno a 6,50 €/ha/año.

Por tanto, el coste total estimado del IBI para la explotación es:

$$120 \times 6,50 \text{ €/ha} = 780,00 \text{ € anuales}$$

8.2.2. Seguros agrarios

Los seguros agrarios permiten al agricultor proteger su explotación frente a riesgos climáticos como sequía, heladas o pedrisco, ofreciendo cobertura económica en caso de siniestro. Están regulados por el Plan de Seguros Agrarios Combinados y subvencionados parcialmente por ENESA. La prima varía según el cultivo, la modalidad contratada y la zona de producción. En explotaciones de secano como la de Villanubla, su contratación es clave para garantizar estabilidad financiera ante eventos adversos.

Tabla 26: Costes de los seguros agrarios actuales

Cultivo	Superficie asegurada (ha)	Tipo de seguro	Prima (€/ha)	Coste total (€)
Cereal	40,47	Seguro combinado (módulo 2)	14,50	586,82
Girasol	40,47	Seguro de daños climáticos	12,60	510,00
Guisante	40,47	Seguro de cultivos herbáceos	15,20	615,14
Total	121,40	-	-	1.711,96 €

Fuente: Elaboración propia, datos orientativos proporcionados por el promotor.

8.2.3. Costes de producción de los cultivos

A continuación, se presenta una tabla resumen con los costes por cultivo estudiados en el apartado 7.

Tabla 27: resumen costes por cultivo y total actual

Cultivo	Trigo	Cebada	Guisante	Girasol	Total coste anual
Coste de producción (€)	20.369,84 €	18.419,21 €	18.481,65 €	20.442,92 €	58.319,10 €*

*El coste total se consigue de la suma de los costes por cultivo de guisante, girasol y de la media de los costes de los cereales, debido a su alternancia.

Fuente: Elaboración propia, datos del apartado 7. Cuadros de costes.

8.3. FLUJO DE CAJA ANUAL

Para concluir el estudio de costes se presenta a continuación el flujo de caja, resumiendo las entradas y salidas de efectivo, obteniendo así los beneficios o pérdidas anuales de la explotación.

Tabla 28: Cálculo beneficio bruto percibido la explotación actual

Entradas		Salidas			Beneficio bruto
Venta de la cosecha	Ayudas PAC	Contribución	Seguros	Costes productivos	37.756,07 €
62.817,13 €	35.750,00 €	780,00 €	1.711,96 €	58.319,10 €	

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del beneficio neto se obtiene restando al beneficio bruto las obligaciones fiscales y sociales del promotor, concretamente la cuota anual de autónomos agrarios y una estimación del IRPF aplicable. Esta deducción permite conocer con

mayor precisión la rentabilidad real de la explotación desde el punto de vista del titular. En la tabla a continuación se presenta el beneficio neto que percibe el promotor:

Tabla 29: Cálculo beneficio neto percibido por el promotor en la explotación actual

Concepto	Beneficio bruto	Cuota autónomos anual	IRPF estimado (18%)	Beneficio neto estimado
Importe (€)	37.756,07	-3.600,00	-6.796,09	27.359,98 €

Fuente: Elaboración propia

ANEJO III: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE ANEJO III. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1.	Objetivo de estudio	1
2.	Identificación de las alternativas	1
3.	Alternativa de cultivos	1
3.1.	Cereales	3
3.2.	Leguminosas	7
3.3.	cultivos forrajeros	10
3.4.	Cultivos industriales.....	12
3.5.	Criterios de elección de los cultivos	15
3.6.	Análisis multicriterio.....	16
4.	Alternativas al sistema de manejo	17
4.1.	Siembra directa.....	17
4.2.	Laboreo de conservación	18
4.3.	Mínimo laboreo	18
4.4.	Laboreo convencional	19
4.5.	Criterios para la elección del sistema de manejo.....	19
4.6.	Análisis multicriterio.....	20
5.	Alternativa sistema de riego	20
5.1.	Riego por gravedad	20
5.2.	Riego mediante enrollador	21
5.3.	Riego mediante cobertura.....	21
5.4.	Riego mediante pivot	22
5.5.	Riego por goteo	22
5.6.	Criterios para la elección del sistema de riego.....	22
5.7.	Análisis multicriterio del sistema de riego	23
6.	Alternativas de energía para bombeo.....	24
6.1.	Energía solar	24
6.2.	Grupo electrógeno	24
6.3.	Motor de riego	25
6.4.	Energía eléctrica	25
6.5.	Criterios para el análisis de la energía de bombeo	25
6.6.	Análisis multicriterio de la energía de bombeo	26

7. resumen estudio de alternativas	27

1. OBJETIVO DE ESTUDIO

Este estudio busca comparar distintas opciones de diseño y ejecución para encontrar la más adecuada para el proyecto, teniendo en cuenta una serie de aspectos técnicos, económicos y ambientales. El objetivo es tomar una decisión óptima para los diversos factores que afectan tanto el diseño de ingeniería como el sistema productivo, de modo que se alcance la mayor eficiencia al menor coste posible.

2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

La definición de alternativas para implantar un sistema de riego a presión en la parcela requiere un análisis comparativo de distintas opciones y tecnologías, con el fin de seleccionar aquella que mejor se ajuste a las características del terreno y a los objetivos productivos. Entre los aspectos principales que deben valorarse se encuentran los siguientes:

- Posibilidad de diversificación de cultivos: resulta necesario estudiar la introducción de nuevas especies más apropiadas para el regadío, es decir, especies cuya respuesta al regadío sea más rentable. Se analizará su adaptación a las condiciones edafoclimáticas, así como su aceptación y demanda en el mercado, con el fin de garantizar su viabilidad económica.
- Opciones de manejo agrícola: se revisarán distintas estrategias de gestión, como la agricultura de conservación, la producción ecológica o la agricultura de precisión, valorando su impacto sobre la productividad, la sostenibilidad, la rentabilidad y el grado de complejidad que supone su aplicación práctica.
- Alternativas de riego: se estudiarán varios sistemas posibles atendiendo a criterios de eficiencia hídrica, costes de inversión y explotación, así como a la facilidad de montaje y posterior mantenimiento.
- Alternativas de bombeo: se considerarán diferentes equipos de impulsión para garantizar la presión necesaria en la red de riego, evaluando su capacidad de trabajo, rendimiento energético y coste asociado.

Finalmente, todas estas alternativas serán objeto de un análisis multicriterio, cuya síntesis y conclusiones se presentarán al cierre del anejo, determinando las opciones seleccionadas como más idóneas.

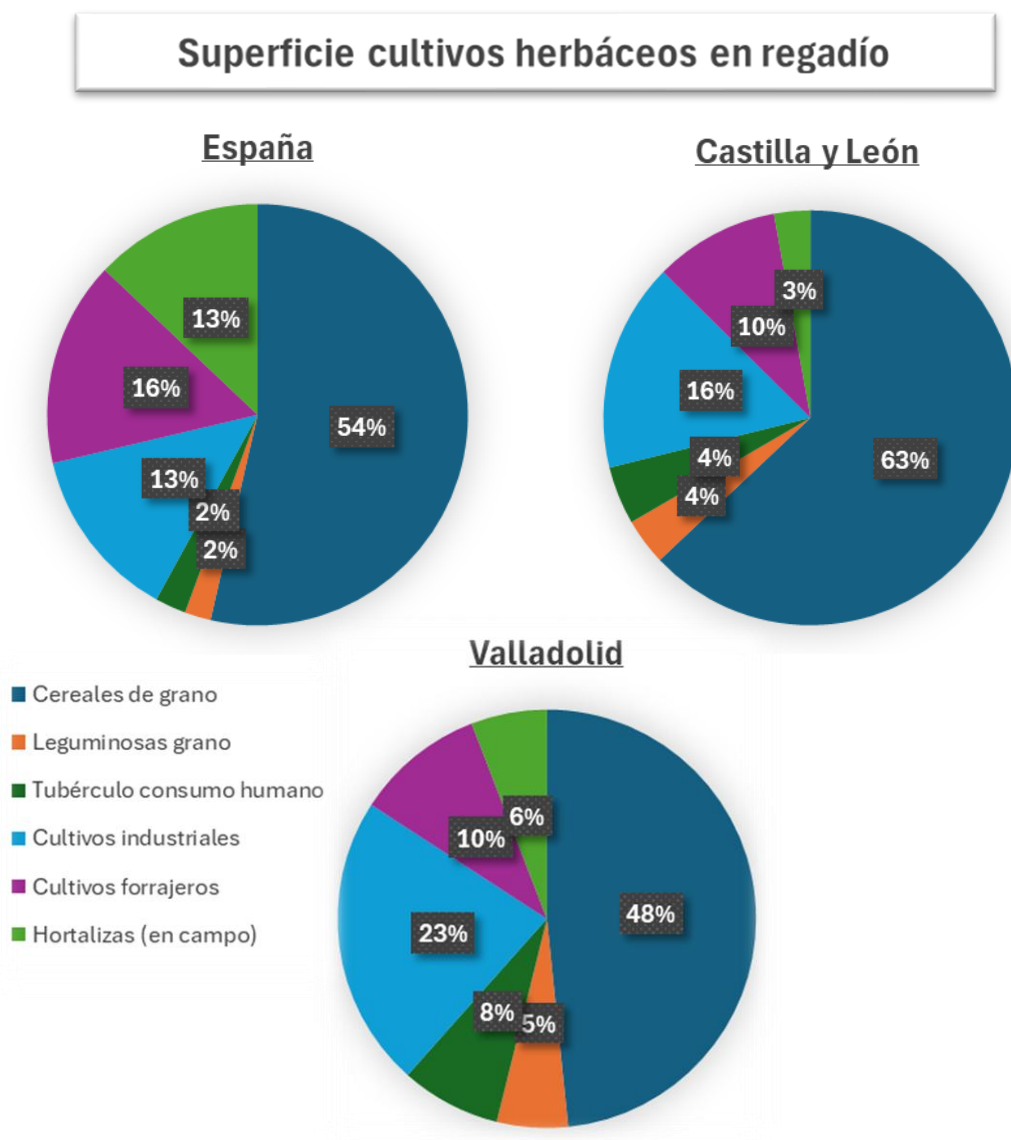
3. ALTERNATIVA DE CULTIVOS

En este apartado analizaremos los principales cultivos candidatos a formar parte de la nueva rotación de cultivos. Debido a la tendencia del sistema de explotación

actual, con su infraestructura y logística, se ha decidido centrarnos en el análisis de cultivos herbáceos.

El principal objetivo es analizar cultivos que se vean más beneficiados por el riego tomando como referencia estudios de uso y rendimientos en la zona, a nivel local y autonómico. En las siguientes gráficas observamos el reparto en superficie del cultivo en regadío a escala nacional, autonómica y provincial en el año 2024:

Ilustración 1: Superficie en regadío de herbáceos por cultivo



Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE, 2024).

El regadío en Castilla y León solo supone el 12,1% de la superficie de cultivo, con 428.723 hectáreas del total de 3.540.911 hectáreas de cultivo. De este porcentaje el 87,9% es regadío de cultivos herbáceos. En Valladolid el porcentaje de regadío

es del 16,2%, mientras que el porcentaje dedicado a herbáceos es del 74,1%, suponiendo un 12% del total cultivado, es decir, 70.324 hectáreas del total de 587.737 hectáreas (ESYRCE 2024).

3.1. CEREALES

Como podemos observar en las gráficas de la Ilustración 1, el cereal es el cultivo más relevante a nivel nacional suponiendo aproximadamente la mitad de los cultivos del territorio español en el año 2024. Observamos aún más su relevancia si nos centramos en la comunidad autónoma en la que se encuentra nuestra explotación, siendo algo más del 60% de la superficie cultivada de herbáceos en regadío.

En este apartado analizaremos las distintas alternativas que el mercado ofrece para este tipo de cultivo tan relevante. Para orientar nuestro estudio se presenta continuación una tabla con las superficies de cultivo de cereal en secano y regadío en Castilla y León en 2024:

Tabla 1: Superficies de variedades de cereal cultivado en 2024

Superficie de cereal en Castilla y León (2024)		
Cultivo	Superficie secano (ha)	Superficie regadío (ha)
Trigo duro	6.195	853
Trigo blando	730.644	66.618
Cebada 2 carreras	615.077	32.944
Cebada 6 carreras	20.380	264
Avena	103.539	2.931
Centeno	79.107	2.834
Triticale	31.904	1.796
Arroz	0	0
Maíz	1.132	128.230
Sorgo	48	138
Quinoa	365	481

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) (2024).

A partir de esta tabla se ha decidido estudiar el rendimiento de los cultivos más comunes mediante el cálculo de una media de los rendimientos recogidos en el Anuario de Estadística de 2023 y de la Encuesta Sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) de 2022, 2023 y 2024. Los cultivos seleccionados para el estudio son el maíz de grano, el trigo blando, la cebada de dos (2C), la avena y el centeno.

Tabla 2: Rendimiento medio del cereal en Castilla y León y Valladolid

	Rendimiento medio del cultivo (kg/ha)			
	Secano		Regadío	
	Castilla y León	Valladolid	Castilla y León	Valladolid
Maíz grano	7.427	x	13.954	12.769
Trigo blando	2.735	2.738	5.414	5.263
Cebada 2C	2.503	2.450	4.100	4.064
Avena	1.765	1.584	3.520	x
Centeno	1.840	1.633	2.817	2.489

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) (2022, 2023, 2024) y el Anuario de Estadística (2023) del MAPA.
X = Valores no fiables debido a escasez de datos o no existentes

Maíz de grano

El maíz es un cultivo con un gran potencial en Castilla y León, especialmente cuando se dispone de regadío. Actualmente, la superficie de maíz en regadío en la región alcanza 128.230 ha, mientras que en secano apenas se cultivan 1.132 ha. Esto evidencia que el maíz responde muy bien al riego, con rendimientos medios que se duplican en comparación con el secano: 13.954 kg/ha en Castilla y León y 12.769 kg/ha en Valladolid bajo regadío, frente a 7.427 kg/ha en secano.

Ventajas del maíz bajo regadío:

- Altos rendimientos: La implantación del regadío permite aprovechar plenamente el potencial productivo del maíz.
- Versatilidad: Puede destinarse a grano o forraje, lo que ofrece flexibilidad según las necesidades de la explotación.
- Buena adaptación a riego mecanizado: Los sistemas Pivot con cobertura total son especialmente eficaces para este cultivo, optimizando la distribución de agua y nutrientes.
- Demanda estable: La existencia de mercados consolidados para maíz asegura la salida comercial del producto.

Consideraciones:

- Alto consumo de agua: Aunque el regadío permite maximizar la producción, el maíz sigue siendo un cultivo que exige un suministro hídrico constante.
- Costes de implantación y manejo: La inversión en infraestructuras de riego y el manejo intensivo del cultivo pueden incrementar los costes de producción.
- Riesgo fitosanitario: La humedad adicional puede favorecer la aparición de enfermedades y plagas, que requieren un control adecuado.

Cebada 2 carreras

La cebada 2 carreras es uno de los cultivos más extendidos en Castilla y León, con 615.077 ha en secano y 32.944 ha en regadío en 2024. Bajo regadío, los

rendimientos se elevan de 2.503 kg/ha en seco a 4.100 kg/ha en Castilla y León y 4.064 kg/ha en Valladolid, evidenciando un aumento significativo de productividad. Esto demuestra que la cebada 2 carreras se beneficia claramente de la transformación de seco a regadío.

Ventajas de la cebada bajo regadío:

- Incremento notable de rendimientos: La disponibilidad de agua permite aprovechar plenamente el potencial del cultivo.
- Ciclo corto de cultivo: Permite obtener cosechas tempranas, facilitando la planificación de la rotación de cultivos.
- Familiaridad de los agricultores: Es un cultivo tradicional, con manejo y técnicas de cultivo consolidadas.
- Puntos de venta locales: La existencia de almacenistas cercanos facilita la comercialización de la cebada.

Consideraciones:

- Sensibilidad a enfermedades en condiciones húmedas: La mayor humedad del riego puede favorecer la aparición de enfermedades foliares.
- Precios variables: Aunque la cebada tiene un mercado consolidado, el precio puede fluctuar afectando la rentabilidad.
- Requerimiento de gestión de riego y fertilización: Para maximizar rendimientos es necesario un manejo más intensivo que en seco.

Avena

La avena en Castilla y León ocupa 103.539 ha en seco y 2.931 ha en regadío. Este cultivo muestra un aumento de rendimiento significativo bajo regadío, pasando de 1.765 kg/ha en seco a 3.520 kg/ha en Castilla y León. Aunque su superficie en regadío es relativamente pequeña, la avena se beneficia claramente de la disponibilidad de agua, duplicando prácticamente su productividad.

Ventajas de la avena bajo regadío:

- Incremento notable de rendimiento: La irrigación permite mejorar sustancialmente la productividad por hectárea.
- Alternativa en rotaciones: La avena es útil para diversificar las rotaciones de cultivos y mejorar la salud del suelo.
- Adaptación al riego mecanizado: Responde bien a sistemas de riego Pivote y cobertura total.
- Mercado de consumo creciente: La avena tiene demanda tanto para alimentación animal como para consumo humano en productos saludables y funcionales.

Consideraciones:

- Superficie limitada en regadío: La poca experiencia local con avena bajo riego puede implicar un aprendizaje en manejo intensivo.
- Sensibilidad a enfermedades: La humedad favorece la aparición de enfermedades foliares, requiriendo control fitosanitario.

- Costes de producción más altos: Fertilización y riego aumentan los costos comparados con el secano.

Centeno

El centeno en Castilla y León ocupa 79.107 ha en secano y 2.834 ha en regadío. Los rendimientos medios aumentan de 1.840 kg/ha en secano a 2.817 kg/ha bajo regadío en Castilla y León, mientras que en Valladolid pasan de 1.633 kg/ha a 2.489 kg/ha. Aunque el incremento no es tan pronunciado como en otros cereales, la disponibilidad de agua mejora claramente la productividad del centeno.

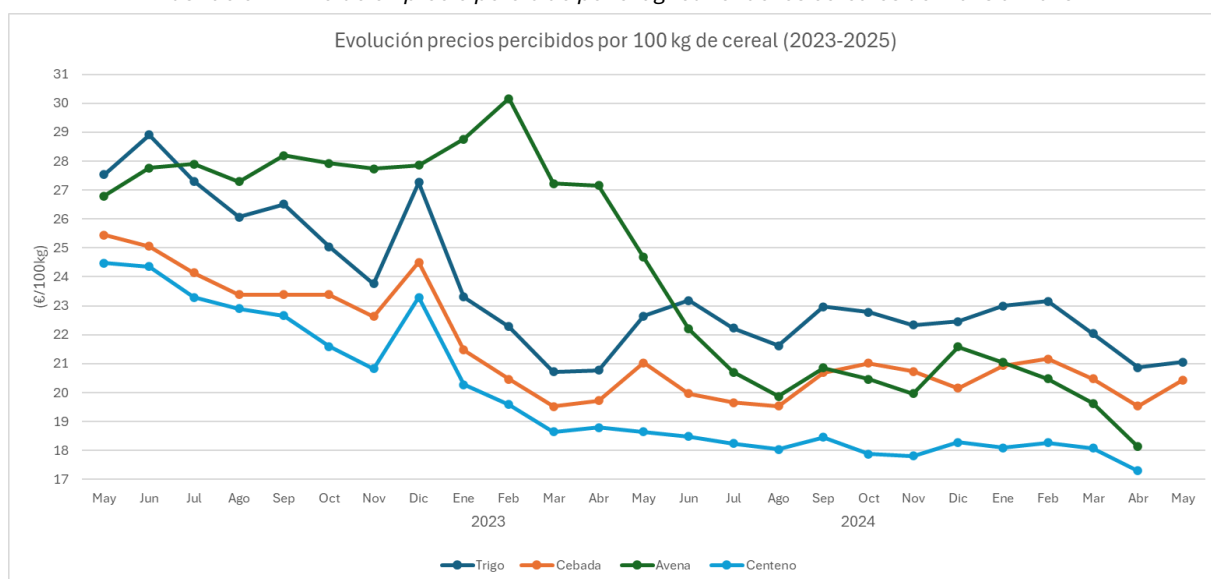
Ventajas del centeno bajo regadío:

- Aumento de rendimiento: Aunque moderado, el regadío permite mejorar la producción y aprovechar mejor el potencial del cultivo.
- Adaptación a suelos menos fértiles: El centeno se adapta bien a suelos pobres o ácidos, lo que permite aprovechar parcelas que podrían ser menos productivas para otros cereales.
- Versatilidad en rotaciones: Es útil para diversificar cultivos y mantener la salud del suelo.
- Adaptación al riego mecanizado: Puede ser cultivado bajo sistemas Pivot y cobertura total.

Consideraciones:

- Incremento de rendimiento limitado: El potencial de mejora bajo regadío es menor que en cultivos como maíz o trigo.
- Mercado más reducido: La demanda de centeno es menor que la de otros cereales, lo que puede limitar las opciones de comercialización.
- Requerimiento de manejo intensivo: Aunque resistente, necesita control de plagas y enfermedades para optimizar rendimientos bajo riego.

Ilustración 2: Evolución precio percibido por el agricultor de los cereales del 2023 al 2025



Fuente: Elaboración propia con datos de la estadística de “Índices y Precios Percibidos Agrarios (Mayo 2025)” del MAPA

En cuanto al valor en el mercado de estos cereales, se observa que todos los cultivos analizados han sufrido una tendencia general a la baja desde 2023, aunque con distintos grados de volatilidad. El trigo muestra una caída clara respecto a 2023, estabilizándose en torno a los 22-23 €/t en 2024-2025, lo que refleja una pérdida de rentabilidad, pero con cierta estabilidad reciente. La cebada, por el contrario, ha tenido un ajuste progresivo y mantiene precios relativamente bajos y estables (19-21 €/t en 2024-2025), lo que indica menor riesgo, pero también menores márgenes. La avena y el centeno comparten un patrón de descenso suave y sostenido, con precios estabilizados en la franja de 18-21 €/t, mostrando una cierta regularidad a pesar de la tendencia decreciente. Por último, el maíz presenta oscilaciones puntuales, pero en general mantiene precios algo superiores al centeno y la avena, estabilizándose en 22-24 €/t en 2025.

3.2. LEGUMINOSAS

Aunque en 2024 las leguminosas para grano representaron únicamente el 2% de la superficie de cultivos herbáceos a nivel nacional, en la provincia de Valladolid su presencia es más significativa, alcanzando el 5% del total de cultivos herbáceos. Peses a su escasa presencia en el territorio, las leguminosas son de gran interés agronómico, debido a los beneficios que conllevan para las rotaciones, en especial para la fijación de nitrógeno atmosférico. Por ello es necesario realizar un estudio detallado de este grupo de cultivos.

Siguiendo la dinámica del apartado anterior, conduciremos nuestro estudio empezando por el análisis de la superficie aplicada en la región para los principales cultivos de leguminosa.

Tabla 3: Superficies de variedades de leguminosa relevantes en 2024

Superficie de leguminosa en Castilla y León (2024)		
Cultivo	Superficie secano (ha)	Superficie regadío (ha)
Judía seca	29	5.072
Haba seca	31	687
Lenteja	10.833	10.850
Garbanzo	26.072	877
Guisante seco	47.275	5.195
Veza	64.840	1.812
Altramuz	460	0

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) (2024).

Después de analizar la tabla anterior seleccionamos los siguientes cultivos: judía seca, lenteja, veza y guisante seco. Se han elegido para el posterior análisis de

rendimientos debido a su relevante representación dentro de las leguminosas en regadío en la zona.

Tabla 4: Rendimiento medio de las leguminosas en Castilla y León y Valladolid

	Rendimiento medio del cultivo (kg/ha)			
	Secano		Regadío	
	Castilla y León	Valladolid	Castilla y León	Valladolid
Judía seca	650	x	2612	2500
Lenteja	643	699	904	x
Guisante seco	822	1274	1955	2368
Veza	571	500	1251	x

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) (2022, 2023, 2024) y el Anuario de Estadística (2023) del MAPA.
X = Valores no fiables debido a escasez de datos o no existentes

Judía seca

La judía seca en Castilla y León ocupa actualmente 29 ha en secano y 5.072 ha en regadío. Los rendimientos muestran un aumento espectacular bajo regadío, pasando de 650 kg/ha en secano a 2.612 kg/ha en Castilla y León y 2.500 kg/ha en Valladolid. Este incremento evidencia que la judía seca se beneficia enormemente de la disponibilidad de agua, convirtiéndose en un cultivo muy productivo bajo riego.

Ventajas de la judía seca bajo regadío:

- Rendimientos muy altos: La transformación a regadío permite multiplicar por cuatro los rendimientos respecto a secano.
- Aporte nutricional y mercado estable: La judía seca tiene buena aceptación tanto en alimentación humana como en mercados locales especializados.
- Aprovechamiento de rotaciones: Al ser leguminosa, contribuye a la fijación biológica de nitrógeno y mejora la fertilidad del suelo.
- Adaptación al riego mecanizado: Se puede cultivar con sistemas Pivot y cobertura total, optimizando la productividad.

Consideraciones:

- Requerimiento hídrico elevado: Necesita riego constante para alcanzar los máximos rendimientos.
- Sensibilidad a plagas y enfermedades: Condiciones húmedas pueden favorecer hongos y bacteriosis, requiriendo manejo fitosanitario riguroso.
- Coste de implantación y manejo: La inversión en riego y fertilización es más alta que en secano.

Lenteja

La lenteja ocupa 10.833 ha en secano y 10.850 ha en regadío en Castilla y León. Los rendimientos bajo regadío aumentan de 643 kg/ha en secano a 904 kg/ha en Castilla y León, mientras que en Valladolid el valor en secano es 699 kg/ha. Aunque el incremento no es tan espectacular como en judía seca, el regadío mejora significativamente la productividad del cultivo.

Ventajas de la lenteja bajo regadío:

- Aumento de rendimiento: Mejora la producción sin comprometer la calidad del grano.
- Fijación de nitrógeno: Beneficia las rotaciones y la salud del suelo.
- Mercado estable: La lenteja tiene buena demanda en alimentación humana.
- Adaptación a regadío mecanizado: Puede cultivarse con sistemas de riego modernos, aumentando su eficiencia.

Consideraciones:

- Incremento moderado: El beneficio de regadío es menor comparado con judía seca o guisante.
- Control fitosanitario: Requiere vigilancia de enfermedades foliares y bacterianas
- Costes adicionales: Fertilización y riego incrementan los costos respecto a secano

Guisante seco

El guisante seco tiene una superficie de 47.275 ha en secano y 5.195 ha en regadío. Los rendimientos aumentan de 822 kg/ha en secano a 1.955 kg/ha en Castilla y León y 2.368 kg/ha en Valladolid, lo que representa más del doble de productividad con riego.

Ventajas del guisante seco bajo regadío:

- Rendimientos significativamente mayores: La irrigación permite multiplicar por más de dos la producción.
- Beneficio agronómico: Al ser leguminosa, contribuye a la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno.
- Mercado para alimentación y pienso: Alta demanda en consumo humano y forrajero.
- Compatibilidad con riego mecanizado: Adecuado para sistemas Pivot y cobertura total.

Consideraciones:

- Requerimiento hídrico: Necesita riego regular para alcanzar los máximos rendimientos.

- Manejo fitosanitario: Condiciones húmedas pueden favorecer hongos y bacteriosis.
- Coste de implantación más alto: Fertilización y riego intensivo aumentan los costos.

Veza

La veza ocupa 64.840 ha en secano y 1.812 ha en regadío. Los rendimientos pasan de 571 kg/ha en secano a 1.251 kg/ha en Castilla y León. Aunque el aumento es menos pronunciado que en otras leguminosas, la disponibilidad de agua mejora la productividad de la veza y su potencial en rotaciones de cultivos.

Ventajas de la veza bajo regadío:

- Incremento de rendimiento: Mejora notable respecto al secano, aumentando la eficiencia productiva.
- Fijación de nitrógeno: Favorece la fertilidad del suelo y la salud de los cultivos siguientes.
- Versatilidad: Puede destinarse a forraje o grano, ofreciendo opciones de mercado.
- Compatibilidad con riego mecanizado: Puede cultivarse bajo sistemas Pivot y cobertura total.

Consideraciones:

- Incremento de rendimiento moderado: Menor potencial comparado con judía seca o guisante.
- Mercado más limitado: Su demanda es menor que la de otras leguminosas.
- Coste adicional por riego: La productividad mejora, pero requiere inversión en infraestructura y manejo intensivo.

3.3. CULTIVOS FORRAJEROS

El forraje en 2024 es el cultivo que ocupa segunda posición, por detrás del cereal, en cuanto a superficie cultivada herbácea a nivel nacional con un 16%, pero la superficie destinada a este grupo de cultivos se reduce en Castilla y León al 10%, proporción que se mantiene en la provincia, pasando a tercera posición. Como en otros apartados, a continuación, se muestran la superficie de cultivo herbáceo dedicado a los principales forrajes y sus rendimientos tanto en secano como en regadío según datos de la ESYRCE de los últimos tres años y el Anuario de Estadística del MAPA.

Tabla 5: Superficie de cultivo de forrajes relevantes en castilla y león en 2024

Superficie de forrajes en Castilla y León (2024)		
Cultivo	Superficie secano (ha)	Superficie regadío (ha)
Maíz forrajero	0	1.787
Alfalfa	62.811	23.704
Veza para forraje	39.558	1.907

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) (2024).

Tabla 6: Rendimiento medio de forraje en Castilla y León y Valladolid

	Rendimiento medio del cultivo (kg/ha)			
	Secano		Regadío	
	Castilla y León	Valladolid	Castilla y León	Valladolid
Maíz forrajero	x	x	70.162	13.254
Alfalfa	9.569	9.680	44.989	61.600
Veza	8.557	5.000	13.480	25.000

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) (2022, 2023, 2024) y el Anuario de Estadística (2023) del MAPA.

X = Valores no fiables debido a escasez de datos o no existentes

Tras analizar los datos, se ha decidido enfocar el estudio en la alfalfa, por ser el cultivo forrajero con mayor superficie en la región y porque presenta un notable aumento del rendimiento cuando se implanta en regadío.

Alfalfa

La alfalfa es el cultivo forrajero con mayor superficie en Castilla y León, con 62.811 ha en secano y 23.704 ha en regadío. Presenta rendimientos muy contrastados según el sistema productivo: en secano, la media es de 9.569 kg/ha en Castilla y León (9.680 kg/ha en Valladolid), mientras que bajo regadío alcanza 44.989 kg/ha en Castilla y León y hasta 61.600 kg/ha en Valladolid. Esto implica que el regadío multiplica su productividad por más de cuatro veces respecto al secano, situándola entre los cultivos más beneficiados por la disponibilidad de agua, debido al incremento en el número de cortes posibles.

Comparación con cultivos no forrajeros (cereales y leguminosas grano):

- Productividad absoluta: Mientras que los cereales (trigo, cebada, avena) apenas superan los 5.000-6.000 kg/ha en regadío, y las leguminosas (judía, guisante, lenteja) rondan los 2.000-2.600 kg/ha, la alfalfa con 45.000-61.000 kg/ha se coloca muy por encima, mostrando que como cultivo forrajero aprovecha mucho mejor la disponibilidad hídrica.
- Rentabilidad indirecta: Aunque la alfalfa no se destina al consumo humano directo, su alto rendimiento la convierte en una opción

estratégica para explotaciones ganaderas, al reducir la necesidad de importar forraje o piensos.

- Estabilidad en rotación: Frente a cultivos de mercado con precios más fluctuantes (ej. cebada, trigo), la alfalfa aporta estabilidad al ser demandada de forma constante por la ganadería.

Ventajas de la alfalfa bajo regadío:

- Altísima productividad, superando con holgura a cereales y leguminosas grano.
- Fijación de nitrógeno, mejorando la fertilidad y reduciendo la necesidad de abonos nitrogenados en cultivos posteriores.
- Cultivo plurianual, que reduce costes de siembra anuales y garantiza suministro estable de forraje.
- Mercado asegurado en zonas con actividad ganadera (leche, carne).

Aspectos a tener en cuenta:

- Elevada demanda hídrica, que obliga a un manejo eficiente del riego.
- Necesidad de mecanización en corte, henificación o ensilado, con mayores costes de recolección que otros cultivos.
- Dependencia del sector ganadero: la rentabilidad está muy vinculada a la demanda de forraje por parte de explotaciones pecuarias.

3.4. CULTIVOS INDUSTRIALES

Los cultivos industriales en 2024 suponen el tercer grupo más importante a nivel nacional, aumentando su relevancia a nivel autonómico y provincial. En el área de Valladolid, estos cultivos forman parte del segundo gran grupo dentro de los cultivos herbáceos, correspondiéndoles el 23% de las hectáreas cultivadas.

En la siguiente tabla observamos las hectáreas que corresponden a los principales cultivos industriales en el año 2024.

Tabla 7: Superficie de los cultivos industriales en Castilla y León en 2024

Superficie de cultivo industrial en Castilla y León (2024)		
Cultivo	Superficie secano (ha)	Superficie regadío (ha)
Remolacha azucarera	32	28.131
Girasol	320.544	21.126
Soja	0	513
Colza	6.600	8.416
Cártamo	8.649	1.122
Patata	359	17.402
Pimiento para pimentón	0	60

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) (2024).

Tras analizar el reparto de superficies cultivadas en la región, centramos nuestro estudio en los cultivos de patata y remolacha azucarera, clasificados como cultivos de tubérculo o raíz, y en la colza y el girasol, considerados cultivos oleaginosos. A continuación, examinamos sus rendimientos en condiciones de secano y regadío, y procedemos a su análisis.

Tabla 8: Rendimiento medio cultivos industriales en castilla y León y Valladolid

	Rendimiento medio del cultivo (kg/ha)			
	Secano		Regadío	
	Castilla y León	Valladolid	Castilla y León	Valladolid
Patata	33.147	45.000	45.888	44.202
Remolacha azucarera	78.732	x	104.477	109.013
Girasol	851	768	2.066	1.865
Colza	1.812	1.733	3.277	3.525

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) (2022, 2023, 2024) y el Anuario de Estadística (2023) del MAPA.
X = Valores no fiables debido a escasez de datos o no existentes

Oleaginosas

Girasol

El girasol es uno de los cultivos más extendidos en Castilla y León, con 320.544 ha en secano y 21.126 ha en regadío. Sus rendimientos en secano son modestos, con 851 kg/ha en Castilla y León y 768 kg/ha en Valladolid, pero bajo regadío se incrementan hasta 2.066 kg/ha y 1.865 kg/ha respectivamente, más del doble de productividad.

Ventajas del girasol bajo regadío:

- Incremento notable de rendimiento: más del doble respecto al secano.
- Alta demanda del aceite de girasol: mercado consolidado tanto nacional como internacional.
- Resistencia relativa a sequías: aun en secano se mantiene como cultivo viable.
- Mejora de la rotación: ayuda a diversificar frente a cereales, reduciendo presión de plagas.

Aspectos a tener en cuenta:

- Rendimientos absolutos moderados: incluso en regadío quedan por debajo de otros cultivos industriales.
- Precios coyunturales: muy sujetos a las oscilaciones de mercado y competencia internacional.
- Superficie en regadío reducida: se destina principalmente a secano, por lo que su papel en la transformación a regadío es limitado.

Colza

La colza ocupa 6.600 ha en secano y 8.416 ha en regadío en Castilla y León. Los rendimientos aumentan de 1.812 kg/ha en secano (1.733 kg/ha en Valladolid) a 3.277 kg/ha en Castilla y León y 3.525 kg/ha en Valladolid bajo regadío.

Ventajas de la colza bajo regadío:

- Rendimientos muy superiores a secano: se prácticamente duplican.
- Valor añadido en biocombustibles y alimentación animal.
- Cultivo de invierno: complementa la planificación anual de cultivos, aprovechando el agua en épocas diferentes al maíz o la patata.
- Mejora de suelos: contribuye a romper ciclos de enfermedades de cereales.

Aspectos a tener en cuenta:

- Sensibilidad a heladas en nascencia: puede afectar la implantación.
- Mercado fluctuante: dependiente de demanda de colza para aceite y biodiésel.
- Exige un manejo técnico adecuado: fertilización equilibrada y control de plagas (altica, pulgón).

Cultivos de raíz o tubérculo

Patata

La patata cuenta con 359 ha en secano y 17.402 ha en regadío, lo que refleja claramente que es un cultivo orientado al riego. En secano, los rendimientos ya son relativamente altos (33.147 kg/ha en Castilla y León, 45.000 kg/ha en Valladolid), pero en regadío alcanzan 45.888 kg/ha y 44.202 kg/ha respectivamente, con un incremento significativo y más estable.

Ventajas de la patata bajo regadío:

- Altísima productividad en comparación con cereales y oleaginosas.
- Mercado diversificado: consumo en fresco, industria transformadora, exportación.
- Alta estabilidad bajo riego: se reduce el riesgo de pérdidas por sequía.
- Cultivo de rotación clave: corta ciclos de enfermedades en suelos cerealistas.

Aspectos a tener en cuenta:

- Alto coste de producción: demanda gran cantidad de agua, fertilizantes y tratamientos fitosanitarios.
- Sensibilidad a plagas y enfermedades: especialmente mildiu y nematodos.
- Dependencia de precios de mercado: años con sobreproducción reducen mucho la rentabilidad.

Remolacha azucarera

La remolacha azucarera ocupa 32 ha en secano frente a 28.131 ha en regadío, lo que muestra su clara dependencia del riego. Sus rendimientos son de 78.732 kg/ha en secano y suben a 104.477 kg/ha en Castilla y León y 109.013 kg/ha en Valladolid bajo regadío.

Ventajas de la remolacha bajo regadío:

- Altísimos rendimientos: supera con diferencia a la mayoría de cultivos, incluyendo patata.
- Destino asegurado: contratos con la industria azucarera garantizan la comercialización.
- Mejora de rotaciones: reduce problemas en suelos dominados por cereales.
- Gran respuesta al riego: optimiza la eficiencia del agua en productividad de biomasa.

Aspectos a tener en cuenta:

- Costes elevados: siembra, riego, fertilización y tratamientos son intensivos.
- Requiere un mercado organizado: depende de la industria azucarera y contratos previos.
- Alta demanda hídrica y de nutrientes: puede ser limitante en zonas con recursos de agua restringidos.

3.5. CRITERIOS DE ELECCIÓN DE LOS CULTIVOS

Los criterios aplicados al análisis multicriterio para valorar la idoneidad de los cultivos son los siguientes:

Producción (P): Cuantos Kg se producen por hectárea, que, en relación con la demanda y el precio de venta, aumentan los beneficios.

Inversión requerida (I): Es la inversión que se tendría que hacer para poder producir dicho cultivo, siendo 0 un valor alto de inversión y 5 una inversión nula

Fitosanitarios (F): La resistencia a las plagas y enfermedades junto a la facilidad para librarse de ellas. Siendo un 5 aquel cultivo resistente y un 0 un cultivo muy sensible que requiera de fitosanitarios.

Adecuación (A): Adaptación del cultivo a las características climáticas y del terreno.

Precio de venta (Pv): Valor kilo de producción en comparación con otros cultivos en el mercado. Un valor que esté por encima de la media se aproximará al 5 y aquel que se aleje por debajo un 0.

Demanda (D): Se tendrá en cuenta la tendencias y comportamientos del mercado en las últimas campañas para establecer una demanda hipotética del cultivo, siendo un 5 una expectativa alta y 0 una baja.

Mano de obra (M): Mano de obra necesaria para desarrollar el proceso productivo. 5 aquellos cultivos de escasa mano de obra y 0 aquellos con una gran cantidad de mano de obra.

3.6. ANÁLISIS MULTICRITERIO

A continuación, se presenta la tabla de análisis de los cultivos con ponderaciones acordes con los objetivos del proyecto. Después de observar los resultados procedemos a configurar la rotación candidata para el presente proyecto de transformación a regadío.

Tabla 9: Análisis multicriterio de alternativa de cultivos

Criterio	P	I	F	A	Pv	D	M	Total ponderado
Ponderación	0,8	1	0,6	0,8	0,8	0,4	0,7	
<i>Cereales</i>								
Maíz grano	5	3	3	3	4	5	4	19,2
Trigo blando	4	5	2	5	4	5	5	22,1
Cebada (2C)	4	5	2	5	3	4	5	20,9
Avena	3	5	3	4	2	2	5	18,3
Centeno	3	5	4	4	1	2	5	18,1
<i>Forrajeros</i>								
Alfalfa	4	4	4	5	2	3	3	18,5
Veza	3	4	4	4	2	3	3	16,9
Maíz forrajero	5	4	2	4	2	4	4	18,4
<i>Oleaginosas</i>								
Girasol	3	4	3	5	4	4	4	19,8
Colza	4	3	3	5	4	3	4	19,2
<i>Leguminosas</i>								
Garbanzo	2	4	4	4	4	4	3	18,1
Lenteja	2	4	4	3	3	3	3	16,1
Judía seca	3	3	3	3	4	3	2	15,4
Guisante proteico	3	4	4	4	3	3	4	18,4
<i>De raíz o tubérculo</i>								
Patata	4	3	3	4	3	4	3	17,3
Remolacha azucarera	5	2	3	4	3	3	2	16

Fuente: Elaboración propia.

El análisis nos deja varias opciones de interés, con altas valoraciones. Con el objetivo de tener una buena combinación de cultivos que favorezca la ruptura del ciclo de plagas y enfermedades, además de un uso óptimo de los recursos del suelo, buscamos una combinación sencilla que dé al promotor la opción de ganar independencia del alquiler de servicios agrícolas con futuras inversiones en logística. La rotación propuesta es la siguiente:

Patata – Trigo blando – Girasol –Alfalfa

4. ALTERNATIVAS AL SISTEMA DE MANEJO

En la zona de estudio, los sistemas de manejo más empleados incluyen el laboreo convencional, el mínimo laboreo, el laboreo de conservación y la siembra directa. Cada uno de estos enfoques tiene características particulares, con ventajas y limitaciones propias, que influyen directamente en la productividad, la salud del suelo y los costos de producción. A continuación, se presentan de manera sintetizada las características más relevantes de dichos sistemas de manejo.

4.1. SIEMBRA DIRECTA

Este sistema consiste en colocar las semillas directamente sobre la superficie del suelo, evitando cualquier preparación intensiva previa. Gran parte de los residuos del cultivo anterior se mantiene sobre la parcela, favoreciendo la conservación de humedad y la estructura del suelo.

La siembra directa tiene varias ventajas que la hacen muy interesante para muchas explotaciones. Al no remover el suelo, se evita la erosión y la compactación, lo que ayuda a mantener la estructura superficial en buen estado. Esto también facilita que las plantas nazcan mejor, ya que no se forman costras duras en la superficie que puedan dificultar la emergencia. Además, al eliminar las labores previas a la siembra, se ahorra tiempo y dinero, lo que siempre es un punto a favor. Otro aspecto práctico es que se puede entrar a trabajar en la parcela casi en cualquier momento, incluso cuando ha llovido o hay humedad, sin dañar el terreno.

También se ha de tener en cuenta algunos inconvenientes. El control de las malas hierbas depende casi por completo de los herbicidas, lo que puede aumentar los costes y tener implicaciones ambientales. Por otro lado, se necesita maquinaria específica para hacer siembra directa, lo que supone una inversión inicial importante. También hay que vigilar la acumulación de restos vegetales, porque pueden atraer plagas, enfermedades o incluso roedores. Y, por último, los microorganismos que descomponen esos restos consumen nitrógeno, lo que puede reducir su disponibilidad para el cultivo durante un tiempo.

4.2. LABOREO DE CONSERVACIÓN

El laboreo de conservación combina prácticas de mínima alteración del suelo con el uso de cultivos de cobertura y rotaciones planificadas. Su objetivo es mantener la estructura y salud del suelo, y presenta varias ventajas interesantes. Al reducir la alteración del terreno, se favorece el aumento de materia orgánica y la actividad biológica, lo que mejora la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes. Además, al requerir menos maquinaria y mano de obra que el laboreo convencional, permite ahorrar recursos y simplificar las tareas en campo. Este tipo de manejo también contribuye a conservar tanto el suelo como el agua, siendo especialmente beneficioso en parcelas con riesgo de erosión.

Sin embargo, no está exento de desafíos. Una de las principales desventajas es la mayor dependencia de herbicidas para controlar las malas hierbas, lo que puede tener implicaciones económicas y ambientales. También existe el riesgo de que aumenten las plagas y enfermedades si no se gestionan bien los restos de cultivo que quedan en superficie. Por último, durante el proceso de descomposición de esos residuos, algunos nutrientes (especialmente el nitrógeno) pueden quedar temporalmente inmovilizados, afectando la disponibilidad para los cultivos en sus primeras fases de desarrollo.

4.3. MÍNIMO LABOREO

El mínimo laboreo reduce la profundidad y frecuencia de las labores mecánicas, manteniendo al menos un 30% de los residuos del cultivo anterior sobre la superficie. Su finalidad es conservar la estructura y la humedad del suelo ayudando a reducir la erosión y favorecer la acumulación de materia orgánica en la superficie, lo que mejora la calidad del suelo a largo plazo. Además, al requerir menos uso de maquinaria, se traduce en un menor consumo de combustible y menos desgaste de los equipos, lo que supone un ahorro tanto en tiempo como en costes. Todo esto contribuye a un manejo más sostenible del terreno, con un impacto ambiental reducido.

Sin embargo, al no remover el suelo de forma intensa, algunas malas hierbas pueden persistir y requerir tratamientos químicos para su control. También es posible que la menor perturbación favorezca la presencia de ciertos insectos o patógenos, que encuentran refugio entre los restos vegetales. Por eso, aunque el mínimo laboreo ofrece ventajas claras en términos de conservación y eficiencia, es importante acompañarlo de un buen manejo integrado para evitar problemas fitosanitarios.

4.4. LABOREO CONVENCIONAL

El laboreo convencional se basa en una intervención profunda del suelo, generalmente mediante arado seguido de gradas y rastras, con el objetivo de preparar intensamente el terreno antes de la siembra. Este sistema permite un control muy eficaz de las malas hierbas gracias a la labranza profunda, y mejora notablemente la estructura y aireación del suelo, lo que facilita la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. Además, al mezclar los residuos del cultivo anterior con el suelo, se favorece su descomposición inicial, lo que puede contribuir a mejorar la fertilidad.

Sin embargo, este tipo de laboreo también tiene efectos negativos que deben considerarse. Al remover intensamente el suelo, se incrementa el riesgo de erosión y se pierde material superficial valioso. A largo plazo, esta práctica puede reducir la materia orgánica del suelo debido a la aceleración de los procesos de oxidación. Por otro lado, el laboreo convencional implica un mayor consumo de combustible y un desgaste más rápido de la maquinaria, lo que se traduce en costes operativos más elevados.

4.5. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

Los criterios mediante los que se realiza la valoración son los siguientes:

Productividad (P): los kg/ha que se producen gracias a la influencia de dicho factor en el sistema de manejo. Si la influencia en la producción es escasa se le otorga puntuación de 0 y viceversa.

Inversión (I): Coste asociado a la aplicación de la estrategia o factor productivo. Se refiere al desembolso inicial asociado a la implementación del sistema siendo de gradación 5 si es bajo y 0 si implica una gran inversión inicial independientemente de la rentabilidad que genere.

Rentabilidad (R): Potencial de amortización del método o sistema desde el punto de vista económico. Cuanto antes se amortice quiere decir que genera mayores beneficios anuales.

Adaptabilidad (A): Aquellos métodos o sistemas que se adapten mejor a las condiciones de la explotación y/o a los recursos de los que el agricultor dispone.

Ecológico (E): Impacto medioambiental que la implementación del sistema supone dando valor de 5 a aquellos que reporten beneficios al medio y 0 a los que lo degradan en gran medida.

4.6. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Aplicando los criterios del apartado anterior y unas ponderaciones que priman la ecología y el aprovechamiento de los medios actuales del agricultor procedemos al análisis:

Tabla 10: Análisis multicriterio alternativas de manejo

Criterio	P	I	R	A	E	Total ponderado
Ponderación	1	1,3	0,5	0,6	1	
Siembra directa	3	3	3	5	5	13,9
Laboreo convencional	5	2	4	4	2	14
Mínimo laboreo	3	4	3	5	4	16,7
Agricultura de conservación	4	3	4	5	5	17,9

Fuente: Elaboración propia.

Según este análisis el manejo de cultivo el más acorde con nuestros objetivos y criterios es la agricultura de conservación. Siguiendo este tipo de manejo, conseguiremos una explotación respetuosa con el medio ambiente, que tenga por prioridad la recuperación y mejora de las condiciones del suelo, pero que no produzca una caída de los rendimientos productivos en exceso. Además, este tipo de manejo reduce la necesidad de medios mecanizados y por lo tanto, los costes operativos.

5. ALTERNATIVA SISTEMA DE RIEGO

El riego es una parte fundamental del presente proyecto, ya que permite aumentar en gran medida el rendimiento de los cultivos evitando que sufran estrés hídrico. A pesar del gran beneficio que supone para la producción, el agua es un bien escaso que requiere de un manejo eficiente y moderado, por lo que es esencial analizar las distintas opciones que existen para dotar de este recurso a la explotación, buscando la opción más adecuada a nuestras condiciones y objetivos.

5.1. RIEGO POR GRAVEDAD

El riego por gravedad se basa en la inundación temporal y controlada del terreno de cultivo guiado por la pendiente. El agua se mueve gracias a la fuerza de la gravedad pendiente abajo. Este tipo de riego especialmente beneficioso para algunos cultivos requiere de una nivelación previa del terreno que supone un alto coste de inversión. Por otro lado, no requiere de costes de impulsión y su manejo es sencillo, pero sí de un uso elevado del recurso hídrico debido a su baja uniformidad, ya que el reparto en muchos casos requiere el sacrificio de parte de la dosis en forma de percolación profunda. Esto es debido a que el avance de la lámina de agua depende

de la velocidad de infiltración del suelo y en suelos con alta velocidad de infiltración como los arenosos el agua percola más de lo que avanza, haciendo que la eficiencia del sistema esté condicionada a la textura de éste. Es por estas razones por las que la eficiencia ronda entorno al 50% en muchos casos.

5.2. RIEGO MEDIANTE ENROLLADOR

El riego con enrollador se basa en la instalación de un cañón de alta presión (6-10 bares) en un carrito conectado a una manguera que lo abastece de agua, a su vez conectada a un tambor enrollador. Este enrollador se transporta y se coloca comúnmente en uno de los extremos de la finca dónde recibe agua presurizada de un hidrante o de una bomba/motobomba, desde el cual recoge automáticamente al carrito cuyo cañón riega mediante un gran chorro de agua un sector comúnmente de unos 180°, aunque el ángulo puede variar. De esta manera se riega un sector de la finca en cada pasada de la longitud de la manguera desenrollada y del ancho que abarque el chorro pivotante.

Este sistema nos proporciona cierta versatilidad, pudiendo ser un gran apoyo para el cultivo en determinados momentos sensibles al estrés hídrico o como apoyo a la nascencia, pero su eficiencia es baja y se ve muy mermada por el viento. A pesar de que la inversión es baja para su puesta en funcionamiento los requisitos de presión son altos, lo que dependiendo del sistema de impulsión puede encarecer los costes. Su automatizabilidad es baja ya que se requiere de alguien que traslade el carrito en sus sucesivas posiciones.

5.3. RIEGO MEDIANTE COBERTURA

El riego por cobertura consiste en la aplicación de riego por medio de aspersores. Estos emisores se colocan a cierta altura del suelo mediante unos tubos porta aspersores. Estos tubos se conectan a una tubería de mayor diámetro que a su vez se conecta por medio de otras a una fuente de agua presurizada. Este tipo de riego tiene distintas versiones con distintos materiales y emisores. Principalmente se puede encontrar un sistema de conducción de aluminio si se encuentra por la superficie o de materiales plásticos si la cobertura es enterrada, a esto último se le denomina cobertura total. Mientras que, de forma aérea, los costes de inversión son mucho menores, ya que podemos incluso manualmente variar las posturas de riego, implican un costo alto de mano de obra. Por otro lado, la cobertura enterrada facilita todo tipo de labores, pero requiere un coste de inversión inicial muy alto, aunque.

Con un correcto diseño e instalación se pueden conseguir eficiencias altas de alrededor del 80% y mediante la instalación de controladores es viable su automatización.

5.4. RIEGO MEDIANTE PIVOT

El sistema de riego mediante pivot consiste en un ramal de riego elevado mediante torres móviles separadas comúnmente en secciones de unos 30 metros, que pivota sobre una torre central conectada a la toma de agua presurizada. La tubería elevada, acompañada de su estructura de sustentación tiene una serie de aspersores repartidos en toda su longitud, la cual puede variar de unos 150 metros hasta los 500 metros. Sus costes de inversión son moderados en comparación con la superficie que pueden llegar a abarcar, aunque la uniformidad de reparto varía según la longitud del ramal.

Consigue trabajar con presiones bajas de entorno 3 bares y sus eficiencias de riego están alrededor del 85%. El gran punto negativo de este sistema es su baja adaptabilidad a la geometría de la parcela, estando limitados a una cobertura circular o sectorial. Aunque hay versiones que palían en cierta medida este defecto, como puede ser su combinación con cobertura enterrada o la instalación de una pistola de aspersión en el extremo del ramal.

El sistema se puede automatizar fácilmente, de modo que la mano de obra necesaria es prácticamente nula.

5.5. RIEGO POR GOTEO

Este es el sistema de riego más eficiente (90-95%). Consiste en la emisión de gotas por medio de tuberías perforadas que humedecen el suelo. Aunque su instalación requiere una gran inversión inicial, este sistema puede resultar muy beneficioso para zonas con escasez de agua o con aguas con alta salinidad.

El sistema trabaja a presiones muy bajas de 1 a 3 bares de presión. Por otro lado, la baja presión de trabajo y pequeño diámetro de los emisores implican un alto riesgo de obturaciones, por lo que es altamente necesario la instalación de elementos de filtrado, lo que encarece aún más la inversión inicial. Es común en explotaciones de cultivos leñosos, pero no tanto en otro tipo de cultivos extensivos.

Al igual que la cobertura se puede automatizar mediante programadores de riego electrónicos y permite el suministro de nutrientes con el agua de riego (fertirrigación).

5.6. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Inversión (I): Evalúa el coste inicial asociado a la instalación y puesta en marcha del sistema de riego. Una inversión baja recibe una puntuación alta (5), mientras que una inversión elevada obtiene una puntuación baja (0), independientemente de la rentabilidad futura.

Adaptabilidad (A): Considera la facilidad del sistema para adaptarse a las condiciones específicas de la explotación agrícola, incluyendo tipo de cultivo, topografía y recursos disponibles. Sistemas flexibles y versátiles reciben puntuaciones altas.

Eficiencia hídrica (H): Mide el porcentaje del agua aplicada que realmente es aprovechada por el cultivo. Sistemas que minimizan pérdidas por evaporación, escorrentía o percolación profunda reciben puntuaciones altas, mientras que sistemas con bajo aprovechamiento de agua reciben puntuaciones bajas.

Mantenimiento y fiabilidad (M): Evalúa la facilidad de mantenimiento del sistema y la probabilidad de fallos, obstrucciones o averías. Sistemas robustos, duraderos y de bajo mantenimiento obtienen puntuaciones altas; sistemas propensos a problemas requieren puntuaciones menores.

Automatización (Au): Considera la capacidad del sistema para ser automatizado y ajustado según necesidades del cultivo y no necesite de mano de obra para operar. Sistemas que no requieran de la intervención manual del agricultor para funcionar reciben puntuaciones altas.

Presión de trabajo (P): La energía que necesitan los sistemas de riego para trabajar que en el caso de nuestra explotación se traduce en costes de impulsión. Cuanta menos presión necesiten, su nota será más cercana a 5 y viceversa.

5.7. ANÁLISIS MULTICRITERIO DEL SISTEMA DE RIEGO

A continuación, analizamos qué sistema de riego es mejor para nuestra situación. Para la ponderación priorizamos la eficiencia hídrica debido a la escasez del recurso en la zona, y el mantenimiento y la posibilidad de automatizarse, ya que el objetivo del promotor es independizarse de la explotación en la medida que sea posible. El costo de inversión en cambio no resulta tan relevante, ya que el proyecto gira en tono a este aspecto y se puede destinar recursos a este ámbito. Se han incluido ciertas variantes de los sistemas de los apartados anteriores.

Tabla 11: Análisis multicriterio de la alternativa de riego

Criterio	I	A	H	M	Au	P	Total
Ponderación	0,6	1	1	0,9	0,7	0,6	ponderado
Por gravedad	3	3	1	3	2	5	13,8
Enrollador	5	5	2	5	1	1	16,1
Cobertura aérea	4	5	4	4	3	3	19,8
Cobertura enterrada	2	5	4	5	4	3	20,1
Pivot	4	3	4	5	5	4	21,1
Goteo	2	4	5	2	4	5	19,1

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar, el sistema pivot es el de mejor valorado. Esto es debido a su alta capacidad de automatización y a su eficiencia hidráulica. Aunque su nota en adaptación es baja, ya que no puede adaptarse tan bien como otros sistemas a la geometría de la finca. Por ello, será conveniente tener en cuenta este aspecto y analizar opciones que solventen esta deficiencia en el diseño del sistema.

6. ALTERNATIVAS DE ENERGÍA PARA BOMBEO

Los costes de impulsión en regadíos sin modernizar pueden llegar a representar un 60% de los costes totales de riego, por lo que es muy importante analizar cuál es la fuente de la que nutrimos nuestro sistema. A continuación, analizaremos las principales opciones que podemos implantar en el regadío planteado.

6.1. ENERGÍA SOLAR

La energía solar se ha consolidado como una alternativa muy atractiva para el bombeo de agua en riego. Gracias a los paneles fotovoltaicos, la luz del sol se transforma en electricidad para alimentar las bombas. Este sistema nos permite ahorros prácticamente totales en lo referente a los costes de impulsión. Aunque requiere de una importante inversión inicial, los precios de los paneles se están abaratando año a año y resulta una opción cada vez más asequible. Este tipo de energía es respetuosa con el medio ambiente, ya que no emite emisiones de ningún tipo, pero es cierto que requiere de cierta obra y mantenimiento adecuado.

El principal inconveniente del sistema es su dependencia del sol para poder regar y las fluctuaciones de energía a lo largo del día que pueden afectar a su eficiencia. Por ello es común que los sistemas de este tipo tengan una segunda opción como recurso energético como puede ser un grupo electrógeno, conexión a la red eléctrica o incluso el uso de baterías. Todas estas opciones suponen gastos a mayores de inversión y mantenimiento.

6.2. GRUPO ELECTRÓGENO

Un grupo electrógeno, o generador, produce electricidad a partir de una fuente primaria, normalmente un motor de combustión interna que funciona con diésel, gasolina o gas. Este motor mueve un generador que transforma la energía mecánica en eléctrica.

Las principales ventajas de esta opción es su moderado coste de adquisición frente a otras opciones en el mercado y su capacidad de adaptación, ya que se puede poner en marcha con rapidez y no requiere de grandes obras. Por otro lado, el uso de combustibles fósiles supone un coste continuo elevado y además generan emisiones contaminantes y ruido que puede perturbar el entorno. Por estas

razones, su uso es más común como sistema de emergencia o de apoyo, ofreciendo una fuente de energía fiable cuando otros sistemas fallan.

6.3. MOTOR DE RIEGO

Un motor de riego es un tipo de motor de combustión interna diseñado específicamente para accionar bombas de agua en sistemas de riego agrícola, generalmente alimentado por diésel. Entre sus ventajas destacan el coste inicial bajo y su portabilidad, lo que permite utilizarlo en diferentes parcelas según las necesidades. Además, proporciona autonomía y disponibilidad inmediata de energía, resultando muy útil en zonas donde no hay acceso a la red eléctrica.

Sin embargo, su funcionamiento genera emisiones de gases contaminantes, principalmente CO₂ y NO_x, y ruidos, lo que tiene un impacto ambiental considerable. Este tipo de sistemas han sido muy útiles en el pasado, pero actualmente se tiende a utilizar otro tipo de sistemas de mayor eficiencia debido al avance tecnológico y a la mejora de las condiciones del mundo rural.

6.4. ENERGÍA ELÉCTRICA

El uso de la red eléctrica para alimentar el grupo de bombeo de un sistema de riego es una solución útil y sencilla. Conlleva ciertas ventajas ambientales, ya que no emite contaminantes y es altamente eficiente ya que las bombas eléctricas que se aplican en las instalaciones con este recurso energético tienen grandes rendimientos.

Debido a la fluctuación de los precios de la electricidad debido a la demanda es importante organizar bien el plan de riego para así aprovechar las horas valle de bajo costo. Esto implica riegos nocturnos que pueden conllevar incomodidades para el agricultor.

Un factor clave a tener en cuenta es la disponibilidad de conexión a la red. En zonas donde el suministro eléctrico no llega hasta la explotación, los costes de instalar la infraestructura necesaria pueden ser muy elevados, limitando la viabilidad de esta opción. En el caso del actual proyecto, la parcela no dispone de acceso a la red.

6.5. CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ENERGÍA DE BOMBEO

Inversión inicial (I): En este caso la relevancia de este criterio será más baja debido a que la inversión se contempla dentro del proyecto como algo esencial. La puntuación será cercana a 5 a medida que la inversión sea menor.

Coste utilización (C): Es el coste económico asociado al funcionamiento del sistema, ya sea coste de litros de combustible en motores térmicos o el coste de kilovatios en sistemas eléctricos.

Eficiencia energética (E): Es la eficiencia de transformación de la fuente de energía en la energía de impulsión.

Flexibilidad (F): Este criterio revalúa la facilidad del sistema para adecuarse a las condiciones de la finca teniendo en cuenta su independencia de sistemas externos.

Mantenimiento (M): Se puntúa con 5 aquellos sistemas que requieran de poco mantenimiento. Aquellos que requieran una frecuencia de mantenimiento alta y conlleve gastos altos se puntúa con valores más cercanos a 0.

Automatizabilidad (Au): Facilidad para la instalación o adaptación de elementos que automaticen el sistema y permitan su teleoperación.

Ecológico (Ec): Impacto al entorno y al medioambiente que la instalación y uso del sistema supone.

6.6. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LA ENERGÍA DE BOMBEO

Para el presente análisis se ha decidido ponderar en mayor medida los requerimientos de coste de utilización, ya que el principal objetivo es reducir los gastos de impulsión, por otro lado, y siguiendo esta misma línea, se ha decidido ponderar alto también la eficiencia de transformación energética.

En contrapartida, la ponderación referente al criterio de inversión es baja, ya que el proyecto pretende ser de gran recorrido, continuando la actividad agraria de forma indefinida. También es baja la ponderación del criterio ecológico. Lo que puede ser a primera vista contradictorio. Pero se ha decidido de esta manera debido a que el tiempo de actuación de estos sistemas es muy corto en comparación con toda la actividad en la explotación, pero aun así es relevante, por lo que forma parte de los criterios.

Tabla 12: Análisis multicriterio de la energía de bombeo

Criterio	I	C	E	F	M	Au	Ec	Total
Ponderación	0,5	1	0,9	0,7	0,8	0,9	0,6	ponderado
Energía solar	3	5	4	3	4	4	5	23
Grupo electrógeno	4	3	3	5	4	3	2	19,3
Motor de riego	5	3	2	5	3	2	2	18,2
Energía eléctrica	2	4	5	3	5	5	5	22,1

Fuente: Elaboración propia.

La energía solar ha sido la mejor valorada en este análisis, principalmente por sus costes operativos prácticamente nulos. Se sitúa ligeramente por delante de la energía eléctrica, cuya aplicación en la finca implicaría una inversión considerable para desarrollar la infraestructura necesaria para llevar corriente hasta el punto de bombeo.

Sin embargo, esta ventaja económica de la energía solar también conlleva una limitación importante en términos de flexibilidad. Al no contar con el respaldo de la red eléctrica, el sistema de impulsión solar queda sin apoyo auxiliar, lo que puede afectar su capacidad de respuesta. Por ello, esta circunstancia debe ser tenida en cuenta en el diseño final de la instalación, valorando posibles soluciones que refuercen su autonomía. Debido a esto, el proyecto contará con un grupo electrógeno de apoyo que aumente la autonomía del sistema de riego.

7. RESUMEN ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Para concluir el estudio se presenta una tabla resumen que reúne las conclusiones de las alternativas analizadas. Con esta tabla en la que se incluyen los principales aspectos de manejo e ingeniería a desarrollar, guiaremos el resto del proyecto.

Tabla 13: Resumen estudio de alternativas

<i>Análisis de alternativas</i>	<i>Conclusión</i>
Rotación de cultivos	Patata / Trigo blando / Girasol / Alfalfa
Sistema de manejo	Agricultura de conservación
Sistema de riego	Pivot
Energía para bombeo	Energía solar (+grupo electrógeno)

Fuente: Elaboración propia.

ANEJO IV: FICHA URBANÍSTICA

ÍNDICE ANEJO IV. FICHA URBANÍSTICA

1. Justificación urbanística 1

2. Ficha urbanística 1

1. JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA

Título de proyecto:

“Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid”

Emplazamiento:

Parcela 2 del polígono 28 de Valladolid. Referencia catastral:
47900A028000020000YE

Municipio y provincia:

Valladolid (Valladolid).

Promotor:

D. Pablo de Antonio Calvo

Autor del proyecto:

D. Luis Álvarez Guillén. Alumno de ingeniería Agrícola y del Medio Rural.

Clasificación del suelo que se ocupará:

Clase: Suelo rústico de protección agropecuaria (SR-PA)

Uso principal: Agrario

2. FICHA URBANÍSTICA

La presente Ficha Urbanística tiene por objeto justificar el cumplimiento de la normativa urbanística vigente aplicable a la actuación proyectada. Se redacta conforme a la Ley 5/1999, de Urbanismo de Castilla y León, su normativa de desarrollo y el planeamiento municipal vigente, verificando la clasificación del suelo, la compatibilidad del uso y el cumplimiento de las condiciones aplicables en suelo rústico.

La tabla (Tabla 1) siguiente recoge de forma resumida la comprobación técnica de dichos extremos, acreditando la viabilidad urbanística de la actuación, sin perjuicio de la obtención de las autorizaciones administrativas preceptivas.

Tabla 1: Ficha Urbanística

Aspecto Urbanístico	Normativa Aplicable	Determinación Normativa	Situación del Proyecto	Cumplimiento
Clasificación del suelo	Ley 5/1999 (LUCyL), arts. 10 y 15	Suelo rústico preservado de urbanización	Parcela clasificada como Suelo Rústico de protección agropecuaria	Cumple
Categoría del suelo rústico	Art. 16 LUCyL	Régimen específico según categoría	Actuación compatible con la categoría agropecuaria	Cumple
Naturaleza del uso	Régimen del suelo rústico	Usos agrícolas y construcciones vinculadas permitidas/autorizables	Balsa y caseta vinculadas a explotación agrícola	Cumple
Vinculación funcional	Régimen suelo rústico	Edificaciones justificadas por explotación	Instalación técnica necesaria para riego	Cumple
Transformación urbanística	Art. 4 y régimen suelo rústico	Prohibida urbanización no prevista	No existe parcelación ni desarrollo urbano	Cumple
Formación de núcleo de población	Régimen suelo rústico	Prohibida generación de asentamientos	Instalación aislada, sin uso residencial	Cumple
Integración paisajística	Art. 9 LUCyL	Adaptación al entorno natural y cultural	Volumetría reducida y materiales acordes	Cumple
Riesgos naturales	Art. 9.c LUCyL	Prohibición en zonas de riesgo	No ubicada en zona de riesgo incompatible	Cumple
Necesidad de licencia	Título IV LUCyL	Licencia urbanística obligatoria	Se tramitará licencia municipal	Cumple
Autorizaciones sectoriales	Legislación sectorial (aguas, ambiental)	Informes/Autorizaciones previas si procede	Se solicitarán ante organismo competente	Cumple
Deber de conservación	Art. 8 LUCyL	Mantenimiento condiciones seguridad y salubridad	Proyecto cumple condiciones técnicas	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

El autor del presente Proyecto, estudiante de Ingeniería Agrícola y del Medio Rural, declara bajo su responsabilidad que las determinaciones urbanísticas aplicables a la actuación proyectada han sido analizadas conforme a la normativa vigente, y que la implantación propuesta cumple las condiciones establecidas en la Ley 5/1999, de Urbanismo de Castilla y León, el planeamiento municipal de Valladolid y demás normativa sectorial de aplicación.

Y para que así conste, firma la presente declaración.

En Valladolid, a 16 de febrero de 2026

Luis Álvarez Guillén

Alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

ANEJO V: INGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO

ÍNDICE ANEJO V. INGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO

1.	Introducción.....	1
2.	Rotación de cultivos.....	2
2.1.	Rotación propuesta	2
2.2.	Representación gráfica de la rotación	3
3.	Proceso productivo.....	3
3.1.	Variedades escogidas para cada cultivo	3
3.1.1.	Variedad de patata	3
3.1.2.	Variedad del trigo blando	4
3.1.3.	Variedad de girasol	5
3.1.4.	Alfalfa forrajera	6
3.2.	Cuadro resumen producciones esperadas.....	6
3.3.	Dosis y marco de siembra	7
3.3.1.	Dosis y marco de siembra de la patata	7
3.3.2.	Dosis y marco de siembra del trigo blando	8
3.3.3.	Dosis y marco de siembra del girasol	8
3.3.4.	Dosis y marco de siembra de la alfalfa	8
3.3.5.	Tabla resumen de dosis y marcos	8
3.4.	Actividades del proceso productivo	9
3.4.1.	Cultivo de patata (variedad Agria)	9
3.4.2.	Cultivo de trigo blando (variedad LG Machado).....	9
3.4.3.	Cultivo de girasol (variedad Artístic - alto oleico).....	10
3.4.4.	Cultivo de alfalfa (variedad Tierra de Campos).....	11
4.	Estudio de fertilización	11
4.1.	Introducción y metodología	12
4.2.	Aportes.....	14
4.2.1.	Aportes minerales de la materia orgánica	14
4.2.2.	Aportes minerales de los restos de cosecha.....	15
4.2.3.	Aportes del agua de lluvia	16
4.2.4.	Aportes del agua de riego	17
4.2.5.	Aportes de nitrógeno por simbiosis.....	17
4.3.	Pérdidas	18

4.3.1.	Pérdidas por lixiviación	18
4.3.2.	Material cosechado	20
4.4.	Necesidades de abonado	20
4.4.1.	Nitrógeno.....	20
4.4.2.	Fósforo	21
4.4.3.	Potasio	21
4.4.4.	Resumen necesidades de fertilización	22
4.4.5.	Plan de fertilización	23
	PLAN HOJA 1	25
	PLAN HOJA 2	26
5.	Fitosanitarios	27
5.1.	Control de plagas	27
5.2.	Control de enfermedades	28
5.3.	Control de malas hierbas	29
5.4.	Tratamiento fitosanitario.....	29
6.	Maquinaria	31
6.1.	Maquinaria necesaria	31
6.2.	Utilización de maquinaria	32
6.2.1.	Utilización de la maquinaria para el cultivo de la patata	33
2.1.1.	Utilización de maquinaria para el cultivo de Trigo.....	33
2.1.2.	Utilización de maquinaria para el cultivo de girasol.....	34
2.1.4.	Utilización por remolque	35
2.1.5.	Utilización de los tractores.....	35
7.	Cálculo de costes	36
7.1.	Costes de los tractores	36
7.2.	Costes de los aperos y remolques	37
7.3.	Costes de materias primas	38
7.3.1.	Coste de la semilla	38
7.3.2.	Coste de los fertilizantes.....	38
7.3.3.	Coste de fitosanitarios.....	39
7.4.	Coste mano de obra	40
7.5.	Coste de riego	40
7.5.1.	Costes de impulsión	40

7.5.2.	Costes del agua	41
7.6.	Alquiler de maquinaria y contratación de servicios	41
8.	Cuadro de costes	42
8.1.	Cuadro de costes del cultivo de la patata.....	43
8.2.	Cuadro de costes del cultivo de trigo	44
8.3.	Cuadro de costes del cultivo de girasol.....	45
8.4.	Cuadro de costes del cultivo de alfalfa	46

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se expone la planificación de la rotación de cultivos en régimen de regadío que se llevará a cabo en la parcela objeto del proyecto, con una superficie de 46,6 hectáreas situada en la finca La Matilla, en el término municipal de Valladolid. El objetivo es establecer un sistema productivo equilibrado que, además de garantizar rendimientos estables, contribuya a mejorar la fertilidad y la estructura del suelo a lo largo del tiempo.

La rotación seleccionada responde a criterios tanto agronómicos como económicos, y se ha definido de la siguiente manera: patata - trigo blando - girasol - alfalfa. Este esquema permite romper el ciclo de plagas y enfermedades, optimizar el aprovechamiento de nutrientes y mejorar la capacidad de retención de agua del suelo, factores esenciales en una explotación agrícola de regadío.

Para facilitar la comprensión del ciclo, se incluirá un diagrama que muestre de forma clara y visual la secuencia de cultivos en la parcela. También se describirá el proceso productivo de cada uno, detallando las variedades de semilla propuestas y sus principales características, con especial atención a su adaptación a las condiciones climáticas y edáficas de Valladolid.

El apartado abordará también aspectos clave de la gestión de la explotación: desde las dosis y marcos de siembra hasta las labores agrícolas necesarias para cada cultivo en el marco de la agricultura de conservación, reduciendo las labores mecanizadas y favoreciendo la sostenibilidad del suelo. Se realizará además un estudio de fertilización específico, basado en los aportes naturales (materia orgánica, residuos de cosecha, fijación biológica del guisante) y en las necesidades reales detectadas en el análisis de suelos, ajustando así las dosis de abonado para minimizar pérdidas y maximizar la eficiencia.

Se incluirá igualmente un plan de control fitosanitario que contemple las principales plagas, enfermedades y malas hierbas esperables en cada cultivo, con tratamientos y estrategias adaptadas a la rotación.

Por último, se detallará la maquinaria necesaria para llevar a cabo las distintas operaciones de cultivo, así como los costes asociados a la implantación y manejo de cada cultivo dentro de la rotación. De esta manera se presentará una visión completa del proceso productivo proyectado en la parcela.

2. ROTACIÓN DE CULTIVOS

2.1. ROTACIÓN PROPUESTA

Tras el análisis de las distintas alternativas en el Anejo III, se ha determinado que la rotación más adecuada para la parcela objeto del proyecto será la siguiente:

Patata - Trigo blando - Girasol - Alfalfa

La elección de esta rotación responde a criterios tanto productivos como ambientales. El trigo blando constituye un cultivo base en la zona, con una demanda estable y un manejo conocido por los agricultores locales. El girasol, además de su interés económico como oleaginoso, aporta beneficios agronómicos gracias a su raíz pivotante, que ayuda a descompactar el suelo y a movilizar nutrientes desde capas más profundas.

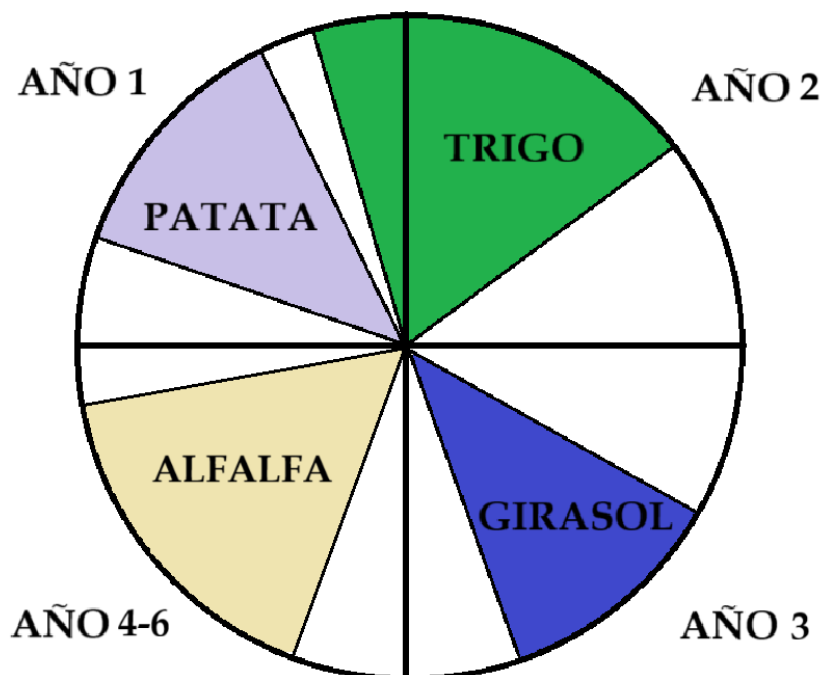
La alfalfa desempeña un papel esencial dentro de la rotación al ser una leguminosa forrajera fijadora de nitrógeno, lo que contribuye a mejorar la fertilidad del suelo y a reducir la dependencia de abonos minerales en los cultivos posteriores. Además, su sistema radicular profundo favorece la estructura del suelo, incrementando la infiltración y retención de agua, y ayudando a disminuir la erosión y la compactación. Al tratarse de un cultivo plurianual de tres años, permite estabilizar la producción y optimizar el uso de las infraestructuras de riego, al tiempo que aporta una importante cantidad de materia orgánica y genera un forraje de alto valor proteico para la alimentación animal.

La combinación de estos cuatro cultivos permite romper el ciclo de plagas y enfermedades, aprovechar de manera más eficiente el agua y los nutrientes, y mantener la productividad de la parcela sin comprometer la sostenibilidad a largo plazo. Además, esta rotación equilibra cultivos extensivos de cereal y oleaginosas con una leguminosa y un tubérculo de uso industrial, aportando diversidad tanto en el aspecto agronómico como en el económico.

En los apartados siguientes se detallará el proceso productivo de cada cultivo, incluyendo variedades recomendadas, dosis y marcos de siembra, labores específicas, necesidades de fertilización, plan de control fitosanitario y costes asociados. Asimismo, se presentará un esquema gráfico que permitirá visualizar de forma clara la secuencia de la rotación.

2.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ROTACIÓN

Ilustración 1: Diagrama circular propuesta de rotación



Fuente: Elaboración propia.

3. PROCESO PRODUCTIVO

En el apartado del proceso productivo del proyecto analizamos las principales fases relativas a la planificación y desarrollo de los cultivos, desde el establecimiento de las dosis y marcos de siembra, hasta las labores de campo respectivas. Todo ello con el objetivo de generar la mayor producción al menor coste y siguiendo un modelo de manejo de conservación. También se realiza una estimación de la producción esperada, de modo que podamos analizar la rentabilidad económica de la explotación.

3.1. VARIEDADES ESCOGIDAS PARA CADA CULTIVO

3.1.1. Variedad de patata

Tras analizar las opciones más empleadas en la industria transformadora y en la producción para consumo directo, se ha seleccionado la variedad Agria por su elevada calidad culinaria, versatilidad y alta demanda en el mercado agroalimentario. Se trata de una patata tardía de ciclo largo, con un período de cultivo de aproximadamente 130 a 150 días, cuya recolección se realiza normalmente entre agosto y mediados de septiembre. Esta variedad se adapta

perfectamente a las condiciones climáticas de Valladolid y su entorno, donde las primaveras templadas y los veranos secos favorecen su maduración uniforme y buena conservación.

La patata *Agria* se caracteriza por sus tubérculos grandes y alargados, de piel amarilla lisa y carne amarillo intenso, con una materia seca del 22-24%, lo que le confiere una excelente textura para fritura y una baja absorción de aceite. Su rendimiento medio se sitúa entre 40 y 50 toneladas por hectárea en regadío, mostrando buena estabilidad productiva y aptitud para almacenamiento prolongado sin pérdidas significativas de calidad.

Desde el punto de vista culinario, es una de las variedades más versátiles: además de ser la preferida por la industria para la elaboración de productos preparados (patatas pre-fritas, chips, copos o tortillas), también se adapta perfectamente a otros usos domésticos como hervidos o guisos, conservando su forma sin deshacerse y manteniendo un sabor suave y agradable.

En cuanto a sanidad vegetal, presenta una resistencia media-alta al virus Y y al nematodo dorado, y una tolerancia aceptable al mildiu, especialmente cuando se cultiva en rotaciones adecuadas y suelos bien drenados. Por su gran aceptación comercial, alta productividad y excelente calidad de fritura, la patata *Agria* se posiciona como la opción más recomendable para explotaciones con orientación hacia la industria agroalimentaria y el mercado de fresco de calidad en la provincia de Valladolid.

3.1.2. Variedad del trigo blando

Según la “Evaluación de variedades de cereales de invierno en Castilla y León. Resultados de la campaña 2023/2024” realizada por el GENVCE, la variedad *LG Machado* destaca como la opción más adecuada para sembrar *Triticum Aestivum*. En los ensayos realizados en la Finca Zamadueñas (Valladolid), *LG Machado* obtuvo el mayor rendimiento con 7.714 kg/ha, superando tanto al promedio del ensayo (6.934 kg/ha) como a otras variedades destacadas como *RGT Romero* (7.539 kg/ha).

La variedad *LG Machado* presenta una excelente adaptación climática a la zona de estudio, ya que la Finca Zamadueñas, donde se realizaron los ensayos, comparte condiciones edafoclimáticas muy similares, con suelos francos y un clima continental caracterizado por inviernos fríos y lluvias moderadas. Los buenos resultados obtenidos en esa finca reflejan su idoneidad para el entorno de Valladolid.

Esta variedad se recomienda sembrar en a partir de mediados de septiembre, alcanzando su momento óptimo de siembra a final de la primera semana de octubre. Su cosecha se debe hacer a finales de diciembre comienzos de enero. La dosis recomendada media es de 200 kg/ha.

La *LG Machado*, de alta precocidad y altura media, tiene una resistencia especialmente alta al encamado, característica agronómica clave que permite a las plantas mantenerse erguidas frente a condiciones adversas como viento, lluvia o exceso de fertilización. Esta propiedad mejora significativamente el rendimiento del cultivo, facilita la cosecha mecánica y preserva la calidad del grano al evitar su contacto con el suelo, reduciendo así el riesgo de enfermedades.

En cuanto a su resistencia a las enfermedades, la *LG Machado* tiene una resistencia alta al Oidio y a la Roya Amarilla, y algo más baja a la Septoria. La enfermedad que supone mayor riesgo para esta variedad de trigo es la Roya Parda, para la que presenta una resistencia media.

3.1.3. Variedad de girasol

El cultivo de girasol de la variedad Artístic se inicia tras la cosecha del cereal precedente con un tratamiento de pulverizador en presiembra, aplicando herbicida total para eliminar la vegetación espontánea y asegurar un terreno limpio. A continuación, se procede a una labor de arado de discos con el tractor John Deere, seguida de una pasada de semichisel para descompactar el horizonte superficial y mejorar la aireación. Posteriormente se aplica el abonado de fondo con abonadora centrífuga, incorporando un complejo 15-15-15 junto con superfosfato triple y sulfato potásico, nutrientes esenciales para el arranque del cultivo. Una ligera labor con la grada de vertederillas homogeneiza la superficie y, en caso de compactación, se utiliza el rodillo de discos para optimizar el contacto semilla-suelo. La siembra se realiza a mediados de abril mediante sembradora de precisión contratada, con un marco de 0,50 × 0,30 m y una densidad de 55.000 plantas por hectárea, lo que corresponde a una dosis de semilla de 3,42 kg/ha.

Tras la nascencia, se efectúan aplicaciones con pulverizador: un primer tratamiento herbicida selectivo en postemergencia para el control de gramíneas y dos tratamientos fungicidas durante el desarrollo vegetativo, empleando mezclas de azoxistrobin y difenoconazol para prevenir mildiu y otras enfermedades foliares. El nitrógeno se completa en cobertera al inicio del botón floral, aplicado con abonadora centrífuga y acompañado de riego para mejorar la asimilación. En la fase final del ciclo, se realizan nuevas aplicaciones con pulverizador para asegurar el estado sanitario del cultivo hasta la maduración. La recolección se programa en septiembre mediante cosechadora contratada, adaptada a oleaginosas, y el transporte del grano se efectúa con los remolques propios del agricultor. Los restos vegetales se dejan en superficie como acolchado, contribuyendo a la conservación del suelo. La producción esperada se sitúa en torno a 4.150 kg/ha de semilla, con un contenido oleico superior al 88%, lo que garantiza un producto de alta calidad para la industria extractora.

3.1.4. Alfalfa forrajera

Tras el análisis de distintas alternativas de alfalfa adaptadas a las condiciones de la meseta castellana, se ha seleccionado la variedad *Tierra de Campos* de Semillas Batlle por su excelente adaptación al clima continental de Valladolid, su elevado rendimiento en regadío y su gran calidad forrajera. Su comportamiento agronómico y persistencia la convierten en una opción adecuada para la zona de la explotación, donde los suelos son profundos, bien drenados y de pH neutro a ligeramente alcalino, condiciones en las que esta variedad demuestra todo su potencial productivo.

La alfalfa *Tierra de Campos* presenta una dormancia media (5,5-6), con plantas de porte alto (60-80 cm), hojas grandes y anchas y tallos huecos, lo que le confiere una alta relación hoja/tallo (0,9-1) y un contenido proteico del 18-20% sobre materia seca. Su raíz profunda le otorga gran resistencia a la sequía y capacidad de aprovechamiento de la humedad, asegurando producciones de 15 a 18 toneladas de materia seca por hectárea. Muestra una buena tolerancia a herbicidas, es competitiva frente a malas hierbas y se adapta tanto a siega como a pastoreo. Puede sembrarse en otoño (septiembre-noviembre) o primavera (marzo-mayo), con dosis de 20-40 kg/ha en cultivo puro o 2-10 kg/ha en mezcla, siendo especialmente recomendable su uso como cultivo único para maximizar la productividad y la calidad del forraje.

3.2. CUADRO RESUMEN PRODUCCIONES ESPERADAS

Concentramos en la siguiente tabla un dato de gran relevancia, la producción anual esperado de cada cultivo. Con este valor podemos estimar los beneficios que la explotación reportará.

Tabla 1: Producción por hectárea anual propuesta rotación

Año del ciclo	Cultivo	Variedad	Producción esperada (kg/ha)	Unidad de referencia
1	Patata	Agria	45.000 kg/ha	Tubérculo fresco
2	Trigo blando	LG Machado	7.714 kg/ha	Grano al 13% humedad
3	Girasol alto oleico	Artístic	4.150 kg/ha	Semilla
4	Alfalfa (año 1)	Tierra de Campos	16.500 kg/ha	Materia seca
5	Alfalfa (año 2)	Tierra de Campos	16.500 kg/ha	Materia seca
6	Alfalfa (año 3)	Tierra de Campos	16.500 kg/ha	Materia seca

Fuente: Elaboración propia.

3.3. DOSIS Y MARCO DE SIEMBRA

Para el cálculo de la dosis y el marco de siembra primero hay que recopilar una serie de datos sobre las semillas. Dichos datos proporcionados por las distintas casas de semillas son: densidad de plantas (plantas/ha), poder germinativo (PG%), Pureza (P%), Coeficiente de población (CP%), Coeficiente de ahijamiento (CA), Peso de mil semillas (PMS g), Distancia entre líneas (DL m). Con estos datos podemos hacer una estimación de cuantas plantas proliferan de las semillas que se siembran. Se pueden observar en la tabla siguiente.

Tabla 2: Datos de las semillas propuestas

Cultivo	Densidad (plantas/u ²)	Poder germinativo (PG %)	Pureza (P %)	Coef. población (CP %)	Coef. Ahijamiento (CA)	PMS (g)	DL (m)
Patata	NA*	95	98	80	0	NA*	0,80
Trigo	480 espigas/m ²	85	98	90	2,1	45	0,15
Girasol	55.000 plantas/ha	90	95	94	0	50	0,5
Alfalfa	200 plantas/m ²	80	85	95	0	2,9	0,15

*La patata requiere de otra aproximación debido a su reproducción a través de tubérculos.

Explicación en el apartado 3.3.1.

Fuente: Elaboración propia con datos de las fichas técnicas proporcionadas por las casas.

En los siguientes apartados se procede al cálculo de la dosis y el marco de siembra de los cuatro cultivos de la nueva rotación. Los cálculos se basarán en la utilización de las fórmulas mostradas a continuación:

$$A) \text{ Dosis de siembra (kg/u}^2\text{)} = \text{Densidad(planta/u}^2\text{)} \times 100/\text{PG}\% \times 100/\text{P} \times 100/\text{CP}/1000 \times \text{PMS (kg)}$$

$$B) \text{ Marco de siembra (distancia entre semillas)} = 1 \text{ m} / (\text{Semillas} / \text{u}^2 \times \text{Distancia entre líneas (u)})$$

3.3.1. Dosis y marco de siembra de la patata

Para la patata el cálculo de la dosis es especial debido a que el elemento de reproducción es el propio tubérculo. El procedimiento empieza entonces mediante el cálculo de la densidad de plantas por hectárea. Después, asumiendo que el peso medio de la semilla es de 0,05 kg y que se usa de forma íntegra y establecer una distancia entre de plantas de 30 cm, procedemos al cálculo de los kilogramos de semilla por hectárea (dosis). Se ha establecido un 90% de tasa de emergencia, ya que se asume que no es la totalidad de las semillas las que proliferan.

Densidad (plantas/ha) = $10000 / (DL \times DP) = 10000 / (0,8 \times 0,3) = 41\ 666,67$ plantas/ha

A) Dosis (kg/ha) = $41\ 667 \text{ plantas/ha} \times 0,05 \text{ kg/semilla} / 0,95 / 0,98 / 0,8 = 2\ 708$ kg/ha

3.3.2. Dosis y marco de siembra del trigo blando

En el caso del trigo se le aplica un coeficiente de ahijamiento. Este coeficiente indica cuantas espigas salen de cada planta. En el cálculo se aplica como reductor de las necesidades de semilla en el número de semillas requeridas por unidad de superficie.

A) Dosis (kg/ha) = $420 \text{ espigas/m}^2 / 2,1 / 0,85 / 0,98 / 0,90 = 267 \text{ semillas/m}^2 / 1000 \times 0,045 \times 10000 \text{ m}^2/\text{ha} = 120,0 \text{ kg/ha}$

B) Marco de siembra = $1 \text{ m} / (267 \text{ semillas/m}^2 \times 0,15 \text{ m}) = 1 \text{ m} / 40 \text{ semillas/m} = 0,025 \text{ m} = 3 \text{ cm}$

3.3.3. Dosis y marco de siembra del girasol

A) Dosis (kg/ha) = $55\ 000 \text{ plantas/ha} / 0,90 / 0,95 / 0,94 = 68\ 433,5 \text{ semillas/ha} / 1000 \times 0,050 = 3,42 \text{ kg/ha}$

B) Marco de siembra = $1 \text{ m} / (68\ 433,5 \text{ semillas/ha} / 10000 \text{ m}^2/\text{ha} \times 0,5 \text{ m}) = 0,2922 \text{ m} = 30 \text{ cm}$

3.3.4. Dosis y marco de siembra de la alfalfa

A) Dosis (kg/ha) = $200 \text{ plantas/m}^2 / 0,80 / 0,85 / 0,90 = 326,8 \text{ semillas/m}^2 / 1000 \times 0,0042 \times 10000 \text{ m}^2/\text{ha} = 8,98 \text{ kg/ha}$

B) Marco de siembra = $1 \text{ m} / (326,8 \text{ semillas/m}^2 \times 0,15 \text{ m}) = 1 \text{ m} / 49,02 \text{ semillas/m} = 0,02 \text{ m} = 2 \text{ cm}$

3.3.5. Tabla resumen de dosis y marcos

A continuación, se presenta de forma clara la recapitulación de los apartados anteriores. La tabla incluye la dosis y el marco respectivo a cada cultivo de la nueva rotación.

Tabla 3: Dosis y marco de la rotación propuesta

Cultivo	Dosis (kg/ha)	Marco de siembra (DL × DP en cm)
Patata	2.708	80 × 30
Trigo	120	15 × 3
Girasol	3,42	50 × 30
Alfalfa	8,98	15 × 2

Fuente: Elaboración propia

3.4. ACTIVIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO

A continuación, se describen las operaciones principales de cada cultivo que compone la rotación productiva (patata, trigo blando, girasol y alfalfa), siguiendo un sistema de agricultura de conservación.

El agricultor dispone de dos tractores (John Deere 6920 y 6900), aperos de laboreo (grada de vertederillas, semichisel, cultivador-preparador y rodillo de discos), y dos remolques agrícolas. Estas máquinas permiten realizar la mayoría de labores de preparación, transporte y mantenimiento del cultivo. En cambio, para operaciones específicas como siembras, aplicación de tratamientos fitosanitarios o cosechas mecanizadas, será necesario recurrir a servicios externos especializados o al alquiler de maquinaria específica.

3.4.1. Cultivo de patata (variedad Agria)

El cultivo de patata de la variedad Agria se inicia con la preparación del terreno a finales de invierno, empleando el tractor John Deere 6920 con semichisel o cultivador-preparador para airear ligeramente el suelo y nivelar la superficie, manteniendo los restos del cultivo precedente en coherencia con el manejo de conservación. Previamente a la siembra se aplica un herbicida total de glifosato para eliminar la vegetación espontánea y asegurar un lecho limpio. La siembra se realiza a mediados de marzo, cuando la temperatura del suelo supera los 10 °C, mediante plantadora automática contratada, con un marco de 0,80 × 0,30 m y una densidad de unas 41.600 plantas por hectárea, lo que corresponde a una dosis de semilla de 2.708 kg/ha. El abonado de fondo se aplica con abonadora centrífuga propia, utilizando un complejo 15-15-15 reforzado con superfosfato triple y sulfato potásico, mientras que el nitrógeno se aporta en cobertera con nitrato amónico cálcico a los 25-30 días tras la nascencia, coincidiendo con un riego de apoyo. Durante el ciclo se realizan tratamientos fitosanitarios preventivos: fungicidas contra mildiu y alternaria en cierre de líneas y llenado de tubérculos, además de la aplicación de azoxistrobin en surco para prevenir la viruela. En julio se procede al desecado del follaje con un desecante autorizado y, tras un intervalo de 10-15 días, se lleva a cabo la recolección mecanizada mediante cosechadora contratada, con transporte del producto en los remolques propios de 10 y 6 toneladas. La producción esperada se sitúa en torno a 45 t/ha de tubérculo fresco, con destino tanto a la industria agroalimentaria como al mercado de consumo directo.

3.4.2. Cultivo de trigo blando (variedad LG Machado)

El cultivo de trigo blando de la variedad LG Machado comienza con la preparación del terreno tras la cosecha precedente. En primer lugar, se aplica un tratamiento con pulverizador para controlar la flora arvense mediante herbicida total, asegurando un inicio limpio del ciclo. A continuación, se realiza una labor de arado de discos con el tractor John Deere, seguida de una pasada de semichisel para

descompactar y airear los primeros centímetros del suelo. Posteriormente se aplica el abonado de fondo con abonadora centrífuga, incorporando superfosfato triple y sulfato potásico, y se complementa con una ligera labor de grada de vertederillas para homogeneizar la superficie. En caso de compactación superficial se utiliza el rodillo de discos para mejorar el contacto semilla-suelo. La siembra se lleva a cabo a finales de septiembre o principios de octubre mediante sembradora de cereal contratada, con un marco de 0,15 × 0,03 m y una dosis de 120 kg/ha, equivalente a unas 480 espigas por metro cuadrado. Tras la nascencia, se aplica un primer tratamiento con pulverizador para controlar malas hierbas en preemergencia, seguido de un segundo tratamiento en postemergencia temprana. El nitrógeno se fracciona en dos aplicaciones con abonadora centrífuga: la primera en ahijado y la segunda en encañado, ambas con nitrato amónico cálcico. Durante el desarrollo vegetativo se realizan dos tratamientos fungicidas con pulverizador, uno al inicio del encañado y otro en la emergencia de la espiga, destinados a prevenir roya y oídio. Finalmente, la cosecha se efectúa en julio mediante cosechadora combinada contratada, con transporte del grano en los remolques propios y distribución de la paja picada sobre el terreno para mantener la cobertura vegetal. La producción esperada se sitúa en torno a 7.714 kg/ha de grano al 13% de humedad, consolidando la idoneidad de esta variedad para las condiciones edafoclimáticas de Valladolid.

3.4.3. Cultivo de girasol (variedad Artístic - alto oleico)

El cultivo de girasol de la variedad Artístic se inicia tras la cosecha del cereal precedente con un tratamiento de pulverizador en presiembra, aplicando herbicida total para eliminar la vegetación espontánea y asegurar un terreno limpio. A continuación, se procede a una labor de arado de discos con el tractor John Deere, seguida de una pasada de semichisel para descompactar el horizonte superficial y mejorar la aireación. Posteriormente se aplica el abonado de fondo con abonadora centrífuga, incorporando un complejo 15-15-15 junto con superfosfato triple y sulfato potásico, nutrientes esenciales para el arranque del cultivo. Una ligera labor con la grada de vertederillas homogeneiza la superficie y, en caso de compactación, se utiliza el rodillo de discos para optimizar el contacto semilla-suelo. La siembra se realiza a mediados de abril mediante sembradora de precisión contratada, con un marco de 0,50 × 0,30 m y una densidad de 55.000 plantas por hectárea, lo que corresponde a una dosis de semilla de 3,42 kg/ha.

Tras la nascencia, se efectúan aplicaciones con pulverizador: un primer tratamiento herbicida selectivo en postemergencia para el control de gramíneas y dos tratamientos fungicidas durante el desarrollo vegetativo, empleando mezclas de azoxistrobin y difenoconazol para prevenir mildiu y otras enfermedades foliares. El nitrógeno se completa en cobertera al inicio del botón floral, aplicado con abonadora centrífuga y acompañado de riego para mejorar la asimilación. En la fase final del ciclo, se realizan nuevas aplicaciones con pulverizador para asegurar

el estado sanitario del cultivo hasta la maduración. La recolección se programa en septiembre mediante cosechadora contratada, adaptada a oleaginosas, y el transporte del grano se efectúa con los remolques propios del agricultor. Los restos vegetales se dejan en superficie como acolchado, contribuyendo a la conservación del suelo. La producción esperada se sitúa en torno a 4.150 kg/ha de semilla, con un contenido oleico superior al 88%, lo que garantiza un producto de alta calidad para la industria extractora.

3.4.4. Cultivo de alfalfa (variedad Tierra de Campos)

El cultivo de alfalfa de la variedad Tierra de Campos se establece como cultivo plurianual, con una duración de tres campañas consecutivas en la rotación. La implantación comienza en septiembre con la preparación del terreno, que incluye la aplicación de herbicida total mediante pulverizador para eliminar la vegetación espontánea, seguida de una labor con la grada de vertederillas para nivelar y afinar la superficie. Posteriormente se realiza una pasada de semichisel para airear el horizonte superficial y mejorar la estructura del suelo, complementada con el rodillo de discos para asegurar un buen contacto semilla-suelo. La siembra se lleva a cabo con sembradora de alfalfa contratada, a un marco de 0,15 × 0,02 m y una densidad de 200 plantas por metro cuadrado, lo que corresponde a una dosis de semilla de 8,98 kg/ha.

La fertilización se limita a aportes de fósforo y potasio, aplicados con abonadora centrífuga tras los cortes o antes del rebrote, sin necesidad de nitrógeno mineral gracias a la fijación biológica de la leguminosa. Durante el ciclo se realizan aplicaciones puntuales con pulverizador para el control de malas hierbas en postemergencia, asegurando la persistencia del cultivo y su competitividad frente a especies adventicias. La recolección se organiza en cinco cortes anuales, cada uno de los cuales implica la intervención de segadora de discos, hilerador y empacadora, labores contratadas a empresa de servicios. El transporte del forraje se efectúa con los remolques propios del agricultor.

Este manejo se repite durante tres años consecutivos, garantizando una producción estable de 16,5 toneladas de materia seca por hectárea cada campaña, además de los beneficios agronómicos asociados: mejora de la fertilidad del suelo por fijación de nitrógeno, incremento de la materia orgánica y refuerzo de la estructura edáfica gracias al sistema radicular profundo de la alfalfa.

4. ESTUDIO DE FERTILIZACIÓN

La fertilización del suelo implica una de las actividades más importantes en el proceso productivo, estando estrechamente relacionado con la producción final del cultivo. Es importante realizar un estudio preciso para encontrar las dosis

óptimas de fertilización, con las que consigamos un aumento rentable de la producción.

4.1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

Para el estudio se aplica el método de balance, donde calculamos cuanto extrae el cultivo del suelo y cuanto retorna dependiendo del procedimiento que se siga tras cosecha. Analizaremos los nutrientes que condicionan más la producción del cultivo, los macronutrientes, que son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K). Al mantener una agricultura enfocada en la conservación de los suelos, se procura aumentar el contenido de materia orgánica y nutrientes en la medida de lo posible.

Este estudio se realiza por cada cultivo de manera individual y considera todas las vías de aporte y extracción de minerales en el suelo. Además, se tiene en cuenta la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo, ya que no la totalidad del mineral del suelo está disponible para la planta. Para valorar la disponibilidad de estos nutrientes, se usan métodos específicos como la aplicación del factor de Capacidad de Absorción de Nitrógeno (CAU) y el método Olsen y el método de acetato amónico para el cálculo del factor de ajuste del fósforo y del potasio.

Coeficiente aparente de utilización del nitrógeno (CAU):

El CAU (Coeficiente de Aprovechamiento del Nitrógeno) se emplea para estimar la eficiencia con la que el cultivo utiliza el nitrógeno disponible en el suelo. En este estudio se adopta un valor de 0,8, lo que indica que las plantas aprovechan aproximadamente el 80% del nitrógeno aportado, mientras que el resto se pierde o queda retenido en formas no asimilables.

Factores de ajuste para la fertilización de fósforo y potasio:

La fórmula que aplica este método para calcular el fósforo o el potasio necesitado en el fertilizante aplicado es la siguiente:

$$Pf = (Pc \times f) - Pm \quad \text{o} \quad Kf = (Kc \times f) - Km$$

En esta fórmula el P/Kf es el fósforo/potasio a aplicar con el fertilizante, el P/Kc es la cantidad de nutriente extraído por el cultivo, el f es el factor de ajuste y el P/Km es la cantidad de nutriente proporcionado por la mineralización.

Con las siguientes tablas se consigue clasificar nuestro suelo por medio de la textura para y del fósforo y potasio asimilable, para obtener el factor de ajuste (f).

Tabla 4: Clasificación método Olsen

Categoría	Arenoso (<10% arcilla)	Franco (10–30% arcilla)	Arcilloso (>30% arcilla)
Muy bajo	<11	<16	<20
Bajo	11–20	16–30	20–35
Adecuado	20–30	30–45	35–50
Alto	30–50	45–60	50–70
Muy alto	>50	>60	>70

Fuente: Ribó, M. (2004). Balance de macronutrientes y materia orgánica en suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado ecológico [Tesis doctoral].

Tabla 5: Clasificación método acetato amónico

Categoría	Arenoso (<10% arcilla)	Franco (10–30% arcilla)	Arcilloso (>30% arcilla)
Muy bajo	<50	<75	<100
Bajo	50–100	75–150	100–200
Adecuado	100–200	150–300	200–400
Alto	200–300	300–450	400–600
Muy alto	>300	>450	>600

Fuente: Ribó, M. (2004). Balance de macronutrientes y materia orgánica en suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado ecológico [Tesis doctoral].

Para el estudio utilizamos la Tabla 17 del Anejo I, *Condiciones del medio físico*. En esta tabla se resume el análisis de suelo. Para la clasificación del suelo de este apartado nos fijamos en las filas referentes a la textura (Arcilla, 36%) y en la concentración de fósforo (fósforo asimilable 18 ppm) y de potasio (potasio intercambiable 140 ppm).

Esto clasifica el contenido de fósforo del suelo de la explotación como muy bajo y el contenido de potasio como bajo. Con las siguientes tablas, el pH y la clasificación anteriormente realizada obtenemos los factores de corrección.

Tabla 6: Factor de ajuste de Olsen para el fósforo

pH	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
< 5,5	1,9	1,7	1,3	0,7	0,5
< 6,5	1,8	1,4	1,1	0,5	0
< 7,5	1,5	1,3	0,9	0,3	0
< 8,5	1,7	1,5	1,1	0,5	0,3
> 8,5	1,9	1,7	1,3	0,8	0,5

Fuente: Documentación bibliográfica del Método Olsen.

Tabla 7: Factor de ajuste acetato amónico para el potasio

Textura del suelo	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto
Arenoso	1,4	1,2	1,1	0,7
Franco	1,3	1,2	1,0	0,6
Arcilloso	1,2	1,1	0,8	0,4

Fuente: Documentación bibliográfica del Método del Acetato Amónico.

Los factores de ajuste para la asimilabilidad del fósforo y potasio según el tipo de suelo son 1,7 para el fósforo y 1,1 para el potasio.

4.2. APORTES

En cuanto a los aportes cabe aclarar que debido al tipo de manejo elegido se dejará un porcentaje estimado del 90% de los restos de cosecha. Hay que tener en cuenta que ni todos los cultivos dejan la misma cantidad de restos, ni la composición de dichos restos es la misma en todos, por ello se estudiará separadamente el aporte que supone cada cultivo, por otro lado, los aportes no solo vienen del cultivo, también hay aportes por arrastre de agua de lluvias o por el agua de riego, o aporte de minerales de la descomposición de materia orgánica del suelo.

4.2.1. Aportes minerales de la materia orgánica

Se puede obtener una aproximación de los nutrientes mediante la aplicación de fórmulas y coeficientes específicos. Primero se ha de calcular el contenido de NPK de la masa de materia orgánica que hay en una profundidad determinada de suelo. Establecemos dicha profundidad en 35 cm, ya que se considera la franja de profundidad de suelo con mayor actividad biológica y donde las raíces tienen mayor desarrollo.

$$\text{NPK.org (t/ha)} = 10000 \text{ m}^2 \times P(\text{m}) \times \text{Da}(\text{t/m}^3) \times (\text{MO\%}/100) \times (\text{Contenido NPK.org (\%)/100})$$

El suelo de la explotación tiene una densidad de 1,35 t/m³ y la materia orgánica es del 1,2%. Ahora debemos saber qué porcentaje de la materia orgánica es NPK, para ello recurrimos a bibliografía sobre edafología que establece que el porcentaje de NPK de la MO ronda los valores de 2,2% para el N, 1,45% para el P y 1,25% para el K.

Vamos a analizar el NPK que aporta la materia orgánica, cada nutriente por separado:

$$\text{N(MO)} = 10000 \text{ m}^2 \times 0,35 \text{ m} \times 1,35 \text{ t/m}^3 \times 1,2/100 \times 2,2/100 = 0,924 \text{ t/ha}$$

$$\text{P(MO)} = 10000 \text{ m}^2 \times 0,35 \text{ m} \times 1,35 \text{ t/m}^3 \times 1,2/100 \times 1,25/100 = 0,525 \text{ t/ha}$$

$$\text{K(MO)} = 10000 \text{ m}^2 \times 0,35 \text{ m} \times 1,35 \text{ t/m}^3 \times 1,2/100 \times 1,45/100 = 0,609 \text{ t/ha}$$

Estas cantidades representan la cantidad de N, P y K que hay en la materia orgánica del suelo. Ahora hay que calcular cuanta cantidad se mineraliza a través de la aplicación del coeficiente de mineralización (km). Este coeficiente anual indica la cantidad de nutriente que se mineraliza. Además, se aplica un coeficiente reductor (DN=Disponibilidad del Nutriente) debido a que no todo el NPK de la materia orgánica se encuentra disponible para su mineralización.

$$\text{NPK Mh} = \text{NPK MO t/ha} \times 1000 \text{ kg/t} \times \text{km} \times \text{DN}$$

$$(\text{Vm} = 0,8\% \text{ y } \text{DN} = 75\%)$$

$$\text{N mineralizado (MO)} = 0,924 \text{ t/ha} \times 1000 \text{ kg/t} \times 0,8\% \times 75\% = 5,54 \text{ kg/ha}$$

$$\text{P mineralizado (MO)} = 0,525 \text{ t/ha} \times 1000 \text{ kg/t} \times 0,8\% \times 75\% = 3,15 \text{ kg/ha}$$

$$\text{K mineralizado (MO)} = 0,609 \text{ t/ha} \times 1000 \text{ kg/t} \times 0,8\% \times 75\% = 3,65 \text{ kg/ha}$$

En el estudio se ha mantenido constante el nivel de MO en el suelo, aunque éste se incrementa debido a la incorporación de los residuos. El objetivo es favorecer el nivel de nutrientes del suelo, pero se deberá tener en cuenta para el cálculo de nutrientes mineralizados de la MO en el resto de los ciclos de rotación.

4.2.2. Aportes minerales de los restos de cosecha

Para calcular el aporte de nutrientes por los restos de cosecha se ha de saber el índice de cosecha (IC) para saber el total de la producción vegetal y así obtener cuál es la masa de los restos de cosecha. Además, se debe conocer la proporción de NPK que tiene el material vegetal del cultivo. La fórmula para saber la producción total de cosecha es:

$$\text{Resto de cosecha (kg/ha)} = \text{Producción (Kg/ha)} \times (1 - \text{IC}) / \text{IC}$$

En la tabla a continuación se presenta dicha información.

Tabla 8: Restos de cosecha

Cultivo	Producción kg/ha	IC	Restos kg/ha
Patata	45.000	65 %	24.231
Trigo	7.714	45 %	9.428
Girasol	4.150	35 %	7.707
Alfalfa	16.500	90 %	1.833

Fuente: Elaboración propia. Datos provenientes de estimaciones de apartados anteriores. El dato de IC procede de la publicación "Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible" J. Villalobos & E. Fereres (2017).

A partir de los restos de cultivo obtenidos, se ha estimado su contenido en macronutrientes (NPK) utilizando porcentajes referenciados en la bibliografía. En la

siguiente tabla se presenta la proporción de cada nutriente presente en los restos, así como su correspondiente cantidad en kg/ha.

Tabla 9: Cantidad de NPK en los restos de cosecha

Cultivo	Restos kg/ha	MS %	N %	P %	K %	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Patata	24.231	20,0	2,2	0,2	3,9	107	10	165
Trigo	9.428	85,0	0,7	0,1	1,2	52	5	96
Girasol	7.707	80,0	0,8	0,1	2,5	49	9	155
Alfalfa	1.833	25,0	3,6	0,3	2,1	16	1	10

Fuente: Elaboración propia. Datos provenientes de estimaciones de apartados anteriores. El porcentaje de NPK del residuo procede de la publicación “Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible” J. Villalobos & E. Fereres (2017).

A continuación, calculamos cuánto de esa cantidad de NPK de los residuos se mineraliza y pasa a ser parte del complejo de cambio, quedando así disponible para las plantas. Para ello aplicamos un coeficiente de mineralización estimado del 0,4 para el nitrógeno y el fósforo y de 0,8 para el potasio, esta diferencia se debe a la facilidad y velocidad del potasio para mineralizarse frente a los otros dos elementos.

Tabla 10: NPK mineralizado de los restos de cosecha

Cultivo	N min (kg/ha)	P min (kg/ha)	K min (kg/ha)
Patata	49,2	4,4	131,8
Trigo	20,8	2,0	76,9
Girasol	19,6	3,6	124,3
Alfalfa	6,4	0,4	7,7

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Aportes del agua de lluvia

En los sistemas agrícolas, además de los aportes de nitrógeno provenientes de fertilizantes y residuos vegetales, existe una contribución adicional derivada de la deposición atmosférica. Esta se produce principalmente a través de la precipitación, que arrastra compuestos nitrogenados como nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) desde la atmósfera hasta el suelo.

En la zona de estudio, con una precipitación media anual de 435,5 mm y un nivel bajo de contaminación, se estima que este aporte representa 6 kg N/ha/año. Este valor, aunque represente una pequeña porción del nitrógeno, debe considerarse en el balance total de nitrógeno disponible para los cultivos.

4.2.4. Aportes del agua de riego

En este apartado consideramos los aportes de nutrientes por parte del agua del pozo. Utilizando el análisis de agua de riego y sabiendo una aproximación del agua que se va a regar anualmente, además de la superficie regada, podemos hacer una estimación de los aportes de nitrógeno.

Para el cálculo de dichos aportes se sigue la siguiente fórmula:

$$N \text{ agua riego (kg/ha)} = \text{Concentración de N (mg/l)} \times V \text{ requerido (m}^3\text{/ha)} \times 1/1000$$

$$\text{Concentración de N (mg/l)} = \text{meq/l (NO}_3^-) \times \text{g/mol N} = 0,05 \text{ meq/l} \times 14 \text{ g/mol} = 0,7 \text{ mg/l N}$$

Aplicando la fórmula al riego aplicado en la explotación obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 11: Nitrógeno aportado por el riego

Cultivo	Riego m ³ /ha	Nitrógeno kg/ha
Patata	4727	3,3
Trigo blando	2075	1,5
Girasol linoleico	4489	3,1
Alfalfa forrajera	5925	4,1

Fuente: Elaboración propia. Anejo VII. Necesidades hídricas.

4.2.5. Aportes de nitrógeno por simbiosis

Una de las principales fuentes naturales de nitrógeno disponible para las plantas es la fijación biológica mediante simbiosis. Este proceso ocurre cuando ciertos microorganismos, principalmente bacterias del género *Rhizobium*, establecen asociaciones simbióticas con plantas leguminosas, formando nódulos en sus raíces. A través de esta simbiosis, el nitrógeno atmosférico (N₂) es transformado en formas asimilables por las plantas, como amonio (NH₄⁺), contribuyendo significativamente al balance de nitrógeno del sistema sin necesidad de fertilización química.

Para calcular cuánto nitrógeno fija la alfalfa, recurrimos a la siguiente fórmula:

$$N \text{ fijado (kg/ha)} = \text{Rendimiento total MS (kg/ha)} \times \%N \times \%FBN$$

La cantidad de N fijado depende del rendimiento de la leguminosa, de su contenido (%) de N, y de la proporción de ese N que se derivó de la atmósfera (% FBN). En general se dice que el % FBN y el % N son variables independientes del rendimiento, mientras que el N fijado es dependiente del rendimiento.

Según estimaciones de Heichel *et al.* citadas por Racca y González (INTA), la alfalfa en condiciones de regadío puede satisfacer entre el 43% y el 64% de sus

requerimientos totales de nitrógeno mediante fijación biológica del nitrógeno (FBN). Este rango se considera adecuado para sistemas productivos sostenibles, especialmente en zonas con buena disponibilidad hídrica y condiciones edafoclimáticas favorables, como podría ser el caso de áreas regables en la región de Valladolid.

Para el cálculo de la fijación simbiótica de la alfalfa aplicamos los siguientes datos:

Rendimiento total: 16.500 kg/ha cosecha + 1.833 kg/ha restos = 18.333 kg/ha
 % N = 3,6 % de la materia seca
 % FBN = 60 %

Sustituyendo en la fórmula:

$$N \text{ fijado (kg/ha)} = 18.333 \text{ (kg/ha)} \times 3,6\% \times 60\% = 396 \text{ kg N /ha}$$

Establecemos por lo tanto que los aportes anuales por fijación simbiótica de nitrógeno de la alfalfa son de 396 kg/ha.

4.3. PÉRDIDAS

4.3.1. Pérdidas por lixiviación

Las pérdidas por lixiviación son aquellas que se generan por arrastre agua de lluvia de nutrientes del suelo. Estos nutrientes percolan y se ubican en capas más profundas inalcanzables para las plantas.

La facilidad con la que el agua se infiltra depende de la textura del suelo, a suelos más arenosos la velocidad de infiltración es mayor y mayor por lo tanto la fuerza de arrastre. En el caso de la parcela de estudio, la textura es arcillosa, por lo que las pérdidas por lixiviación serán menores que en otro tipo de parcelas.

Para evaluar el riesgo de lixiviación, siguiendo la propuesta del USDA (Williams y kissel, 1991) se debe calcular el Índice de lixiviación (IL), con el que se estima la cantidad de percolación del suelo a una profundidad de 1 m. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$IL = PI \times SI$$

El PI es el Índice de Percolación y el SI es un Índice Estacional. Ambos tienen su respectiva fórmula (*Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible* J. Villalobos & E. Fereres (2017)):

$$PI = \frac{(P - 10160/CN' + 101.6)^2}{P + 15240/CN' - 152.4}$$

$$SI = \left(\frac{2 P_w}{P} \right)^{1/3}$$

La P es la precipitación anual (mm) y CN' es un valor que se obtiene de la clasificación del suelo en un determinado grupo hidrológico. El P_w es la precipitación total (mm) durante otoño e invierno. Los valores para nuestro caso son los siguientes:

- Precipitación anual media (P): 435,5 mm
- Precipitación total media de otoño e invierno (P_w): 252,7 mm
- CN' : Puede tener un valor de 28, 21, 17 y 15 dependiendo del grupo hidrológico.

Según el libro de Villalobos & E. Fereres, la clasificación hidrológica del suelo es la siguiente:

A: Bajo potencial de escorrentía. Estos son suelos con alta tasa de infiltración cuando están húmedos. Por lo general, es el caso de suelos arenosos o con grava, profundos y bien drenados.

B: Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están húmedos, profundidad y textura medias.

C: Suelos con bajas tasas de infiltración cuando se humedecen. Estos suelos son de textura fina o tienen un horizonte que dificulta el drenaje.

D: Alto potencial de escorrentía. Incluye suelos con muy bajas tasas de infiltración cuando está húmedos, tales como suelos arcillosos expansivos, suelos con alto nivel freático, suelos con una capa de arcilla cerca de la superficie y suelos poco profundos sobre materiales impermeables

El suelo de estudio se clasifica en el grupo C, debido a su textura fina y baja infiltración. Por lo que el CN' se considera de 17.

Sustituyendo en las fórmulas obtenemos los siguientes valores:

$$PI = 752,5 \text{ y } SI = 1,05$$

Ahora obtenemos el Índice de Lixiviado con el PI y el SI :

$$IL = 752,5 \times 1,05 = 790,8$$

Para aplicar este índice a nuestro caso procedemos a usar la siguiente fórmula. Asumiendo que la humedad media (θ_m) entre capacidad de campo y saturación de nuestro suelo según su textura es de $0,36 \text{ m}^3/\text{m}^3$. La profundidad de suelo que establecemos es de 35 cm, $Z = 350\text{mm}$. Como valor del nitrógeno inicial

estimamos 10 mg/kg (47,25 kg N/ha), valor medio típico de suelos de características similares.

$$N_{lix} = N_{ini} \left[1 - \exp \left(- \frac{LI}{Z \theta_{med}} \right) \right]$$

$$N_{lix} = N_{ini} (1 - \exp (-790,8 / 350 * 0,36 \text{m}^3/\text{m}^3)) = 47,16 \text{ kg N/ha}$$

Con este proceso podemos estimar las pérdidas de nitrógeno por lixiviado en 47,16 kg/ha.

4.3.2. Material cosechado

Para saber cuánto NPK extraen los cultivos de la explotación es necesario conocer la composición de la cosecha, que es la parte del cultivo que no retorna al suelo. Acudiendo a tablas con las proporciones de NPK de la materia seca cosechada conseguimos la siguiente tabla:

Tabla 12: Extracciones de la cosecha

Cultivo	Cosechado kg/ha	MS %	N %	P %	K %	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Patata	45.000	23,5	1,6	0,3	2,0	169	26	189
Trigo	7.714	87,5	2,1	0,4	0,5	142	25	31
Girasol	4.150	91,5	3,0	0,6	0,7	112	24	27
Alfalfa	16.500	25,0	3,6	0,3	2,1	146	11	87

Fuente: Elaboración propia. Datos provenientes de estimaciones de apartados anteriores.
El porcentaje de NPK del residuo procede de la publicación "Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible" J. Villalobos & E. Fereres (2017).

4.4. NECESIDADES DE ABONADO

Para calcular las necesidades de abonado seguimos la metodología propuesta. Para el nitrógeno usaremos el método de balance y el CAU y para el fósforo y el potasio aplicaremos los factores de ajuste.

4.4.1. Nitrógeno

El balance consiste en sumar los aportes del mineral, se aplica el Coeficiente de Aprovechamiento del Nitrógeno y posteriormente restarle las pérdidas.

Tabla 13: Resumen balance de N

Cultivo	APORTES (kg/ha)						EXTRACCIONES (kg/ha)		BALANCE
	Riego	Lluvia	Min. restos	Min. MO	Fijación simbiótica	Total disponible*	Cosecha	Lixiviación	
Patata	3,3	6,0	49,2	5,5	NA	51,2	169	47,16	-164,9
Trigo blando	1,5	6,0	20,8	5,5	NA	27,0	142	47,16	-162,1
Girasol linoleico	3,1	6,0	19,6	5,5	NA	27,4	112	47,16	-131,7
Alfalfa forrajera	4,1	6,0	6,4	5,5	396	334,5	146	47,16	141,3

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Fósforo

El contenido de fósforo asimilable del suelo se clasificó como muy bajo (18 ppm) y, considerando el pH, se obtuvo un factor de ajuste $f = 1,7$. Aplicando la fórmula “ $Pf=(Pc \times f)-Pm$ ” se calculó la cantidad de fósforo a aplicar, incorporando la extracción por los cultivos y la mineralización de la materia orgánica. La tabla siguiente presenta los resultados para cada cultivo.

Tabla 14: Fósforo requerido para la fertilización

Cultivo	Kc (kg/ha)		f	Km (kg/ha)		Kf (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
	Cosecha	Residuo		Residuo	MO		
Patata	212	189	1,1	151,2	3,65	286	306
Trigo blando	31	96		76,8	3,65	59	72
Girasol linoleico	27	155		124	3,65	73	88
Alfalfa forrajera	87	10		8	3,65	95	114

Pf = Fósforo a aplicar con el fertilizante, Pc = Cantidad de nutriente extraído por el cultivo, f = factor de ajuste y Pm cantidad de nutriente de la mineralización.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Potasio

El potasio intercambiable del suelo se clasificó como bajo (140 ppm) y, con textura arcillosa, se determinó un factor de ajuste $f = 1,1$. Utilizando la fórmula “ $Kf=(Kc \times f)-Km$ ” se estimó la dosis de potasio a aplicar, considerando la extracción por los cultivos y la mineralización de los residuos. La tabla siguiente muestra los resultados para cada cultivo.

Tabla 15: Potasio requerido para la fertilización

Cultivo	Pc (kg/ha)		f	Pm (kg/ha)		Pf (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)
	Cosecha	Residuo		Residuo	MO		
Patata	26	11	1,7	4,4	3,15	55	127
Trigo blando	25	5		2	3,15	46	105
Girasol linoleico	24	9		3,6	3,15	49	113
Alfalfa forrajera	11	1		0,4	3,15	17	39

K_f = Potasio a aplicar con el fertilizante, P_c = Cantidad de nutriente extraído por el cultivo, f = factor de ajuste y K_m cantidad de nutriente de la mineralización.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Resumen necesidades de fertilización

En la siguiente tabla se reúnen los valores concluyentes de los análisis anteriores. Se presentan en formato de N, P₂O₅ y K₂O las necesidades de NPK en kilogramos de nutrientes por hectárea.

Tabla 16: Necesidades de fertilización por ciclo de cultivo

Cultivo	N kg/ha	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
Patata	165	127	305
Trigo blando	162	105	72
Girasol linoleico	132	113	88
Alfalfa forrajera	-141	39	114

Fuente: Elaboración propia. Conclusión de necesidades de fertilización de datos obtenidos en el apartado 4.

Esta tabla se debe adaptar a la rotación de las dos hojas que se plantean en esta explotación. Una empieza con el cultivo de patata siguiendo la rotación de diseño, y la siguiente hoja comienza su rotación con la alfalfa, seguida de otros dos años de este cultivo, así se evita la coincidencia de cultivos y los riesgos que ello conlleva. Debido a la fijación del nitrógeno atmosférico por parte de la leguminosa, los requisitos de fertilización para los cultivos que la preceden son diferentes.

A) Necesidades de fertilizantes para la Hoja 1 (Primer ciclo de rotación)

Tabla 17: Necesidades de fertilizante de la Hoja 1

Año	Cultivo	N kg/ha	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
1	Alfalfa forrajera	-141	39	114
2	Alfalfa forrajera	-283	39	114
3	Alfalfa forrajera	-424	39	114
4	Patata	-259	127	306
5	Trigo blando	-97	105	72
6	Girasol linoleico	35	113	88

Fuente: Elaboración propia.

B) Necesidades de fertilizante para la Hoja 2 (y 1 después del primer ciclo)

Tabla 18: Necesidades de fertilizante de la Hoja 2

Año	Cultivo	N kg/ha	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
1	Patata	165	127	306
2	Trigo blando	162	105	72
3	Girasol linoleico	132	113	88
4	Alfalfa forrajera	-141	39	114
5	Alfalfa forrajera	-283	39	114
6	Alfalfa forrajera	-424	39	114

Fuente: Elaboración propia.

4.4.5. Plan de fertilización

El plan de fertilización tiene como objetivo cubrir las necesidades de nutrientes minerales esenciales (N, P₂O₅ y K₂O) de los cultivos incluidos en la rotación. Se han seleccionado fertilizantes de uso común en la agricultura española, por su disponibilidad, eficacia y facilidad de aplicación:

- Nitrato amónico cálcico (CAN, 27% N): fuente de nitrógeno rápida y segura, adecuada para aplicaciones en cobertera.
- Superfosfato triple (TSP, 46% P₂O₅): aporta fósforo sin nitrógeno, evitando excesos en leguminosas.
- Sulfato potásico (SOP, 50% K₂O): fuente de potasio libre de cloruros, segura para cultivos sensibles como patata y alfalfa.
- Abono complejo 15-15-15: mezcla equilibrada de N, P y K, útil como abonado de fondo en cultivos exigentes.

La estrategia de aplicación se basa en:

Fondo: todo el fósforo y potasio, y parte del nitrógeno, incorporados antes de la siembra.

Cobertera: el resto del nitrógeno, aplicado en momentos críticos de demanda (ahijado, encañado, tuberización, botón floral), seguido de riego.

Patata

Abonado de fondo con 15-15-15 para aportar N, P y K equilibrados, complementado con TSP para ajustar el fósforo y SOP para cubrir la elevada demanda de potasio. El nitrógeno restante se aplica en cobertera con CAN a los 25-30 días tras la nascencia, con abonadora centrífuga y riego. El fondo se incorpora con cultivador antes de la siembra.

Trigo blando

Fondo con TSP y SOP, aplicados con abonadora centrífuga y ligera incorporación con grada. El nitrógeno se fracciona en dos coberteras de CAN, en ahijado y encañado, con abonadora centrífuga y riego posterior.

Girasol linoleico

Fondo con 15-15-15 y TSP para asegurar fósforo disponible desde el inicio, completando el potasio con SOP. El nitrógeno se aporta parcialmente en fondo y se completa en cobertera con CAN al inicio del botón floral, aplicado con abonadora centrífuga y riego.

Alfalfa forrajera

No se aporta N mineral; se aplican TSP y SOP tras el último corte o antes del rebrote, de forma superficial con abonadora centrífuga y riego, para sostener la persistencia y productividad.

El plan se divide en Hoja 1 y Hoja 2 y atiende al primer ciclo de rotación. En ciclos sucesivos de la Hoja 1 se aplicará el plan diseñado para la hoja 2, ya que la presencia del cultivo de alfalfa nutre de nitrógeno al suelo disminuyendo el requerimiento de fertilización.

En las tablas a continuación se muestra la dosis por producto y su respectivo aporte de nutrientes:

PLAN HOJA 1

Tabla 19: Aporte de fertilizante para patata (Hoja 1)

PATATA AÑO 1		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
15-15-15	367	55,1	55,1	55,1
TSP 46%	72	-	33,1	-
SOP 50%	502	-	-	251,0
CAN 27%	303	81,8	-	-
Total:		136,9	88,2	306,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Aporte de fertilizante para el trigo (Hoja 1)

TRIGO BLANDO AÑO 2		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	229	-	105,3	-
SOP 50%	144	-	-	72,0
CAN 27%	448	120,9	-	-
Total:		121	105,3	72,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Aporte de fertilizante para el girasol (Hoja 1)

GIRASOL AÑO 3		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
15-15-15	440	66,0	66,0	66,0
TSP 46%	46	-	21,2	-
SOP 50%	44	-	-	22,0
CAN 27%	176	47,52	-	-
Total:		113,5	87,2	88,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Aporte de fertilizante para la alfalfa (Hoja 1)

ALFALFA AÑO 4-6		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	85	-	39,1	-
SOP 50%	228	-	-	114,0
Total:		-	39,1	114,0

Fuente: Elaboración propia.

PLAN HOJA 2

Tabla 23: Aporte de fertilizante para la alfalfa (Hoja 2)

ALFALFA AÑO 1-3		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	85	-	39,1	-
SOP 50%	228	-	-	114,0
Total:		-	39,1	114,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Aporte de fertilizante para la patata (Hoja 2)

PATATA AÑO 4		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	277	-	127,4	-
SOP 50%	612	-	-	306,0
Total:		-	127,4	306,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Aporte de fertilizante para el trigo (Hoja 2)

TRIGO BLANDO AÑO 5		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	229	-	105,3	-
SOP 50%	144	-	-	72,0
Total:		-	105,3	72,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Aporte de fertilizante para el girasol (Hoja 2)

GIRASOL AÑO 6		APORTE		
Producto	Dosis (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
TSP 46%	246	-	113,2	-
SOP 50%	176	-	-	88,0
CAN 27%	130	35,1	-	-
Total:		35,1	113,2	88,0

Fuente: Elaboración propia.

5. FITOSANITARIOS

Los tratamientos fitosanitarios son fundamentales para preservar la salud de los cultivos frente a plagas, enfermedades y malezas que pueden comprometer su desarrollo y productividad. Para ello, se emplean productos químicos como insecticidas, fungicidas y herbicidas, cuyo objetivo es controlar y evitar la proliferación de agentes perjudiciales.

No obstante, su aplicación debe hacerse con responsabilidad, siguiendo las pautas técnicas y normativas vigentes. Esto incluye utilizar las dosis correctas, respetar los plazos de seguridad entre la aplicación y la recolección, y optar por productos eficaces que minimicen el impacto ambiental.

Detectar a tiempo la presencia de organismos nocivos es clave para reducir el uso de fitosanitarios y los costes asociados. En el caso de las malas hierbas, tratarlas en su fase inicial permite controlarlas con dosis más bajas, lo que se traduce en ahorro económico y menor agresividad para el entorno.

Además, se promueve el uso de estrategias de manejo integrado, como la rotación de cultivos y la elección de variedades resistentes, dentro de un modelo agrícola más sostenible y equilibrado.

5.1. CONTROL DE PLAGAS

Las plagas son proliferaciones de organismos vivos, generalmente animales, que dañan el cultivo mermando o acabando con la producción debido al daño que generan sobre el cultivo. Este daño generalmente se causa debido a que utilizan el cultivo como medio de alimentación. En este apartado vamos a mencionar las plagas más relevantes y dañinas para cada cultivo típicos de la zona noroeste de España donde se ubica la explotación.

A) Patata

- Escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*)
- Pulguilla de la patata (*Epitrix spp.*)
- Palomilla o polilla común (*Phthorimaea operculella*)
- Nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*)

B) Trigo blando

- Zabro (*Zabrus tenebrioides*)
- Gusanos de alambre (*Agriotes spp.*)
- Lema (*Oulema melanopus*)
- Chinchas de los cereales (*Eurygaster spp.*, *Aelia spp.*)
- Pulgones del cereal (*Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum padi*)
- Mosquito de los cereales (*Mayetiola destructor*)

C) Girasol

- Gusano blanco (*Melolontha spp.*)
- Gusano gris o rosquilla (*Agrotis spp.*)
- Gusano de alambre (*Agriotes spp.*)
- Polilla del girasol (*Homoeosoma nebulella*)
- Helicoverpa u oruga de los brotes (*Helicoverpa armigera*)

D) Alfalfa forrajera

- Gusanos defoliadores (*noctuidos varios*)
- Cuscuta (*Cuscuta spp.*) – planta parásita
- Gusano verde o gorgojo de la alfalfa (*Hypera postica*)
- Cuca o gusano negro (*Agrotis spp.*)
- Apión (*Apion spp.*)

5.2. CONTROL DE ENFERMEDADES

Las enfermedades agrícolas son alteraciones generadas por medio de agentes patógenos o de unas condiciones ambientales negativas. Dichos agentes son comúnmente hongos, bacterias y virus. Estas alteraciones producen daños en el cultivo y un alto riesgo para la producción. A continuación, se presenta una lista de las principales enfermedades a tener en cuenta en los cultivos a desarrollar.

A) Patata

- Alternariosis (*Alternaria solani*)
- Tizón tardío o mildiu (*Phytophthora infestans*)
- Viruela de la patata (*Rhizoctonia solani*)
- Pie negro (*Pectobacterium atrosepticum*)
- Sarna común (*Streptomyces scabies*)

B) Trigo blando

- Roya amarilla (*Puccinia striiformis*)
- Roya parda (*Puccinia recondita*)
- Septoria del trigo (*Zymoseptoria tritici*)
- Fusariosis (*Fusarium spp.*)
- Oídio (*Blumeria graminis*)
- Pie negro (*Gaeumannomyces graminis*)
- Helminthosporiosis del trigo (*Pyrenophora tritici-repentis*)

C) Girasol

- Mildiu (*Plasmopara halstedii*)
- Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*)
- Verticilosis (*Verticillium dahliae*)
- Tallo negro (*Phoma macdonaldii*)
- Roya del girasol (*Puccinia helianthi*)
- Alternaria (*Alternaria helianthi*)
- Chancro del tallo o Phomopsis (*Diaporthe helianthi*)

D) Alfalfa

- Viruela de la alfalfa (*Pseudopeziza medicaginis*)
- Mal vinoso (*Phytophthora megasperma*)
- Rabia o ascoquitos (*Ascochyta spp.*)

5.3. CONTROL DE MALAS HIERBAS

Esta tercera amenaza consiste en la presión que generan otras especies botánicas sobre el cultivo, cuya proliferación se da en los terrenos de forma involuntaria. Estas especies actúan de forma parásita o compiten por los recursos de manera que merman la productividad del cultivo estrangulando su desarrollo.

Las principales malas hierbas que suponen mayor amenaza para cada cultivo de la rotación se exponen en la lista a continuación.

A) Patata

- Cenizo (*Chenopodium album*)
- Pasto gallinero (*Echinochloa crus-galli*)
- Hierba mora brillante (*Solanum physalifolium* var. *nitidibaccatum*)
- Amaranto de Powell (*Amaranthus powellii*)

B) Trigo blando

- Cenizo (*Chenopodium album*)
- Pasto gallinero (*Echinochloa crus-galli*)
- Amaranto retróflexo (*Amaranthus retroflexus*)
- Corregüela (*Convolvulus arvensis*)
- Hierba mora (*Solanum nigrum*)

C) Girasol

- Cenizo (*Chenopodium album*)
- Jopo del girasol (*Orobancha cumana*)
- Verdolaga (*Portulaca oleracea*)
- Estramonio (*Datura stramonium*)
- Amaranto retróflexo (*Amaranthus retroflexus*)

D) Alfalfa

- Acedera (*Rumex obtusifolius*)
- Diente de león (*Taraxacum officinale*)
- Llantén menor (*Plantago lanceolata*)
- Grama (*Digitaria sanguinalis*)
- Cuscuta (*Cuscuta spp*)

5.4. TRATAMIENTO FITOSANITARIO

En el presente apartado se presenta el tratamiento que cada cultivo de la rotación deberá recibir para reducir los riesgos de experimentar alteraciones negativas

causadas por las principales plagas, enfermedades y malas hierbas observadas en los apartados anteriores.

Patata:

Como herbicida se aplicará una única dosis de 3-6 l/ha de glifosato al 36% en presiembra (Touchdown®Ultimo), 14 días antes de comenzar la preparación del terreno. Con intención de prevenir enfermedades como la alternaria y el mildiu se aplicarán dos dosis de fungicidas de forma preventiva en el cierre de líneas y previo al llenado de tubérculos con una dosis de 0,6 l/ha con mandipropamid al 25% + difenconazol al 25% (CarialTop®). También se aplicará una dosis de azoxistrobin al 22,8% (Ortriva®) en surco para prevenir la viruela con una dosis de 3 l/ha.

Trigo:

Se aplicará igualmente un herbicida en presiembra a base de glifosato al 36% (Touchdown®Ultimo) con una dosis de 3-6 l/ha. Además, se aplicará en preemergencia y en postemergencia temprana una dosis en dosis de 1,75-2,5 l/ha con diflufenican 4% + pendimetalina 40% (Addition) debido a la mayor sensibilidad de este cultivo ante las malas hierbas. Para las enfermedades se aplicarán 0,8-1 l/ha de azoxistrobin 25% (Amistar®) en comienzo de encañado y de nuevo en emergencia de la espiga.

Girasol:

Se aplicará herbicida de glifosato al 36% (Touchdown®Ultimo) en presiembra con una dosis de 3-6 l/ha 14 días antes de siembra. Debido a su sensibilidad contra las malas hierbas se aplicará un herbicida selectivo a base de quizalofop P-etil al 10% (Targa®) tras emergencia en el despliegue de la cuarta hoja verdadera, con una dosis de 0,5-0,75 l/ha. Para el control de las enfermedades se aplicará un fungicida con base azoxistrobin 11,4% + difenoconazol 11,4% (Amistar®Gold) en dos dosis de 1 l/ha al inicio y al final del desarrollo vegetativo.

Alfalfa:

Se recurre de nuevo al glifosato al 36% (Touchdown®Ultimo), en una dosis de 3-6 l/ha, 14 días antes de la preparación para la siembra. En post emergencia se aplicará quizalofop P-etil al 10% (Targa®) con una dosis de 0,4-0,6 l/ha, a partir de 2-3 trifolios desarrollados. Las enfermedades podrán suponer un mayor riesgo años avanzados del cultivo, por lo que no se incluyen tratamientos preventivos específicos.

No se recomienda aplicar insecticidas de forma preventiva en ninguno de los cultivos, siendo imprescindible la monitorización y vigilancia durante el desarrollo de éstos para actuar rápidamente de detectarse dichas plagas.

6. MAQUINARIA

6.1. MAQUINARIA NECESARIA

Maquinaria propia:

Tractores:

- Tractor N°1 - John Deere 6920 - Potencia: 160 CV
- Tractor N°2 - John Deere 6900 con pala frontal - Potencia: 135 CV

Aperos de laboreo:

- Grada de vertederillas de 11 cuerpos
- Semichisel de 15 brazos
- Cultivador-preparador de 25 brazos
- Rodillo de discos de 7 metros

Remolques agrícolas:

- Remolque N°1 - Basculante de 2 ejes - Capacidad de carga: 10 t
- Remolque N°2 - Monoeje basculante ligero - Capacidad de carga: 6 t

Maquinaria a adquirir o alquilar:

Preparación y siembra

- Arado de vertederas o de discos: Para labores de volteo profundo antes de cultivos exigentes como la patata o el girasol, mejorando la aireación y descompactación del suelo.
- Caballonadora o formador de surcos: permite crear los caballones donde se depositan los tubérculos y mejora el drenaje del terreno.
- Plantadora de patatas (2 a 4 surcos): Máquina específica para la colocación uniforme de los tubérculos de siembra en los caballones, con posibilidad de incorporar abono localizado.
- Sembradora neumática o mecánica de precisión: Necesaria para la siembra del trigo, el girasol y la alfalfa. Permite una dosificación precisa de la semilla y una distribución homogénea en el terreno.

Tratamientos fitosanitarios y fertilización:

- Pulverizador de barras arrastrado (12 m): Imprescindible para la aplicación de herbicidas, fungicidas e insecticidas en todos los cultivos de la rotación.
- Abonadora centrífuga o de proyección: Para la distribución de abonos minerales de fondo o de cobertera en todos los cultivos. Permite ajustar la dosis y el ancho de trabajo según la densidad del producto.

Labores específicas de la patata

- Aporcador de patatas: Se utiliza tras la nascencia para amontonar tierra sobre la base de las plantas, favoreciendo el desarrollo de los tubérculos y controlando malas hierbas entre líneas.

Maquinaria para recolección y postcosecha

- Cosechadora o arrancadora de patatas: Equipo especializado para la extracción y cribado de los tubérculos, separando tierra y restos vegetales.
- Cosechadora combinada (para trigo y girasol): Máquina para la recolección del grano y separación de la paja.
- Equipos de recolección de forraje (para alfalfa): Incluyen hilerador y empacadora, necesarios para los distintos cortes anuales. Para la siega se contratará el servicio de una segadora de discos.

6.2. UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA

Para calcular y valorar la utilización de la maquinaria contemplamos su uso a lo largo de toda la rotación y en ambas hojas. En la Hoja 1, de 28,5 ha, la rotación comienza por la patata y en la Hoja 2, de 18,1 ha, comienza por la alfalfa:

Hoja 1: Patata – Trigo – Girasol – Alfalfa – Alfalfa – Alfalfa

Hoja 2: Alfalfa – Alfalfa – Alfalfa – Patata – Trigo – Girasol

A la hora de analizar cada cultivo se contempla una superficie de 46.6 ha, resultante de la suma de ambas hojas, considerándose una simplificación de la estimación válida.

(El procedimiento y la formulación de cálculo aparecen en el Anejo II. Situación Actual)

En las tablas a continuación se ha realizado el cálculo del tiempo de uso de maquinaria para cada cultivo. Se ha procedido con características reales para la maquinaria en posesión representada en las filas sombreadas y con características estimadas en el resto de maquinaria que se debería alquilar/adquirir.

6.2.1. Utilización de la maquinaria para el cultivo de la patata

Tabla 27: Tiempo de uso de la maquinaria para el cultivo de la patata

MAQUINARIA	MES	A (M)	V (KM/H)	H (%)	TTR (H/HA)	TT (H)
PULVERIZADOR	Feb-Mar	12	10	75	0,11	5,2
ARADO DE DISCOS	Mar	7	8	75	0,24	11,1
SEMICHISEL	Mar	7,5	5	60	0,44	20,7
GRADA DE VERTEDERILLAS	Mar	5	7	80	0,357	16,6
RODILLO DE DISCOS	Mar	7	8	85	0,21	9,8
SEBRADORA DE PATATAS	Mar	3	5	70	0,95	44,4
ABONADORA CENTRÍFUGA	Mar	12	8	80	0,36	16,6
CULTIVADOR	Mar	7	8	78	0,357	16,5
PULVERIZADOR	Abr	12	10	75	0,11	5,2
ABONADORA CENTRÍFUGA	Mar	12	8	80	0,36	16,6
PULVERIZADOR	May	12	10	75	0,11	5,2
PULVERIZADOR	May	12	10	75	0,11	5,2
APORCADOR DE PATATAS	May-Jun	3	6	75	0,74	34,5
COSECHADORA / ARRANCADORA	Ago-Sep	2,5	3	65	1,578	73,6

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1. Utilización de maquinaria para el cultivo de Trigo

Tabla 28: Tiempo de uso de la maquinaria para el cultivo de la Trigo

MAQUINARIA	MES	A (M)	V (KM/H)	H (%)	TTR (H/HA)	TT (H)
PULVERIZADOR	Sep	12	10	75	0,11	5,2
ARADO DE DISCOS	Sep	7	8	75	0,24	11,1
SEMICHISEL	Sep	7,5	5	60	0,44	20,7
ABONADORA	Sep	12	8	80	0,36	16,6
CENTRIFUGADORA						
GRADA DE VERTEDERILLAS	Sep	5	7	80	0,36	16,5
RODILLO DE DISCOS	Sep	7	8	85	0,21	9,8
SEBRADORA DE CEREAL	Oct	3	8	70	0,33	21,4
ABONADORA	Oct	12	8	80	0,36	16,6
CENTRIFUGADORA						
PULVERIZADOR	Oct	12	10	75	0,11	5,2
PULVERIZADOR	Nov	12	10	75	0,11	5,2
ABONADORA	Oct	12	8	80	0,36	16,6
CENTRÍFUGADORA						
PULVERIZADOR	Ene	12	10	75	0,11	5,2
PULVERIZADOR	Ene-Feb	12	10	75	0,11	5,2
COSECHADORA COMBINADA	Dic-ene	9	6	70	0,27	12,3

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Utilización de maquinaria para el cultivo de girasol

Tabla 29: Tiempo de uso de la maquinaria en el cultivo de girasol

MAQUINARIA	MES	A (M)	V (KM/H)	H (%)	TTR (H/HA)	TT (H)
PULVERIZADOR	Mar	12	10	75	0,1	5,2
ARADO DE DISCOS	Mar	7	8	75	0,24	11,1
SEMICHISEL	Mar	7,5	5	60	0,44	20,7
ABONADORA CENTRIFUGADORA	Mar	12	8	80	0,36	16,6
GRADA DE VERTEDERILLAS	Mar	5	7	80	0,4	16,6
RODILLO DE DISCOS	Mar	7	8	85	0,2	9,8
SEBRADORA DE PRECISIÓN	Abr-Mar	6	6	75	0,4	26,1
ABONADORA CENTRIFUGADORA	Abril	12	8	80	0,36	16,6
PULVERIZADOR	Abril	12	10	75	0,1	5,2
PULVERIZADOR	May	12	10	75	0,1	5,2
ABONADORA CENTRÍFUGADORA	Jun	12	8	80	0,36	16,6
PULVERIZADOR	Jul	12	10	75	0,1	5,2
COSECHADORA	Ago	6	5	70	0,5	22,2

Fuente: Elaboración propia.

2.1.3. Utilización de maquinaria para el cultivo de alfalfa

Tabla 30: Tiempo de uso de la maquinaria en el cultivo de alfalfa

MAQUINARIA	MES	A (M)	V (KM/H)	H (%)	TTR (H/HA)	TT (H)
PULVERIZADOR	Feb-Mar	12	10	75	0,1	5,2
GRADA DE VERTEDERILLAS	Feb-Mar	5	7	80	0,4	16,6
SEMICHISEL	Feb-Mar	7,5	5	60	0,44	20,7
RODILLO DE DISCOS	Mar	7	8	85	0,2	9,8
SEBRADORA DE ALFALFA	Mar-Abr	3	8	70	1,4	25,6
ABONADORA CENTRÍFUGA	Mar	12	8	80	0,36	16,6
PULVERIZADOR	Abr-May	12	10	75	0,1	5,2
SEGADORA DE DISCOS (X5)	May	5	8	75	0,33	15,5*
HILERADOR (X5)	May	4,5	8	75	0,37	18,0*
EMPACADORA (X5)	May	3	6	70	0,79	36,9*

*TT respectivo a un corte

Fuente: Elaboración propia.

2.1.4. Utilización por remolque

Para la estimación de uso de remolques por cultivo se ha procedido a calcular el número de viajes que deben esperarse hacer por cosecha. En posesión el agricultor tiene dos remolques, uno de 10 t y otro de 6 t y se estima que el tiempo de maniobra de carga y descarga y desplazamiento es de 1 hora de media.

Aunque el remolque A sea de 10 t y el B de 6 t ambos remolques tienen el mismo tiempo de trabajo debido a que se alternan para realizar las cargas y los transportes y descargas.

Tabla 31: Tiempo de uso de los remolques

Cultivo	Producción (kg/ha)	Superficie (ha)	Producción total (t)	Nº viajes aprox.	TT Remolque A (h)	TT Remolque B (h)
Patata	45.000	46,6	2097	131	66	66
Trigo	7.714	46,6	359	22	11	11
Girasol	4.150	46,6	193	12	6	6
Alfalfa	16.500	46,6	769	48	24	24

Fuente: Elaboración propia.

2.1.5. Utilización de los tractores

El uso de los tractores se estima en base a las actividades asociadas a cada uno de ellos. Tras diseñar el procedimiento de actuación sobre la rotación de cultivo, se reparten las labores para en función de sus características, estimándose más apropiadas para el tractor JD 6920 las labores que requieran de mayor potencia como es el laboreo y para el JD 6900 aquellas que no, diversificando su utilización y reduciendo el consumo de gasóleo. A continuación, se muestra una tabla que recopila el tiempo de duración de las actividades relacionadas con el uso de los tractores y su cómputo global que representa el tiempo estimado de trabajo.

Tabla 32: Tiempo de trabajo en campo de los tractores

Tractor	Labor TT (h)	Patata	Trigo	Girasol	Alfalfa
JD 6900 (135 CV)	Sembrar	44,4	21,4	26,1	25,6
	Pulverizar	20,8	26	20,8	10,5
	Remolcar	65,5	11	6	24
	Hilarar	-	-	-	90
	Total (h)	130,7	58,4	52,9	150,1
JD 6920 (160 CV)	Laboreo	109,2	58,2	58,2	47,1
	Abonar	33,2	33,2	49,8	6,1
	Remolcar	65,5	11	6	24
	Empacar	-	-	-	184,5
	Total (h)	207,9	102,4	114	261,7

Fuente: Elaboración propia. Información recopilada de las estimaciones del apartado 6.2.

En el tiempo de uso real de los tractores es mucho mayor ya que en el cálculo de tiempo de trabajo de la Tabla 32 no se incluye los transportes y desplazamientos y tiempos muertos en los que el tractor funciona. Se estima que el uso medio anual de un tractor en una explotación mediana es de entre 800 y 300 horas. Consideramos un uso medio de 600 horas para el modelo JD 6920 y de 400 h el JD 6900.

7. CÁLCULO DE COSTES

7.1. COSTES DE LOS TRACTORES

Tabla 33: Costes de la maquinaria de impulsión

DATOS	Concepto / Tipo de coste	JD 6920 (160 CV)	JD 6900 (135 CV)
	Precio compra (V_0)	85.000 €	75.000 €
	Valor residual (V_r)	10.906 €	9.623 €
	Vida útil (años) n	20 a	20 a
	Vida útil (horas) V_u	14.000 h	14.000 h
	Horas uso anual H_a (supuesto)	450 h/a	300 h/a
	Consumo medio estimado	17,0 L/h	14,4 L/h
	Precio gasóleo B (empleado)	1,10 €/L	1,10 €/L
COSTES FIJOS (€/año)	Amortización (A)	3.704,68 €	3.268,83 €
	Intereses (I)	1.743,20 €	1.538,11 €
	Seguro e impuestos (0,20 % V_0)	170,00 €	150,00 €
	Alojamiento (0,40 % V_0)	340,00 €	300,00 €
	Total costes fijos	5957,87 €	5.256,95 €
COSTES VARIABLES (€/h)	Reparaciones y mantenimiento (R)	2,43 €/h	2,14 €/h
	Combustible (consumo × precio)	18,7 €/h	15,8 €/h
	Aceite y filtros (10 % combustible)	1,9 €/h	1,6 €/h
	Total costes variables	23,00 €/h	19,57 €/h
Desglose final	Coste fijo por hora = Total fijos / H_a	13,24 €/h	17,52 €/h
Coste horario total (fijo/h + variable/h)		36,24 €/h	37,09 €/h

Fuente: Elaboración propia.

7.2. COSTES DE LOS APEROS Y REMOLQUES

Tabla 34: Costes por hora de los aperos y remolques en posesión.

Apero	DATOS					COSTES FIJOS					COSTES VARIABLES		Total fijos / h	Coste horario total
	Precio compra (Vo)	Valor residual (Vr)	Vida útil (años) n	Vida útil (horas) Vu	Horas uso anual Ha (supuesto)	Amortización (A)	Intereses (I)	Seguro e impuestos (0,20 % Vo)	Alojamiento (0,40 % Vo)	Total	Reparaciones (R)	Total		
Grada de vertederillas	6.000 €	451 €	17 a	14.000 h	80 h/a	326 €/a	119 €/a	-	24 €/a	469 €/a	0,17 €/h	0,17 €/h	5,86 €/h	6,03 €/h
Semichisel	5.500 €	414 €	17 a	13.000 h	70 h/a	299 €/a	109 €/a	-	22 €/a	430 €/a	0,17 €/h	0,17 €/h	6,14 €/h	6,31 €/h
Cultivador-preparador	4.800 €	461 €	15 a	12.000 h	50 h/a	289 €/a	97 €/a	-	19 €/a	406 €/a	0,16 €/h	0,16 €/h	8,11 €/h	8,27 €/h
Rodillo de discos	5.200 €	271 €	20 a	16.000 h	60 h/a	246 €/a	100 €/a	-	21 €/a	367 €/a	0,13 €/h	0,13 €/h	6,12 €/h	6,25 €/h
Remolque basculante	12.000 €	625 €	20 a	15.000 h	120 h/a	569 €/a	231 €/a	24 €/a	48 €/a	872 €/a	0,32 €/h	0,32 €/h	7,26 €/h	7,58 €/h
Remolque monoeje	8.000 €	532 €	18 a	15.000 h	120 h/a	415 €/a	157 €/a	16 €/a	32 €/a	619 €/a	0,21 €/h	0,21 €/h	5,16 €/h	5,38 €/h

Fuente: Elaboración propia.

Los aperos bajo estudio son aquellos en posesión: Grada de vertederillas de 11 cuerpos, semichisel de 15 brazos, el cultivador-preparador de 25 brazos y rodillo de discos de 7 m. No se contempla compra de maquinaria a corto plazo, por lo que el agricultor deberá alquilar los aperos, así como contratar las labores de cosecha a una empresa de servicios.

7.3. COSTES DE MATERIAS PRIMAS

7.3.1. Coste de la semilla

Tabla 35: Coste semilla

Cultivo	Dosis (kg/ha)	€/ kg	€/ ha
Patata Ágria	270,8	1,6	433,3
Trigo LG Machado	120	0,7	84
Girasol Artístic	3,42	0,9	3,1
Alfalfa Tierra de Campos	8,98	2,6	23,4

Fuente: Elaboración propia. Datos de las casas de semillas.

7.3.2. Coste de los fertilizantes

Tabla 36: Coste fertilizante por cultivo y hectárea

Cultivo	Fertilizante (formulación)	Dosis (kg/ha)	Precio (€/kg)	Coste (€/ha)
PATATA	15-15-15	367	0,6	220,2
	TSP 46%	72	0,5	36
	SOP 50%	502	0,95	476,9
	CAN 27%	303	0,68	206,04
	Total	-	-	939,14
TRIGO	TSP 46%	229	0,5	114,5
	SOP 50%	144	0,95	136,8
	CAN 27%	448	0,68	304,64
	Total	-	-	555,94
GIRASOL	15-15-15	440	0,6	264
	TSP 46%	46	0,5	23
	SOP 50%	44	0,95	41,8
	CAN 27%	176	0,68	119,68
	Total	-	-	448,48
ALFALFA (x3)	TSP 46%	85	0,5	42,5
	SOP 50%	228	0,95	216,6
	Total	-	-	259,1

Fuente: Elaboración propia. Datos de las casas comerciales.

7.3.3. Coste de fitosanitarios

En la tabla a continuación se observa el precio de aplicación por hectárea total que supone el tratamiento fitosanitario para cada cultivo.

Tabla 37: Coste de fitosanitarios

Cultivo	Producto comercial	Principio activo	Tipo	Dosis (L/ha)	Precio €/L (estim.)	Costo €/ha	Nº aplicaciones	Costo total €/ha
Patata	Touchdown® Ultimo	Glifosato 36%	Herbicida	4,5	6	27	1	27
	Carial Top®	Mandipropamid 25% + Difenconazol 25%	Fungicida	0,6	80	48	2	96
	Ortriva®	Azoxistrobin 22,8%	Fungicida	3	35	105	1	105
	Total (€/ha)	-	-	-	-	-	-	228 €
Trigo	Touchdown® Ultimo	Glifosato 36%	Herbicida	4,5	6	27	1	27
	Addition®	Diflufenican 4% + Pendimetalina 40%	Herbicida	2	25	50	2	100
	Amistar®	Azoxistrobin 25%	Fungicida	0,9	70	63	2	126
	Total (€/ha)	-	-	-	-	-	-	253 €
Girasol	Touchdown® Ultimo	Glifosato 36%	Herbicida	4,5	6	27	1	27
	Targa®	Quizalofop P-etil 10%	Herbicida	0,6	55	33	1	33
	Amistar® Gold	Azoxistrobin 11,4% + Difenconazol 11,4%	Fungicida	1	75	75	2	150
	Total (€/ha)	-	-	-	-	-	-	210 €
Alfalfa	Touchdown® Ultimo	Glifosato 36%	Herbicida	4,5	6	27	1	27
	Targa®	Quizalofop P-etil 10%	Herbicida	0,5	55	27,5	1	27,5
	(No aplica fungicidas)	-	-	-	-	-	-	—
	Total (€/ha)	-	-	-	-	-	-	55 €

Fuente: Elaboración propia. Datos de las casas comerciales.

7.4. COSTE MANO DE OBRA

Como trabajador autónomo, el promotor debe realizar las correspondientes cotizaciones a la Seguridad Social. Teniendo en cuenta que la jornada laboral habitual de un agricultor autónomo ronda las 9 horas diarias de lunes a viernes, el coste asociado a estas cotizaciones se estima en unos 1,72 €/hora. Si a este importe se le suma el coste medio de la mano de obra agrícola, valorado aproximadamente en 10 €/hora, el coste total de trabajo asciende a unos 12 €/hora.

7.5. COSTE DE RIEGO

El coste de riego por cultivo se basa en el consumo total anual de agua del cultivo. Con este dato podemos calcular tanto el coste del agua, como el coste de su impulsión. La siguiente tabla proporciona el volumen consumido por cultivo:

Tabla 38: Consumo de agua por cultivo

Cultivo	Db (mm)	Vol (m ³ /ha)	Pivot 1	Pivot 2	Total
			m ³ /año	m ³ /año	m ³ /cultivo
Patata	473	4.727	134.607	85.730	220.000
Trigo blando	208	2.075	59.093	37.636	96.700
Girasol linoleico	449	4.489	127.832	81.415	209.250
Alfalfa forrajera	593	5.925	168.728	107.461	276.190

Fuente: Elaboración propia. Datos provenientes del Anejo VII. Necesidades Hídricas

7.5.1. Costes de impulsión

Para calcular cuánto cuesta la energía para la impulsión, además de conocer la cantidad de agua, se necesita saber el caudal de la bomba de captación, este caudal proporciona las horas de funcionamiento de los equipos de bombeo, ya que las bombas trabajan a caudal constante y el consumo del generador frente a la potencia ofrecida sigue una progresión lineal.

Es importante destacar que la estimación del diseño de impulsión es que la mitad del riego corra a cuenta de la impulsión solar (gratuita), por lo que solo la mitad del volumen de riego se impulsará por medio del grupo electrógeno de gasoil. (En la realidad el consumo podrá ser incluso menor si se planifica el riego para fomentar el uso de la energía fotovoltaica)

La tabla de resultados es la siguiente:

Tabla 39: Coste de impulsión por cultivo

Cultivo	m ³ /cultivo	m ³ con coste	Caudal (m ³ /h)	Consumo del generador (l/h)	Precio gasóleo (€/l) (2025)	Coste de impulsión (€)
Patata	220.000	110.000	231,3	27	1,41	18.105
Trigo blando	96.700	48.350				7.958
Girasol	209.250	145.125				23.886
Alfalfa	276.190	138.095				22.729

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2. Costes del agua

Para el uso de aguas subterráneas en regadío, las Confederaciones Hidrográficas aplican una serie de cánones y tarifas que tienen como objetivo financiar la gestión, el control y la protección del dominio público hidráulico.

El usuario de recursos hídricos subterráneos deberá pagar un canon según se establece la legislación española para la Utilización de los Bienes del Dominio Público Hidráulico para usos agrícolas. Dicho canon tiene el valor de 0,0015 € por metro cúbico en concesión.

Para estimar el coste de la concesión se toma como volumen concedido el volumen total requerido por el cultivo de mayor demanda, y el canon de 0,0015 €/m³.

Tabla 40: Coste por uso de aguas subterráneas

Cultivo	m ³ /cultivo	Coste total cultivo (€)
Patata	220.000	330
Trigo blando	96.700	145
Girasol	209.250	314
Alfalfa	276.190	414

Fuente: Elaboración propia.

Se tomará como volumen de concesión el volumen requerido por la alfalfa con un coste de concesión estimado de 414 € anuales.

7.6. ALQUILER DE MAQUINARIA Y CONTRATACIÓN DE SERVICIOS

Dentro de los gastos que conlleva la producción se requiere contabilizar los costes del alquiler de la maquinaria que el agricultor precisa para completar las labores de cada cultivo. A continuación, se muestra una tabla que recopila valores

aproximados del coste del alquiler de la maquinaria por día, en ella se incluye los días necesarios de alquiler por cultivo y el gasto total que supone el alquiler:

Tabla 41: Costes de alquiler de maquinaria/servicios

Maquinaria / Servicio	Precio €/día	Patata	Trigo	Girasol	Alfalfa
Arado	160	2	2	2	2
Plantadora de patatas	1350	5	0	0	0
Sembradora	410	0	4	3	4
Pulverizador de barras	350	4	5	4	2
Abonadora centrífuga	300	4	6	8	2
Aporcador de patatas	510	5	0	0	0
Cosechadora de patatas (servicio)	1880	8	0	0	0
Cosechadora combinada (servicio)	663	0	2	2	0
Segadora de alfalfa (servicio)	1350	0	0	0	2x5
Hileradora	580	0	0	0	2x5
Empacadora	390	0	0	0	4x5
Total alquiler € /cultivo		26.750	6.836	6.676	30.360

Fuente: Elaboración propia. Datos de casas comerciales y plataformas de alquiler de maquinaria local.

8. CUADRO DE COSTES

En los cuadros a continuación se muestra el coste total por cultivo junto a la recopilación de costes analizados en los apartados anteriores. Con este dato sabremos el margen de rentabilidad que el agricultor podrá percibir tras los ingresos. En ellos se incluyen costes de semilla, abonado, tratamientos, riego y gastos de uso y alquiler de maquinaria.

8.1. CUADRO DE COSTES DEL CULTIVO DE LA PATATA

Tabla 42: Cuadro de costes del cultivo de patata

PATATA															
MAQUINARIA								MATERIA PRIMA			RIEGO		MANO DE OBRA		TOTAL
Maquinaria	Uso (h)	Coste (€ /h)	Coste (€)	Alquiler	€/día	Días	Coste (€)		Coste (€/ha)	Coste total (€)	Bombeo (€)	18105	Horas (h)	338,6	
Tractor JD 6920	207,9	36,2	7534,3	Arado	160	2	320	Semilla	433,3	20192	Coste concesión (€)	414	Coste horario (€/h)	12	
Tractor JD 6900	130,7	37,1	4847,7	Sembradora	1350	5	6750	Fitosanitarios					Trabajadores	2	
Grada de vertederillas	16,6	6,0	100,1	Pulverizador	227	4	1400	Glifosato 36%	27	1258,2					
Semichisel	20,7	6,3	130,6	Abonadora centrífuga	220	4	1200	Mandipropamid 25% + Difenconazol 25%	96	4473,6					
Cultivador-preparador	16,5	8,3	136,5	Aporcador	510	4	2040	Azoxistrobin 22,8%	105	4893					
Rodillo de discos	9,8	6,3	61,3	Servicio de cosecha	1880	8	15040	Fertilizante							
Remolque basculante	66	7,6	500,3					15-15-15	220,2	10261					
Remolque monoeje	66	5,4	355,1					TSP 46%	36	1677,6					
								SOP 50%	476,9	22224					
								CAN 27%	206	9601,5					
TOTAL (€)			13666				26750			74581		18519		8126	124942

Fuente: Elaboración propia.

8.2. CUADRO DE COSTES DEL CULTIVO DE TRIGO

Tabla 43: Cuadro de costes del cultivo de trigo

TRIGO															
MAQUINARIA								MATERIA PRIMA			RIEGO		MANO DE OBRA		TOTAL
Maquinaria	Uso (h)	Coste (€/h)	Coste (€)	Alquiler	€/día	Días	Coste (€)		Coste (€/ha)	Coste total (€)	Bombeo (€)	7958	Horas (h)	160,8	
Tractor JD 6920	102,4	36,24	3711	Arado	160	2	320	Semilla	84	3914,4	Coste concesión (€)	414	Coste horario (€/h)	12	
Tractor JD 6900	58,4	37,09	2166,1	Sembradora	410	4	1640	Fitosanitarios					Trabajadores	2	
Grada de vertederillas	16,5	6,03	99,5	Pulverizador	350	5	1750	Glifosato 36%	27	1258,2					
Semichisel	20,7	6,31	130,6	Abonadora centrífuga	300	6	1800	Diflufenican 4% + Pendimentalina 40%	100	4660					
Rodillo de discos	0	6,25	0	Cosechadora combinada	663	2	1326	Azoxistrobin 25%	126	5871,6					
Remolque basculante	9,8	7,58	61,3				Fertilizante								
Remolque monoeje	11	5,38	83,4				TSP 46%	114,5	5335,7						
							SOP 50%	136,8	6374,9						
							CAN 27%	304,6	14196,2						
TOTAL (€)			6311				6836			41611		8372		3859	66989

Fuente: Elaboración propia.

8.3. CUADRO DE COSTES DEL CULTIVO DE GIRASOL

Tabla 44: Cuadro de costes del cultivo de girasol

GIRASOL																	
MAQUINARIA								MATERIA PRIMA			RIEGO		MANO DE OBRA		TOTAL		
Maquinaria	Uso (h)	Coste (€/h)	Coste (€)	Alquiler	€/día	Días	Coste (€)		Coste (€/ha)	Coste total (€)	Bombeo (€)	23886	Horas (h)	172,4			
Tractor JD 6920	114	36,24	4131,4	Arado	160	2	320	Semilla	3,1	144,46	Coste concesión (€)	414	Coste horario (€/h)	12			
Tractor JD 6900	58,4	37,09	2166,1	Sembradora de precisión	410	3	1230	Fitosanitarios					Trabajadores	2			
Grada de vertederillas	16,6	6,03	100,1	Pulverizador	350	4	1400	Glifosato 36%	27	1258,2							
Semichisel	20,7	6,31	130,6	Abonadora centrífuga	300	8	2400	Quizalofop P-etil 10%	33	1537,8							
Rodillo de discos	9,8	6,25	61,25	Cosechadora combinada	663	2	1326	Azoxistrobin 11,4% + Difenoconazol 11,4%	150	6990							
Remolque basculante	6	7,58	45,5				Fertilizante										
Remolque monoeje	6	5,38	32,28				15-15-15	264	12302								
							TSP 46%	23	1072								
							SOP 50%	41,8	1948								
								CAN 27%	119,7	5578							
TOTAL (€)			6667				6676			30831		24300		4138	72611		

Fuente: Elaboración propia.

8.4. CUADRO DE COSTES DEL CULTIVO DE ALFALFA

Tabla 45: Cuadro de costes del cultivo de alfalfa

ALFALFA																		
MAQUINARIA								MATERIA PRIMA			RIEGO		MANO DE OBRA		TOTAL			
Maquinaria	Uso (h)	Coste (€/h)	Coste (€)	Alquiler	€/día	Días	Coste (€)		Coste (€/ha)	Coste total (€)	Bombeo (€)	22729	Horas (h)	411,8				
Tractor JD 6920	261,7	36,24	9484,0	Arado	160	2	320	Semilla	23,4	1090,44	Coste concesión (€)	414	Coste horario (€/h)	12				
Tractor JD 6900	150,1	37,09	5567,2	Sembradora	410	4	1640	Fitosanitarios					Trabajadores	2				
Grada de vertederillas	16,6	6,03	100,1	Pulverizador	350	2	700	Glifosato 36%	27	1258,2								
Semichisel	20,7	6,31	130,6	Abonadora centrífuga	300	2	600	Quizalofop P-etil 10%	27,5	1281,5								
Rodillo de discos	9,8	6,25	61,3	Segadora (servicio)	1350	10	13500											
Remolque basculante	24	7,58	181,9	Hileradora	580	10	5800	Fertilizante										
Remolque monoeje	24	5,38	129,1	Empacadora	390	20	7800	TSP 46%	42,5	1980,5								
								SOP 50%	216,6	10093,6								
TOTAL (€)			15654				30360			15704							23143	

Nota: Esta tabla corresponde al año de siembra. En los dos años posteriores el coste disminuye ya que no se aplica siembra, lo que reduce el uso de maquinaria y semilla.

Fuente: Elaboración propia.

ANEJO VI: ESTUDIO GEOTÉCNICO

ÍNDICE ANEJO VI. ESTUDIO GEOTÉCNICO

1. Objeto del estudio	1
2. Localización de la parcela y descripción de la obra	1
3. Trabajos realizados	2
3.1. Reconocimiento del terreno	2
3.2. Trabajos de campo	3
3.2.1. Calicata	4
3.2.2. Ensayo de penetración dinámica	4
4. Descripción geológica	6
4.1. Perfil geológico	6
4.2. Sismicidad	6
5. Propuesta de cimentación	7
6. Programa de supervisión	8

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El anejo de estudio geotécnico es elemental en obras de ingeniería en las que se requiere instalar estructuras y edificaciones. Este estudio nos permite analizar la estructura y composición de las capas que conforman el suelo, para así conocer el comportamiento del suelo ante presiones generadas por el peso de las instalaciones correspondientes.

Es el caso de nuestro estudio, que requerirá de cierta cimentación para la instalación de las placas solares y de los pivots, además de la instalación de la bomba de impulsión de riego.

2. LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La obra se localiza en la finca de “La Matilla”, situada en la comarca de Valladolid a unos 4 km al este del municipio de La Mudarra. De las 121,4 ha de superficie que esta finca tiene, nos centramos en las 64,23 ha del sureste de ésta. En esta área se instalarán dos pivots que den cobertura de riego al máximo de la superficie posible. Además, una porción de la finca albergará placas fotovoltaicas. Las bombas de impulsión de los pivots se alojarán en una caseta de riego de hormigón prefabricado y se conectarán con los pivots por medio de tuberías de impulsión que requerirán soterramiento. La bomba de captación en pozo suministrará agua a la balsa de la que se servirán las bombas de los pivots. Con la instalación se lograrán 46,6 ha de regadío.

En la siguiente tabla se presenta información más específica sobre la ubicación de la finca:

Tabla 1: Identificación de la explotación

Provincia	Valladolid (47)
Municipio	Valladolid (900)
Polígono	28
Parcela	2
Código catastro	47900A028000020000YE
Coordenada UTM X	342655.10
Coordenada UTM Y	4626242.23
Datum	WGS84
Huso UTM	30

Fuente: Elaboración propia, datos de la sede del Catastro.

3. TRABAJOS REALIZADOS

3.1. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

En este apartado clasificamos el tipo de construcción que se va a llevar a cabo y el grupo de terreno siguiendo el Documento Básico de Seguridad Estructural – Cimientos del Código Técnico de la Edificación. A continuación, se presentan las tablas de clasificación extraídas del citado código.

Tabla 2: Tipo de construcción

Tipo	Descripción
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m ²
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 y 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas

Fuente: Documento Básico Seguridad Estructural - Cimientos. CTE

Tabla 3: Grupo de terreno

Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer la existencia de rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
T-3	Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores.

Fuente: Documento Básico Seguridad Estructural - Cimientos. CTE

Las construcciones se clasifican entonces como C-0 y el grupo de terreno como T-1.

Con esta clasificación acudimos a la siguiente tabla facilitada en el documento con la que determinamos las distancias máximas entre puntos de reconocimiento (dm_{max}) y las profundidades orientativas (P) por debajo del nivel de excavación. De esta manera logramos tener una cobertura propicia en el área de edificación.

Tabla 4: Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades orientativas

Tipo de construcción	Grupo de terreno T1		Grupo de terreno T2	
	dmáx (m)	P (m)	dmáx (m)	P (m)
C-0, C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	25	14	20	30
C-4	20	16	17	35

Fuente: Documento Básico Seguridad Estructural - Cimientos. CTE

Según esta última tabla y la clasificación del terreno y de la construcción, la distancia máxima entre puntos de reconocimiento sin perder representatividad será de 35 m y la profundidad orientativa del estudio geotécnico es de 6 m.

Para terminar el reconocimiento del terreno acudimos a la Tabla 5. Debemos establecer el número mínimo de sondeos mecánicos que se deben hacer en el terreno y el porcentaje de los puntos de reconocimiento que puedan ser sustituidos por pruebas métodos indirectos cuando el número de sondeos mecánicos exceda el mínimo especificado en dicha tabla.

Tabla 5: Mínimo de sondeos mecánicos y porcentaje de sustitución por métodos continuos o indirectos

Tipo de construcción	Número mínimo de sondeos		% de sustitución	
	T-1	T-2	T-1	T-2
C-0	-	1	-	66
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3	70	50
C-3	3	3	50	40
C-4	3	3	40	30

Fuente: Documento Básico Seguridad Estructural - Cimientos. CTE

Podemos observar que no se requiere un número mínimo de sondeos para este proyecto con clasificación C-0.

3.2. TRABAJOS DE CAMPO

Para obtener los datos relevantes para la conformación del estudio geotécnico necesitamos realizar mediciones en campo. Principalmente se utiliza calicatas, como sondeos mecánicos y Ensayos de Penetración Dinámica (DPH), como método continuo. Con estos dos sistemas de análisis podemos determinar con precisión información importante sobre el suelo como su estratificación, cohesión y textura, además de otros parámetros.

3.2.1. Calicata

Con el fin de obtener información directa sobre las características del subsuelo, se llevó a cabo la apertura de una calicata de reconocimiento geotécnico en la finca. Este tipo de exploración permite analizar de forma visual y precisa la disposición de los distintos estratos del terreno, así como tomar muestras representativas para su posterior evaluación en laboratorio.

La excavación se realizó mediante retroexcavadora, alcanzando una profundidad total de 2,70 metros. Durante el proceso se registraron características relevantes de cada capa, como su textura, color, grado de compactación y permeabilidad, con el propósito de definir la estratigrafía y las propiedades geotécnicas del terreno.

Durante la excavación, las paredes de la calicata mantuvieron su verticalidad sin colapsos, lo que evidencia una buena cohesión y estabilidad del terreno. No se detectó la presencia del nivel freático hasta la profundidad alcanzada, lo que sugiere condiciones secas y favorables para la construcción.

En conjunto, el terreno presenta una estratigrafía homogénea, con predominio de materiales finos de buena capacidad portante, adecuados para la ejecución de cimentaciones superficiales.

Los materiales observados y sus descripciones se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6: Calicata

Cotas (m)	Profundidad (m)	Descripción del terreno
0,00 – 0,30	0,30	Capa superficial de suelo vegetal oscuro con raíces y restos orgánicos.
0,30 – 0,60	0,30	Arcilla de color pardo con elevada plasticidad y baja permeabilidad. Estructura medianamente densa.
0,60 – 1,40	0,80	Limo arenoso de textura fina y consistencia firme, con ligera presencia de carbonatos.
1,40 – 1,80	0,40	Arcilla limosa de tonalidad beige, plástica y de baja permeabilidad. Alta cohesión.
1,80 – 2,70	0,90	Arcilla arenosa compacta, de color marrón claro. Presencia de gravas calizas dispersas. Consistencia muy rígida.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Ensayo de penetración dinámica

El ensayo de penetración dinámica (DPH) es una técnica de prospección geotécnica que permite determinar la resistencia del terreno a la penetración mediante la hincas de una punta metálica cónica, accionada por una maza que cae en caída libre desde una altura fija. Este método se basa en registrar el número de

golpes necesarios para que la punta penetre una distancia determinada, lo que proporciona una medida indirecta de la compacidad y resistencia del suelo.

El equipo utilizado fue un penetrómetro dinámico pesado (DPH), conforme a la norma UNE EN ISO 22476-2:2008, equipado con una maza de 63,5 kg que se deja caer desde una altura de 50 cm. Se registró el número de golpes necesarios para penetrar 20 cm, valor conocido como N_{20} , que constituye el índice de penetración a cada profundidad.

En la Tabla 8 se presentan las condiciones de uso recomendadas para los distintos tipos de penetrómetros, según el Documento Básico de Seguridad Estructural – Cimientos (DB-SE-C) del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Posteriormente, se realizaron dos penetraciones dinámicas en la finca “La Matilla”, con el objetivo de caracterizar la resistencia del terreno hasta una profundidad próxima a los 5 m. Los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 7: Resultado de las pruebas de DPH

Nº de penetración	Profundidad de rechazo (m)	Cota de la boca de penetración (m)	Cota del nivel freático (m)
P-1	-4,98	-0,21	No encontrado
P-2	-5,12	-0,25	No encontrado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Utilización de las pruebas de penetración

Tipo de penetrómetro	Principio de funcionamiento	Tipo de suelo más idóneo	Terreno en que es impracticable
Estático (CPT / CPTU UNE EN ISO 22476-1:2013)	Medición de la resistencia a la penetración de una punta y un vástago mediante presión constante.	Arcillas blandas, limos y arenas finas sueltas a medianamente densas.	Rocas, bolos, gravas, suelos muy compactos o cementados.
DPH (UNE EN ISO 22476-2:2008)	Medición de la resistencia a la penetración de una puntaza mediante golpeo con energía normalizada (maza de 63,5 kg y caída de 50 cm).	Arenas sueltas a compactas, limos arenosos y arcillas preconsolidadas.	Rocas, bolos, costras calizas, suelos fuertemente cementados.
DPSH (UNE EN ISO 22476-2:2008)	Ensayo dinámico pesado para medir la resistencia a la penetración de una punta mediante golpeo repetitivo.	Arenas medias a muy compactas, arcillas densas, gravas arenosas.	Rocas, bolos, conglomerados o materiales muy duros.

Fuente: Documento Básico Seguridad Estructural - Cimientos. CTE

4. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

4.1. PERFIL GEOLÓGICO

La finca “La Matilla” se encuentra en el término de Valladolid, dentro de la comunidad autónoma de Castilla y León. Desde el punto de vista geológico, se sitúa en la Cuenca Sedimentaria del Duero, justo en la zona de transición entre la Depresión del Duero y las primeras elevaciones de los Montes Torozos.

El paisaje que rodea la finca presenta una topografía suavemente ondulada, con lomas y pequeños valles que tienden a drenar hacia el norte y el este. Muy cerca se alzan los Montes Torozos, una formación de altiplanos compuestos por calizas y margas que destacan sobre las llanuras circundantes. Estos materiales, de origen terciario, se formaron durante el Mioceno en ambientes continentales, y están constituidos principalmente por calizas, margas y arcillas.

En la parte baja, donde se ubica la finca, el terreno está recubierto por depósitos más recientes, de época cuaternaria, compuestos por arcillas, limos y arenas finas. Estos sedimentos provienen de antiguos cauces fluviales y de procesos coluviales que arrastraron materiales desde las laderas de los Torozos. Su mezcla da lugar a suelos de textura media a fina, con buena capacidad para retener agua, aunque con una permeabilidad algo limitada por el predominio de arcillas. La escasa pendiente del terreno y la ausencia de nivel freático superficial favorecen su uso agrícola y la instalación de sistemas de riego.

En conjunto, se trata de un terreno geológicamente estable, con una base firme proporcionada por las formaciones terciarias y una cobertura superficial homogénea de materiales cuaternarios. No se observan rocas duras ni discontinuidades estructurales que puedan suponer un condicionante para el desarrollo de actividades agrícolas o la implantación de infraestructuras.

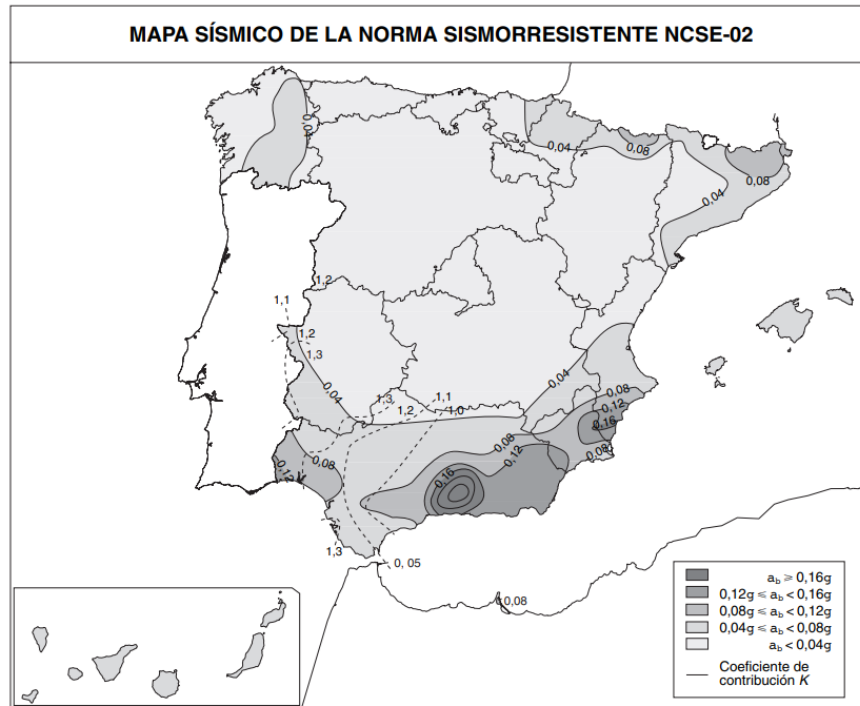
4.2. SISMICIDAD

La sismicidad es el estudio de la actividad sísmica, es decir, los terremotos o movimientos sísmicos, enfocado a una región específica. Como cabe esperar, dicha actividad puede acarrear consecuencias muy graves para las estructuras y sus cimentaciones, por lo que es importante analizar este peligro.

Existe una norma que cubre el territorio nacional denominada Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE - 02). Con esta norma podemos clasificar la peligrosidad de ocurrencia de movimientos sísmicos mediante su Mapa de

Peligrosidad Sísmica (Figura 1). Este mapa suministra la aceleración básica (a_b) en relación con la gravedad.

Ilustración 1: Mapa de Peligrosidad Sísmica



Fuente: Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE - 02)

Como se puede observar en el mapa, la actividad sísmica es baja ya que el valor de la aceleración básica es menor de 0,04g. Las construcciones quedan exentas de la exigencia de medidas especiales contra seísmos.

En el apartado de la norma de clasificación de edificaciones según su peligro para las personas en situación de derrumbe por terremoto, las infraestructuras contempladas en este proyecto se clasifican como de importancia moderada, es decir, que su peligro es nulo.

5. PROPUESTA DE CIMENTACIÓN

En base a las características geotécnicas del terreno descritas, se propone una solución de cimentación adaptada a las necesidades de la instalación agrícola prevista en la finca “La Matilla”, que incluye una caseta de riego, dos pivotes de riego y una zona destinada a paneles solares.

Para la caseta de riego, se plantea la ejecución de una solera de hormigón armado, reforzada con malla electrosoldada. Dado que el suelo presenta buena capacidad portante, con escasa pendiente y sin indicios de asentamientos diferenciales, esta solución resulta adecuada y eficiente. Se estima un espesor de 20 cm, suficiente para distribuir de forma uniforme las cargas de la estructura sobre el terreno.

En cuanto a los pivotes de riego, únicamente se requiere cimentación en el punto central de giro, donde se instalará una zapata de hormigón armado que garantice la estabilidad del sistema frente a esfuerzos de tracción y torsión. El resto del equipo se apoya directamente sobre el terreno, por lo que no se prevé la necesidad de cimentaciones adicionales, más allá de asegurar una correcta nivelación y compactación del suelo en el trazado del pivote.

Para la zona de paneles solares, se contempla la colocación de estructuras metálicas ancladas mediante micropilotes o zapatas superficiales, dependiendo del tipo de soporte elegido. La estabilidad del terreno y la ausencia de roca superficial permiten optar por soluciones sencillas, sin necesidad de excavaciones profundas. Se priorizará una orientación adecuada y una disposición que facilite el mantenimiento y la conexión con la caseta de riego.

6. PROGRAMA DE SUPERVISIÓN

Durante la fase de excavación para la cimentación de la caseta de riego, resulta imprescindible contar con una supervisión adecuada que permita verificar las condiciones reales del terreno. Es recomendable que la Dirección Facultativa esté supervise esta etapa para contrastar los datos obtenidos en los estudios previos con la realidad observada en campo, especialmente en lo referente a los perfiles estratigráficos.

Esta comprobación permitirá ajustar cualquier aspecto técnico que sea necesario, tomar decisiones fundamentadas sobre el tipo de cimentación y asegurar que la ejecución se realiza conforme a los criterios establecidos en el proyecto. Una supervisión rigurosa en este punto es clave para evitar imprevistos y garantizar la estabilidad y funcionalidad de la infraestructura a largo plazo.

En Valladolid, a 16 de febrero de 2026

Luis Álvarez Guillén

Alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

ANEJO VII: NECESIDADES HÍDRICAS

ANEJO VII. NECESIDADES HÍDRICAS

1. Introducción.....	1
2. Características de la finca	1
3. Necesidades hídricas.....	2
3.1. Necesidades netas.....	2
3.2. Cálculo de la ETc.....	3
3.3. Precipitación efectiva	4
3.4. Necesidades brutas	5
4. Calendario de riegos por cultivo.....	5
4.1. Nivel de agotamiento permisible	5
4.1.1. Cálculo del intervalo de humedad disponible (IHD)	6
4.1.2. Cálculo de la profundidad efectiva de las raíces	7
4.2. Calendario de riego de la patata	10
4.3. Calendario de riego del trigo blando	11
4.4. Calendario para el girasol	12
4.5. Calendario de riego para la alfalfa	13
4.6. Dosis bruta y número de riegos	14
4.7. Volumen regado	15

1. INTRODUCCIÓN

Para conseguir una eficiencia hídrica óptima se necesita conocer cuánto agua requiere el cultivo para conseguir su máxima producción. Para ello recurrimos al cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc), que representa las pérdidas de agua por medio de evaporación de agua del suelo y transpiración del cultivo.

Según la FAO determina las necesidades de agua mediante la diferencia entre la ETc y la precipitación efectiva (Pe), es decir, realizando un balance entre la salida de agua y la entrada. Seguiremos dicha metodología, calculando tanto la ETc como la Pe para cada cultivo.

También estableceremos el nivel de déficit de agua máximo en el suelo previo a la reducción significativa del rendimiento del cultivo, llamado NAP (Nivel de Agotamiento Permisible). Por medio de este nivel estableceremos el momento de riego, y además fijaremos la dosis.

Todos estos aspectos se desarrollarán en el presente anejo.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA FINCA

La explotación agraria objeto de estudio se localiza en la finca “La Matilla”, situada en el término municipal de Valladolid. La superficie total de la finca es de 122,16 ha, de las cuales 121,4 ha se destinan a cultivo agrícola en régimen de secano.

En este proyecto se plantea la instalación de dos pivots que cubran la parte sureste de dicha finca instaurando una nueva rotación de cultivos que se aproveche mejor del regadío.

El terreno presenta una topografía prácticamente llana, con una ligera pendiente uniforme que favorece el drenaje natural y simplifica la distribución del riego. No existen elementos orográficos relevantes ni obstáculos que provoquen sombras significativas sobre las parcelas. Los principales elementos improductivos son una nave agrícola, los caminos de acceso internos y las líneas de alta tensión que atraviesan la finca.

El nuevo área de regadío albergará dos sectores, uno por pivot, en cada uno de los cuales se seguirá la rotación de manera que se evite la coincidencia de los cultivos.

El agua proviene de un pozo ya excavado en la parte superior de la parcela en la zona central. Se ha tomado un análisis de agua de una explotación cercana como referencia.

La rotación propuesta, basada en criterios agronómicos, hidrológicos y económicos que sigue el siguiente esquema: Patata - trigo blando - girasol - alfalfa

(3 años). Para cada uno de los cuales se realizará un estudio de sus necesidades hídricas y planificación de su calendario de riego.

3. NECESIDADES HÍDRICAS

Las necesidades hídricas de los cultivos dependen de múltiples factores, entre los que destacan el tipo de cultivo, la etapa fenológica, las condiciones climáticas locales, y las características del suelo. Estos valores se verán además condicionados por la disponibilidad de agua del pozo, la eficiencia del sistema de riego por pivot y la duración del ciclo de cada cultivo.

A continuación, se presentan estimaciones generales de las necesidades de agua de los cultivos establecidos en la rotación propuesta (Patata - Trigo blando - Girasol - Alfalfa), considerando las condiciones climáticas medias de la provincia de Valladolid:

Patata industrial: Es un cultivo de alta demanda hídrica, especialmente sensible a los déficits durante la fase de tuberización. Sus necesidades totales se sitúan entre 600 y 750 mm de agua por ciclo.

Trigo blando (cereal de invierno): Presenta una demanda moderada, con un consumo total aproximado de 400 a 600 mm, concentrado principalmente durante el encañado y el llenado del grano.

Girasol: Es una oleaginosa adaptada a condiciones de menor disponibilidad de agua, con buena tolerancia al estrés hídrico gracias a su sistema radicular profundo. Sus necesidades hídricas se estiman entre 350 y 500 mm por ciclo.

Alfalfa (cultivo plurianual de tres años): Debido a su elevada producción de biomasa, la alfalfa presenta altas necesidades hídricas, con un requerimiento anual de entre 800 y 1.000 mm, repartidos a lo largo de varios cortes. No obstante, su sistema radicular profundo le permite aprovechar el agua del perfil del suelo en periodos de menor disponibilidad.

3.1. NECESIDADES NETAS

Para obtener resultados más precisos, se realizará el cálculo de las necesidades hídricas netas (N_n) mediante la metodología FAO, que se basa en el balance entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la precipitación efectiva (Pe), según la siguiente expresión:

$$N_n = ET_c - Pe$$

ET_c (Evapotranspiración del cultivo) representa la cantidad de agua que se evapora del suelo y se transpira por las plantas durante un periodo determinado.

Pe (Precipitación efectiva) es la fracción de la lluvia total que resulta realmente aprovechable por el cultivo.

3.2. CÁLCULO DE LA ETc

La evapotranspiración del cultivo se compone de dos factores, la ETo y el coeficiente Kc del cultivo. El producto de estos dos factores nos da la ETc:

$$ETc = ETo \times Kc$$

La ETo (Evapotranspiración de referencia) es la cantidad de agua que evapora y transpira una superficie de referencia cubierta por un césped bien regado, de altura corta (unos 12 cm), en condiciones óptimas de crecimiento, sin limitaciones de agua.

El Kc (Coeficiente de cultivo) es un valor único de cada cultivo que indica en que proporción el cultivo transpira y permite la evaporación del suelo. A mayor kc, mayor es la evapotranspiración del cultivo y, por tanto, las necesidades hídricas son mayores.

La FAO utiliza el método Penman-Monteith para el cálculo de la ETo. Este método se basa en parámetros de temperatura, humedad relativa del aire, velocidad del viento, radiación y precipitación.

A través de un registro histórico de datos climáticos de Valladolid de la plataforma Inforriego se ha estimado la ETo mensual que aparece en la siguiente tabla.

Tabla 1: ETo mensual en Valladolid

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETo (mm/día)	0,85	1	1,8	2,6	3,8	4,9	5,6	4,8	3,2	2	1,1	0,9
ETo (mm/mes)	26,35	28	55,8	78	117,8	147	173,6	148,8	96	62	33	27,9

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por la plataforma Inforriego.

Para la Kc acudimos al manual FAO 56 (2025). En este manual encontramos valores actualizados y fiables de los coeficientes de los cultivos. Los valores se observan como Kc ini, Kc med y Kc fin, que corresponden a los coeficientes de cultivo para sus fases de desarrollo inicial, medio y final respectivamente.

Tabla 2: Coeficientes de cultivo de la rotación propuesta

Cultivo	Kc ini	Kc med	Kc fin
Patata (Ciclo largo)	0,50	1,10	0,40
Trigo blando	0,30	1,15	0,25
Girasol linoleico	0,35	1,15	0,30
Alfalfa para forraje	0,50	1,20	1,15

Fuente: “Evapotranspiración de los cultivos”. Manual FAO 56, (Versión actualizada 2025).

Ahora necesitamos conocer la duración de cada etapa para cada cultivo. FAO 56 también nos proporciona dicha información para distintas zonas climáticas. Escogiendo las zonas climáticas más similares a las del proyecto en la zona de Valladolid obtenemos los siguientes datos:

Tabla 3: Duración etapas de desarrollo del cultivo

Cultivo	Duración etapa de desarrollo del cultivo (días)			
	Fase inicial	Desarrollo	Fase media	Fase final
Patata	30	35	50	30
Trigo de invierno	30	140	40	30
Girasol	25	35	45	25
Alfalfa (1er corte)	10	30	25	10
Alfalfa (otros cortes)	5	20	10	10

Fuente: “Evapotranspiración de los cultivos” Manual FAO 56.

Con estos datos y las fechas de siembra a podemos realizar el cálculo aproximado de la ETc. Las fechas de siembra que tomaremos serán las siguientes:

Tabla 4: Fecha de siembra y cosecha aproximadas de cada cultivo de la propuesta

Cultivo	Variedad	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Días de ciclo
Patata	Agria	10 de abril	2 de septiembre	145
Trigo blando	LG Machado	1 de noviembre	28 de junio	240
Girasol	Artístic	25 de abril	2 de septiembre	130
Alfalfa	Tierra de Campos	15 de marzo	29 de mayo*	75

*Fecha primer corte, el resto de cortes siguen un ciclo de 45 días.

Fuente: Elaboración propia. Estimación realista.

3.3. PRECIPITACIÓN EFECTIVA

Para completar el cálculo de las necesidades hídricas necesitamos estimar las precipitaciones mensuales utilizando un año tipo. Para ello acudimos al Anejo 1 (Tabla 8. “Resumen de precipitaciones”) y extraemos la media mensual de las precipitaciones presentada en la siguiente tabla:

Tabla 5: Precipitaciones medias mensuales año tipo.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pm (mm)	41,1	24,6	31,6	44,2	44,6	32,9	14,0	16,9	30,1	58,3	50,5	46,6

Fuente: Elaboración propia. Anejo 1 (Tabla 8).

Se establece que del total de agua de lluvia solo el 80% llega a almacenarse en el suelo, debido a ciertas pérdidas como la escorrentía superficial. Por lo que la precipitación efectiva mensual es la siguiente:

Tabla 6: Precipitación efectiva año tipo

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pe (mm)	32,8	19,7	25,3	35,4	35,7	26,3	11,2	13,5	24,1	46,6	40,4	37,3

Fuente: Elaboración propia. Anejo 1 (Tabla 8).

3.4. NECESIDADES BRUTAS

Las necesidades de agua se pueden expresar como necesidades netas (Nn), que son las que se calculan con el balance entre ETc y la Pe, y como necesidades brutas (Nb), teniendo en cuenta la eficiencia de aplicación del sistema de riego (Ea).

Este enfoque nos hace ver de manera más clara la dosis real que se deberá aplicar sobre el cultivo en cuestión. La fórmula de la que se sirve es la siguiente:

$$Nb = Nn / Ea$$

Para la aplicación de riego mediante pivot con un buen diseño y condiciones favorables se estiman eficiencias del 90 %.

4. CALENDARIO DE RIEGOS POR CULTIVO

El calendario de riego es la herramienta para prever la época del año donde se necesite riego y su frecuencia. El objetivo es mantener cierto equilibrio hídrico en el suelo para que la planta no sufra estrés hídrico y así poder mantener un rendimiento de cosecha óptimo.

Para mantener este equilibrio es necesario establecer unos niveles máximos de agotamiento denominado nivel de agotamiento permisible o NAP. El agua en el suelo va bajando a medida que la evapotranspiración continua y no hay aportes. La parte de suelo que se va vaciando se denomina déficit de agua en el suelo o DAS.

La estrategia es establecer un NAP elevado, por encima del nivel de reducción de rendimientos, para tener un margen de reserva de agua en caso de haber algún imprevisto operativo y asegurar una disponibilidad de agua constante. Además, de esta manera la tensión de succión de la raíz será menor.

Se regará cuando DAS sea igual a NAP (Riego: DAS = NAP).

4.1. NIVEL DE AGOTAMIENTO PERMISIBLE

En este apartado se explica cómo se obtiene el nivel de agotamiento permisible de los cultivos y otros parámetros relacionados con éste. Para empezar, el cálculo de este parámetro se basa en la siguiente fórmula:

$$NAP = IHD \times PR \times f$$

Los factores de esta ecuación son:

- IHD: Intervalo de humedad disponibles (mm)
- PR: Profundidad de las raíces (m)
- f: coeficiente de permisibilidad de descenso de la humedad en función del valor del cultivo. En nuestra rotación no hay cultivos de gran valor, pero aún así tomaremos un valor algo bajo de 0,6.

Tanto el intervalo de humedad disponible (IHD) como la profundidad de raíz (Pr) los analizaremos en los siguientes apartados.

4.1.1. Cálculo del intervalo de humedad disponible (IHD)

El Intervalo de humedad disponible es la cantidad de agua en el suelo que las raíces pueden utilizar en función de su concentración. Este intervalo abarca desde capacidad de campo (CC), límite de superior de agua retenida por el suelo una vez toda el agua gravitacional a drenado, hasta el punto de marchitez (PM), punto límite inferior de no retorno a partir del cual las raíces no son capaces de absorber agua.

Para calcular este intervalo se ha de conocer las características del suelo y utilizar la siguiente fórmula:

$$IHD = (\%CC - \%PM) \times Da \times 10$$

$$\%CC = (0,48 \times \% \text{ Arcilla}) + (0,162 \times \% \text{ Limo}) + (0,023 \times \% \text{ Arena})$$

$$\%PM = (0,302 \times \% \text{ Arcilla}) + (0,102 \times \% \text{ Limo}) + (0,0147 \times \% \text{ Arena})$$

Recurriendo al anejo 1 obtenemos la información referente al análisis de suelos que nos permite operar.

Tabla 7: Características del suelo

Parámetro	Resultado	Unidades
Arena	49,0	%
Limo	15,10	%
Arcilla	35,9	%
Densidad aparente (Da)	1,35	t/m ³

Fuente: Elaboración propia. Anejo 1 (Tabla 17).

Procedemos al cálculo de las fórmulas sustituyendo los valores:

$$\%CC = (0,48 \times 35,9\%) + (0,162 \times 15,1\%) + (0,023 \times 49,0\%) = 0,207 = 20,7 \%$$

$$\%PM = (0,302 \times 35,9\%) + (0,102 \times 15,1\%) + (0,0147 \times 49,0\%) = 0,136 = 13,6 \%$$

$$IHD = (20,7\% - 13,6\%) \times 1,35 \times 10 = 95,9 \text{ mm}$$

4.1.2. Cálculo de la profundidad efectiva de las raíces

La profundidad efectiva de la raíz (PR) se refiere a la capa del suelo donde la mayor parte del sistema radicular está activa y puede absorber agua y nutrientes. Esta profundidad varía a lo largo del desarrollo del cultivo, modificando también el intervalo de humedad disponible. Para calcularla se acude a la siguiente fórmula:

$$PR = PR \text{ mín} + ((PR \text{ máx} - PR \text{ mín}) \times PRf)$$

Los datos necesarios en esta fórmula son:

- PR mín y PR máx son la profundidad de la raíz mínima al principio de su desarrollo (=profundidad de siembra) y máxima al final. Este valor es facilitado por el manual FAO 56.
- PRf es el factor de crecimiento de las raíces que se calcula de forma independiente por medio de la siguiente fórmula:

$$PRf = t / te - m$$

Donde t es el tiempo desde la emergencia y te-m es el tiempo desde la emergencia hasta el final del desarrollo.

La siguiente tabla recoge los valores máximos y mínimos de profundidad de la raíz, es decir, PR mín y PR máx. Estos valores son aproximaciones coherentes con las indicaciones del manual FAO 56.

Tabla 8: Valores límites de la profundidad de raíz de los cultivos

Cultivo	PR mín (m)	PR máx (m)
Patatas	0,10	0,6
Trigo blando	0,03	1,7
Girasol	0,05	1,3
Alfalfa	0,02	2

Fuente: Elaboración propia. Estimación en base a los valores proporcionados por FAO 56.

Tomando en consideración las tablas de información elaboradas (Tabla 4 y Tabla 8), procedemos a desarrollar los cálculos para conocer la profundidad efectiva (PR) en cada momento del desarrollo fenológico de la planta. De esta manera podremos establecer el intervalo de humedad disponible a lo largo del ciclo y así implantar un calendario de riego adecuado.

Tabla 9: Profundidad de raíz de la patata lo largo del ciclo

Patata	Abril		Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
t	10	20	30	40	51	61	71	81	91	101	112	122	132	143	145
te-m	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
PRf	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84	0,91	0,99	1,00
PR (m)	0,13	0,17	0,20	0,24	0,28	0,31	0,34	0,38	0,41	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	0,60

Tabla 10: Profundidad de la raíz del trigo a lo largo del ciclo

Trigo	Noviembre			Diciembre			Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
t	10	20	30	40	50	61	71	81	92	101	110	120	130	140	151	161	171	181	191	201	212	222	232	240
te-m	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
PRf	0,04	0,08	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58	0,63	0,67	0,71	0,75	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,00
PR (m)	0,10	0,17	0,24	0,31	0,38	0,45	0,52	0,59	0,67	0,73	0,80	0,87	0,93	1,00	1,08	1,15	1,22	1,29	1,36	1,43	1,51	1,57	1,64	1,70

Tabla 11: Profundidad de la raíz del girasol a lo largo del ciclo

Girasol	Abril	Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
t	5	15	25	36	46	56	66	76	86	97	107	117	128	130
te-m	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
PRf	0,04	0,12	0,19	0,28	0,35	0,43	0,51	0,58	0,66	0,75	0,82	0,90	0,98	1,00
PR (m)	0,10	0,19	0,29	0,40	0,49	0,59	0,68	0,78	0,88	0,98	1,08	1,18	1,28	1,30

Tabla 12: Profundidad de la raíz de la alfalfa a lo largo del ciclo (1)

Alfalfa	Marzo		Abril			Mayo			Junio			Julio		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
t	5	16	26	36	46	56	66	77	87	97	107	117	127	138
te-m*	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
PRf	0,02	0,06	0,10	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54
PR (m)	0,06	0,14	0,22	0,30	0,38	0,45	0,53	0,62	0,70	0,77	0,85	0,93	1,01	1,09

Tabla 13: Profundidad de la raíz de la alfalfa a lo largo del ciclo (2)

Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
148	158	169	179	189	199	209	219	230	240	250	255
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,98	1,00
1,17	1,25	1,33	1,41	1,49	1,57	1,64	1,72	1,81	1,88	1,96	2,00

*El tiempo desde siembra hasta cosecha en la alfalfa equivale a los días hasta el 5º corte, tomando este punto como momento de desarrollo máximo de la raíz.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en el Punto 4.1 “Nivel de agotamiento permisible”.

4.2. CALENDARIO DE RIEGO DE LA PATATA

Tabla 14: Calendario de riego para la patata

PATATA		Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Pe (mm)	IHD (mm)	PR (m)	f	NAP (mm)	DAS (mm/10 días)	Das acumulado (mm)	Riego	Nn (mm)	Db (mm)
Abril	2	26,0	0,5	13,0	11,8	95,9	0,1	0,6	7,7	1,2	1,2			
	3	30,4	0,5	15,2	11,8	95,9	0,2	0,6	9,7	3,4	4,6			
Mayo	1	34,8	0,5	17,4	11,9	95,9	0,2	0,6	11,7	5,5	10,1			
	2	39,3	0,6	24,3	11,9	95,9	0,2	0,6	13,7	12,4	22,6	x	22,6	25,1
	3	42,5	0,7	31,5	11,9	95,9	0,3	0,6	15,9	19,6	19,6	x	19,6	21,7
Junio	1	45,8	0,9	39,3	8,8	95,9	0,3	0,6	17,9	30,6	30,6	x	30,6	34,0
	2	49,0	1,0	48,0	8,8	95,9	0,3	0,6	19,8	39,3	39,3	x	39,3	43,6
	3	52,0	1,1	57,2	8,8	95,9	0,4	0,6	21,8	48,4	48,4	x	48,4	53,8
Julio	1	54,9	1,1	60,4	3,7	95,9	0,4	0,6	23,8	56,7	56,7	x	56,7	63,0
	2	57,9	1,1	63,7	3,7	95,9	0,4	0,6	25,8	59,9	59,9	x	59,9	66,6
	3	55,1	1,1	60,6	3,7	95,9	0,5	0,6	28,0	56,9	56,9	x	56,9	63,2
Agosto	1	52,4	1,1	57,6	4,5	95,9	0,5	0,6	30,0	53,1	53,1	x	53,1	59,0
	2	49,6	0,9	43,0	4,5	95,9	0,6	0,6	31,9	38,5	38,5	x	38,5	42,8
	3	43,7	0,6	27,7	4,5	95,9	0,6	0,6	34,1	23,2	23,2			
Septiembre	1	37,9	0,4	15,1	8,0	95,9	0,6	0,6	34,5	7,1	30,3			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en el anejo.

4.3. CALENDARIO DE RIEGO DEL TRIGO BLANDO

Tabla 15: Calendario de riego para el trigo

TRIGO		Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Pe (mm)	IHD (mm)	PR (m)	f	NAP (mm)	DAS (mm/10 días)	Das acumulado (mm)	Riego	Nn (mm)	Db (mm)
Noviembre	1	14,2	0,3	4,3	13,5	95,9	0,1	0,6	5,7	-9,2	0,0			
	2	11,0	0,3	3,3	13,5	95,9	0,2	0,6	9,7	-10,2	0,0			
	3	10,4	0,3	3,1	13,5	95,9	0,2	0,6	13,7	-10,3	0,0			
Diciembre	1	9,9	0,4	3,6	12,4	95,9	0,3	0,6	17,7	-8,9	0,0			
	2	9,3	0,4	3,9	12,4	95,9	0,4	0,6	21,7	-8,5	0,0			
	3	9,1	0,5	4,4	12,4	95,9	0,5	0,6	26,1	-8,0	0,0			
Enero	1	9,0	0,5	4,9	10,9	95,9	0,5	0,6	30,2	-6,1	0,0			
	2	8,8	0,6	5,3	10,9	95,9	0,6	0,6	34,2	-5,6	0,0			
	3	9,0	0,7	6,0	10,9	95,9	0,7	0,6	38,6	-5,0	0,0			
Febrero	1	9,2	0,7	6,6	6,6	95,9	0,7	0,6	42,2	0,1	0,1			
	2	9,3	0,8	7,3	6,6	95,9	0,8	0,6	45,8	0,8	0,8			
	3	12,4	0,8	10,5	6,6	95,9	0,9	0,6	49,8	3,9	4,8			
Marzo	1	15,5	0,9	14,1	8,4	95,9	0,9	0,6	53,8	5,6	10,4			
	2	18,6	1,0	18,0	8,4	95,9	1,0	0,6	57,8	9,6	20,0			
	3	21,1	1,0	21,7	8,4	95,9	1,1	0,6	62,2	13,2	33,2			
Abril	1	23,5	1,1	25,6	11,8	95,9	1,2	0,6	66,2	13,8	47,1			
	2	26,0	1,2	29,9	11,8	95,9	1,2	0,6	70,2	18,1	65,2			
	3	30,4	1,2	35,0	11,8	95,9	1,3	0,6	74,2	23,2	88,3	x	88,3	98,2
Mayo	1	34,8	1,2	40,1	11,9	95,9	1,4	0,6	78,2	28,2	28,2			
	2	39,3	1,2	45,2	11,9	95,9	1,4	0,6	82,2	33,3	61,4			
	3	42,5	1,2	48,9	11,9	95,9	1,5	0,6	86,6	37,0	98,4	x	98,4	109,4
Junio	1	45,8	0,9	38,9	8,8	95,9	1,6	0,6	90,6	30,1	30,1			
	2	49,0	0,5	26,9	8,8	95,9	1,6	0,6	94,6	18,2	48,3			
	3	52,0	0,3	13,0	8,8	95,9	1,7	0,6	95,9	4,2	52,5			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en el anejo.

4.4. CALENDARIO PARA EL GIRASOL

Tabla 16: Calendario de riego para el girasol

GIRASOL		Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Pe (mm)	IHD (mm)	PR (m)	f	NAP (mm)	DAS (mm/10 días)	Das acumulado (mm)	Riego	Nn (mm)	Db (mm)
Abril	3	30,4	0,4	10,6	11,8	95,9	0,1	0,6	5,6	-1,2	0,0			
Mayo	1	34,8	0,4	12,2	11,9	95,9	0,2	0,6	11,2	0,3	0,3			
	2	39,3	0,4	13,7	11,9	95,9	0,3	0,6	16,7	1,8	2,1			
	3	42,5	0,6	23,4	11,9	95,9	0,4	0,6	22,8	11,5	13,6			
Junio	1	45,8	0,8	34,3	8,8	95,9	0,5	0,6	28,3	25,6	39,2	x	39,2	43,5
	2	49,0	1,0	46,6	8,8	95,9	0,6	0,6	33,9	37,8	37,8	x	37,8	42,0
	3	52,0	1,2	59,7	8,8	95,9	0,7	0,6	39,4	51,0	51,0	x	51,0	56,6
Julio	1	54,9	1,2	63,1	3,7	95,9	0,8	0,6	44,9	59,4	59,4	x	59,4	66,0
	2	57,9	1,2	66,5	3,7	95,9	0,9	0,6	50,5	62,8	62,8	x	62,8	69,8
	3	55,1	1,2	63,4	3,7	95,9	1,0	0,6	56,5	59,6	59,6	x	59,6	66,3
Agosto	1	52,4	1,2	60,2	4,5	95,9	1,1	0,6	62,1	55,7	55,7			
	2	49,6	0,9	43,0	4,5	95,9	1,2	0,6	67,6	38,5	94,2	x	94,2	104,7
	3	43,7	0,6	25,5	4,5	95,9	1,3	0,6	73,7	21,0	21,0			
Septiembre	1	37,9	0,3	11,4	8,0	95,9	1,3	0,6	74,8	3,3	24,3			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en el anejo.

4.5. CALENDARIO DE RIEGO PARA LA ALFALFA

Tabla 17: Calendario de riego para la alfalfa

ALFALFA		Eto (mm)	kc	Etc (mm)	Pe (mm)	IHD (mm)	PR (m)	f	NAP (mm)	DAS (mm/10 días)	Das acumulado (mm)	Riego	Nn (mm)	Db (mm)
Marzo	2	18,6	0,5	9,3	8,4	95,9	0,1	0,6	3,4	0,9	0,9			
	3	21,1	0,7	14,2	8,4	95,9	0,1	0,6	8,3	5,8	6,7			
Abril	1	23,5	0,9	20,0	11,8	95,9	0,2	0,6	12,8	8,2	14,9	x	14,9	16,5
	2	26,0	1,0	26,7	11,8	95,9	0,3	0,6	17,2	14,9	14,9			
	3	30,4	1,2	36,5	11,8	95,9	0,4	0,6	21,7	24,7	39,6	x	39,6	44,0
Mayo	1	34,8	1,2	41,8	11,9	95,9	0,5	0,6	26,2	29,9	29,9	x	29,9	33,2
	2	39,3	1,2	45,2	11,9	95,9	0,5	0,6	30,6	33,3	33,3	x	33,3	37,0
	3	42,5	0,7	31,2	11,9	95,9	0,6	0,6	35,6	19,3	19,3			
Junio	1	45,8	1,0	44,2	8,8	95,9	0,7	0,6	40,0	35,5	54,9	x	54,7	60,8
	2	49,0	1,2	58,8	8,8	95,9	0,8	0,6	44,5	50,0	50,0	x	50,0	55,6
	3	52,0	1,2	59,7	8,8	95,9	0,9	0,6	49,0	51,0	51,0	x	51,0	56,6
Julio	1	54,9	0,5	27,5	3,7	95,9	0,9	0,6	53,4	23,7	23,7			
	2	57,9	0,7	42,4	3,7	95,9	1,0	0,6	57,9	38,7	62,4	x	62,4	69,4
	3	55,1	1,0	53,3	3,7	95,9	1,1	0,6	62,8	49,5	49,5			
Agosto	1	52,4	1,2	62,8	4,5	95,9	1,2	0,6	67,3	58,3	107,9	x	107,9	119,9
	2	49,6	1,2	57,0	4,5	95,9	1,2	0,6	71,7	52,5	52,5			
	3	43,7	0,5	21,9	4,5	95,9	1,3	0,6	76,7	17,4	69,9			
Septiembre	1	37,9	0,7	27,8	8,0	95,9	1,4	0,6	81,1	19,7	89,6	x	89,6	99,6
	2	32,0	1,0	30,9	8,0	95,9	1,5	0,6	85,6	22,9	22,9			
	3	28,2	1,2	33,9	8,0	95,9	1,6	0,6	90,1	25,8	48,7			
Octubre	1	24,4	1,2	28,1	15,5	95,9	1,6	0,6	94,5	12,6	61,3			
	2	20,7	0,5	10,3	15,5	95,9	1,7	0,6	99,0	-5,2	56,1			
	3	17,4	0,7	12,8	15,5	95,9	1,8	0,6	103,9	-2,7	53,4			
Noviembre	1	14,2	1,0	13,7	13,5	95,9	1,9	0,6	108,4	0,3	53,7			
	2	11,0	1,2	13,2	13,5	95,9	2,0	0,6	112,8	-0,3	53,4			
	3	10,4	1,2	12,0	13,5	95,9	2,0	0,6	115,1	-1,5	51,9			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en el anejo.

4.6. DOSIS BRUTA Y NÚMERO DE RIEGOS

En la siguiente tabla se recoge una estimación de la dosis bruta por cultivo, es decir, la cantidad de agua que tiene que regarse. Además, se facilita el número mínimo orientativo de riegos que se debe dar para evitar el estrés hídrico.

Tabla 18: Números de riego mínimos por cultivo y dosis total de riego

PATATA	Nn (mm)	Db (mm)	NAP (mm)	Nº Riegos	Dosis/riego
	22,6	25,1	13,7	2	12,5
	19,6	21,7	15,9	2	10,9
	30,6	34,0	17,9	2	17,0
	39,3	43,6	19,8	2	21,8
	48,4	53,8	21,8	3	17,9
	56,7	63,0	23,8	3	21,0
	59,9	66,6	25,8	3	22,2
	56,9	63,2	28,0	3	21,1
	53,1	59,0	30,0	2	29,5
	38,5	42,8	31,9	2	21,4
TOTAL	425,4	472,7	-	24	-
TRIGO	Nn (mm)	Db (mm)	NAP (mm)	Nº Riegos	Dosis/riego
	88,3	98,2	74,2	2	49,1
	98,4	109,4	86,6	2	54,7
TOTAL	186,8	207,5	-	4	-
GIRASOL	Nn (mm)	Db (mm)	NAP (mm)	Nº Riegos	Dosis/riego
	39,2	43,5	28,3	2	21,8
	37,8	42,0	33,9	2	21,0
	51,0	56,6	39,4	2	28,3
	59,4	66,0	44,9	2	33,0
	62,8	69,8	50,5	2	34,9
	59,6	66,3	56,5	2	33,1
	94,2	104,7	67,6	2	52,3
TOTAL	404,0	448,9	-	14	-
ALFALFA	Nn (mm)	Db (mm)	NAP (mm)	Nº Riegos	Dosis/riego
	14,9	16,5	12,8	2	8,3
	39,6	44,0	21,7	2	22,0
	29,9	33,2	26,2	2	16,6
	33,3	37,0	30,6	2	18,5
	54,7	60,8	40,0	2	30,4
	50,0	55,6	44,5	2	27,8
	51,0	56,6	49,0	2	28,3
	62,4	69,4	57,9	2	34,7
	107,9	119,9	67,3	2	59,9
	89,6	99,6	81,1	2	49,8
TOTAL	533,2	592,5	-	20	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en el anejo.

4.7. VOLUMEN REGADO

El volumen de riego representa la cantidad total de agua aplicada anualmente en cada pivot, calculada a partir de la dosis bruta de riego (Db) por cultivo. La dosis se expresa en mm, y su equivalente en m³/ha se obtiene multiplicando por 10 (1 mm = 10 m³/ha). Considerando la superficie cubierta por cada pivot, se calcula el volumen anual total de riego (m³) para cada cultivo. La tabla siguiente muestra estos valores separados para Pivot 1 y Pivot 2, debido a que sus superficies son diferentes.

Tabla 19: Volumen de agua de riego por cultivo

Cultivo	Db (mm)	Vol (m ³ /ha)	Pivot 1*	Pivot 2*
			m ³ /año	m ³ /año
Patata	473	4727	134.607	85.730
Trigo blando	208	2075	59.093	37.636
Girasol linoleico	449	4489	127.832	81.415
Alfalfa forrajera	593	5925	168.728	107.461

*Las superficies de cada pivot se obtienen en el Anejo VIII "Ingeniería de las obras".

Pivot 1 = 28,5 ha Pivot 2 = 18,1 ha

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en el anejo.

ANEJO VIII: INGENIERÍA DE LAS OBRAS

ÍNDICE ANEJO VIII. INGENIERÍA DE LAS OBRAS

1.	Introducción.....	1
2.	Ingeniería del riego.....	1
2.1.	Características de la red de riego	1
2.1.1.	Sistema de riego.....	1
2.1.2.	El riego en la finca.....	2
2.1.3.	Características de los pivots	3
2.1.4.	Características de los emisores	4
2.1.5.	Características de la captación (pozo)	5
2.1.6.	Características de la conducción	6
2.1.7.	Elementos de seguridad, control y registro	6
2.1.7.1.	Válvulas	6
2.1.7.2.	Ventosas	8
2.1.7.3.	Manómetro.....	8
2.1.7.4.	Contador.....	8
2.1.8.	Características del cabezal de riego	9
2.2.	Cálculo del sistema de riego	9
2.2.1.	Caudal de diseño	10
2.2.2.	Pluviometría máxima en el extremo	10
2.2.3.	Velocidad de avance.....	11
2.2.4.	Dosis de riego	12
2.2.5.	Carta del pivot.....	14
2.2.6.	Presión a la entrada del pivot	16
2.3.	Cálculo de la red de impulsión	18
2.3.1.	Dimensionado de tuberías y pérdidas de carga.....	18
2.3.2.	Sistema de filtrado	22
2.3.3.	Dimensionamiento de las bombas	23
2.3.3.1.	Bomba de la captación.....	24
2.3.3.2.	Bomba Pivot 1.....	27
2.3.3.3.	Bomba Pivot 2.....	30
2.4.	Balsa de riego	33
2.5.	Generación de energía.....	34

2.5.1.	Campo fotovoltaico	35
2.5.1.1.	Elección del módulo	35
2.5.1.2.	Potencia producida.....	35
2.5.1.3.	Inversor	37
2.5.1.4.	Configuración de los strings.....	38
2.5.1.5.	Disposición en campo	39
2.5.2.	Grupo electrógeno.....	40
2.6.	Conducción eléctrica	41
2.7.	Caseta de riego	42

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente proyecto es transformar una parcela de secano a regadío con la intención de aumentar la producción de la explotación. Este sistema tiene que diseñarse del modo más eficiente posible a nivel energético, a nivel de uso de agua y cobertura de la parcela. Esto implica un uso óptimo de los recursos, así como de la superficie disponible.

La opción analizada que más se adecúa a los requisitos del promotor y a las condiciones de la finca es el pivot de riego. Este sistema nos permite alcanzar una gran eficiencia de riego, con una alta uniformidad y baja presión de trabajo. Además, permite una buena automatización que consigue mejorar la calidad de vida del agricultor.

La fuente de agua principal es un pozo ya construido que se sitúa en la parte noroeste de la parcela, en la zona central. Esto a pesar de ser un ahorro para el proyecto, ya que lo exime de perforaciones, es a su vez un condicionante. Puesto que la distancia al pozo de uno de los pivots es excesivamente grande se han buscado posibles soluciones. Finalmente se ha determinado la necesidad de construir una balsa que se nutra del agua impulsada por la bomba de toma de agua, y posteriormente dos bombas de menor potencia que suministren el agua de la balsa a los pivots.

La fuente de energía de la que se sirve el sistema es el sol. Mediante placas solares que se instalaran en la finca conseguiremos nutrir de energía eléctrica al sistema de manera económica y ecológica. Para aumentar la capacidad operativa, se instalará un grupo electrógeno que permita nutrir al sistema de energía cuando no disponga de energía solar.

En este anejo veremos el análisis y diseño correspondiente a todos los elementos que participen en sistema de riego, mostrando sus características y realizando los cálculos necesarios para su implantación.

2. INGENIERÍA DEL RIEGO

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE RIEGO

2.1.1. Sistema de riego

El riego por aspersión se sirve de agua a presión para repartir a través de difusores el riego en forma de gotas imitando la lluvia. En nuestro caso necesitamos una unidad de impulsión que consiga aportar energía cinética al agua, aunque existen otros casos que se sirven de la energía potencial para regar gracias a la fuerza de la gravedad.

Además de la unidad de impulsión conocida como bomba hidráulica, necesitamos una red de conducción que distribuya el agua a los emisores. Los emisores se encargan de distribuir el agua que le llega a presión, con la cual se consigue generar gotas y repartirlas en una determinada área de acción.

En el caso del pivot, los difusores se encuentran en una tubería elevada, apoyada sobre unas torres móviles. La tubería se prolonga sección a sección, desde una torre central fija hasta el final de la tubería, dependiendo su longitud de tantas secciones de tubería y correspondientes torres de apoyo como se precise.

La tubería pivota, desplazándose, dibujando un círculo o un sector (si no llega a completar el círculo) alrededor del pivot central. El caudal que emiten los difusores es constante, por lo que la dosis se regula ajustando la velocidad de desplazamiento.

El desplazamiento de las torres se hace de forma individual. La torre del extremo es la que condiciona al resto, generando un efecto en cascada. Cuando se genera cierto desalineamiento entre la última y penúltima torre, la penúltima torre avanza hasta alinearse de nuevo y así sucesivamente con el resto de las torres.

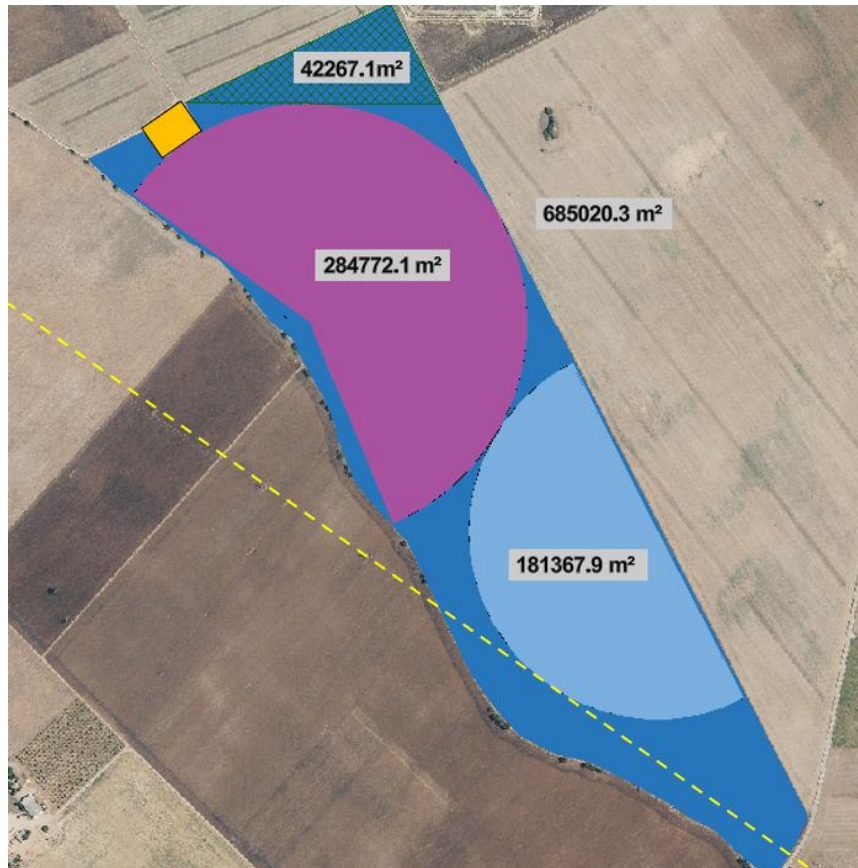
En cuanto a la automatización del sistema, existen dispositivos programables y con sensores GPS que se pueden instalar en la última torre con los que se puede ubicar y programar la posición y el avance del pivot.

2.1.2. El riego en la finca

La parcela en la que queremos instalar los pivots consta de 68,5 ha. Con un diseño minucioso y adecuado a las características de la parcela conseguimos regar 46,6 ha, un 68% de la superficie disponible. Aunque sea un porcentaje bajo, se propone anexar parte de la parcela de estudio al resto de la superficie de cultivo en secano de la explotación. De este modo la superficie de uso bajaría a 64,3 ha, lo que elevaría la proporción de superficie regada a un 73%.

El principal impedimento para aprovechar mejor la superficie cultivable es una línea de alta tensión que atraviesa la zona sur de la finca, limitando el potencial del segundo pivot y reduciendo su longitud. El agricultor deberá valorar más opciones de aprovechamiento como implantar secano en esta zona sin riego. Además de esta limitación del segundo pivot, en la parcela hay una zona edificada que sirve de almacén de maquinaria y repuestos, que limita la amplitud del primer pivot.

Ilustración 1: Superficie aprovechada de la finca



Fuente: Elaboración propia.

2.1.3. Características de los pivots

Se ha decidido utilizar modelos similares a los ofrecidos por la empresa RKD que permiten una adaptación óptima del sistema a la parcela, utilizando la mayor cantidad de superficie posible.

El pivot de mayor longitud y superficie regada, que llamaremos *Pivot 1*, estará compuesto por 7 tramos de 53,5 m y un voladizo de 18,6 m, haciendo un total de 7 torres móviles. En el segundo pivot, *Pivot 2*, se compondrá de 6 tramos de 53,5 m y un voladizo de 18,6 m, con un total de 6 torres móviles. A continuación, se presenta una tabla resumen con las características generales de cada pivot:

Tabla 1: Características generales de los pivot

	Pivot 1	Pivot 2
Longitud (m)	393,1	339,6
Longitud tramo (m)	53,5	53,5
Área regada (ha)	28,48	18,14
Ángulo de giro (°)	211	180
Número de tramos/torres	7	6
Longitud voladizo (m)	18,6	18,6
Altura pivot (m)	4,4	4,4
Diámetro tubería (mm)	168,3	141,3

Fuente: Elaboración propia.

Aunque sea común encontrar al final del pivot una pistola de alta presión que permita ampliar el área regada, se ha decidido prescindir de ella.

Las razones son la falta de eficiencia y la necesidad de aumentar la presión de trabajo del sistema. Un aumento de presión implica una mayor potencia de impulsión, con su respectivo aumento del dimensionamiento de las unidades de bombeo y del campo fotovoltaico, lo que conlleva incremento de la inversión inicial.

Así mismo, la carencia de eficiencia implica reparto heterogéneo del agua y mayores pérdidas hídricas. Debido al compromiso con la reducción en la medida de lo posible de las pérdidas hídricas se ha concluido no instalar estas pistolas.

2.1.4. Características de los emisores

Los emisores se han elegido de tipo rotator, debido a su gran alcance, baja presión y uniformidad de riego. Estos emisores generan chorros rotativos estables, con una cobertura circular homogénea. Su mecanismo consta de pocas piezas móviles y resistente a la abrasión y a partículas sólidas del agua, lo que le hace tener una vida útil prolongada, con bajo coste de mantenimiento.

Tras los cálculos se ha determinado que el modelo tendrá que ser similar al *Precision Twister (KPT)*, este modelo ofrece un ángulo de trayectoria estándar, permitiendo un gran diámetro de aspersión que, a pesar de poder suponer mayores pérdidas de evaporación, amplía la capacidad operativa del pivot con riego solar.

Ilustración 2: Emisor Komet Precision Twister (KPT)



Fuente: Catálogo Komet® (2025).

Acudiendo al catálogo Komet® obtenemos la tabla de emisores que los categoriza según su presión, altura de instalación y tamaño de boquilla. Con estas características se consigue un diámetro de aspersión, también llamado ancho mojado (AM). Este valor será crucial en el cálculo del sistema de riego.

Tabla 2: Elección de los emisores

Nozzle Size / Tamaño boquilla		Installation Height / Altura instalación H=0,9m				Installation Height / Altura instalación H=1,8m				Installation Height / Altura instalación H=2,7m			
		Pressure / Presión (bar)				Pressure / Presión (bar)				Pressure / Presión (bar)			
mm	1/128"	0,41	0,69	1,03	1,38	0,41	0,69	1,03	1,38	0,41	0,69	1,03	1,38
2,0	10	8,2	10,2	11,8	12,8	10,0	12,0	13,6	14,6	11,3	13,2	14,9	15,9
3,2	16	9,5	11,5	13,2	14,1	11,3	13,3	15,0	15,9	12,6	14,6	16,3	17,2
4,6	23	10,6	12,6	14,3	15,3	12,4	14,4	16,1	17,1	13,7	15,7	17,4	18,3
5,8	29	11,2	13,2	14,9	15,8	13,0	15,0	16,7	17,6	14,3	16,3	18,0	18,9
6,7	34	11,5	13,4	15,1	16,1	13,3	15,2	16,9	17,9	14,5	16,5	18,2	19,2
7,9	40	11,4	13,4	15,1	16,0	13,2	15,2	16,9	17,8	14,5	16,5	18,2	19,1
8,9	45	11,1	13,1	14,8	15,8	12,9	14,9	16,6	17,6	14,2	16,2	17,9	18,8
10,3	52	10,3	12,3	14,0	15,0	12,1	14,1	15,8	16,8	13,4	15,4	17,1	18,0

Fuente: Catálogo Komet® (2025).

Se elige un emisor de 6,7 mm de boquilla para ambos pivots que instalándose a una altura de 1,8 m genera un AM de 17,9 metros. Este emisor funciona con una configuración alta de presión de 1,38 bares, pero permite alcanzar un gran diámetro de riego sin necesidad de instalar el emisor a mayor altura, lo que acarrearía peores eficiencias hídricas en caso de riego con viento, escenario común en caso de riego solar. Los emisores colgarán de una manguera de PE (“drop”) resistente y flexible que permite colocarlos a la altura de diseño.

Esta elección es adecuada para ajustar los cálculos del apartado 2.2. *Cálculo del sistema de riego.*

2.1.5. Características de la captación (pozo)

La captación consiste en un pozo perforado de 60 m de profundidad equipado con una bomba centrífuga vertical sumergible. La bomba se instala a aproximadamente 10 m bajo el nivel estático del agua. El nivel estático se encuentra a 35 metros, por lo que la conducción en el pozo más la bomba será de 45 metros hasta la superficie.

La bomba va suspendida mediante la columna de impulsión de acero galvanizado. Para la unión de secciones, se emplean bridas fijas soldadas al extremo del tubo, que permiten ensamblar las secciones de la columna, asegurar la alineación del eje de la bomba y facilitar el mantenimiento.

El conjunto queda fijado en superficie mediante un cabezal sanitario metálico que sella el brocal del pozo y soporta el peso de la columna de impulsión. Desde el cabezal parte la conducción hacia el depósito regulador, incluyendo válvula de

retención, ventosa, válvulas de aislamiento, manómetro y el contador de tipo Woltman®.

2.1.6. Características de la conducción

Las tuberías de conducción permiten transportar el agua desde la fuente a los pivots. En la explotación encontramos 4 tipos de tubería. Las tuberías utilizadas son las siguientes:

- Tuberías de PVC-O PN6 DN125/160/180
- Tubería de acero galvanizado ASTM A53 Gr B, ASME B36.10 SCH 30, DN200 (8", Ø 219,1 mm)

Descripción de la conducción:

En la conducción se necesitará instalar codos para orientar el agua. En la conducción pre-balsa se utilizará un codo de 90° a la salida a superficie, elevando la tubería a 50 cm del terreno, donde se colocarán aparatos de medida, control y seguridad, posteriormente se incluye un codo de 45° para introducir el tubo a 1,5 metros de profundidad y otro de 45° para hacer la conducción horizontal. Tras llegar a la balsa se asciende a la superficie por medio de otro codo de 45° que, apoyándose en el dique de la balsa, asciende a la corona torciendo por medio de otro codo de 45°. Se sujeta a la corona por medio de bridas sobre hormigón, y posteriormente por medio de otro codo se adapta la dirección del chorro a la pendiente del talud interno, para evitar un impacto agresivo del agua contra el material plástico.

Tras la toma del agua de la balsa por medio de tuberías que atraviesan el dique, el agua se introduce en el cabezal de riego. Después de filtrar el agua se distribuye a los pivots por medio de tubería enterrada (1,5 m). Para introducir el agua en el suelo se utilizan de nuevo dos codos de 45° (uno para dirigir la tubería al suelo y otro para hacerla horizontal). A ambos pivots el agua les llega por medio de un codo de 90° que les permite conectarse a la tubería de conducción, la cual emerge a la superficie por medio de un codo de 45° seguido de otro que la hace horizontal. En la conducción hacia el Pivot 2, de gran longitud, se requieren instalar dispositivos de seguridad y control antes de conectarse al pivot.

2.1.7. Elementos de seguridad, control y registro

2.1.7.1. Válvulas

Las válvulas son dispositivos de control que permiten cerrar el paso de agua a través de la tubería. Hay de distintos tipos según la función que cumplan. En la red disponemos de las siguientes:

A) Válvula de compuerta manual

Esta válvula permite cerrar el paso a criterio del agricultor manualmente, de forma que puede aislar secciones de la conducción para la realización principalmente de labores de mantenimiento y reparación.

En la tubería de la captación se instalará una a la salida del pozo. También se ubicará una a la salida de la caseta, en cada tubería de impulsión y otra a la final de la tubería de impulsión del pivot 2.

El modelo instalado en el proyecto deberá ser del tipo asiento elástico, como la de la imagen de la derecha.

Ilustración 3: Válvula de compuerta tipo



Fuente: Catálogo Regaber®

B) Válvula antirretorno o de retención

Es una válvula elemental para la protección de los elementos del sistema. Ante los cortes de impulsión, evita que el flujo retorne. Se instala principalmente a la salida de las bombas para evitar el golpe de ariete.

En la red, se usarán de dos tipos de válvula en relación con el caudal y diámetro de la bomba y el riesgo de golpe de ariete. Las válvulas se muestran a continuación

Válvula de clapeta simple

Este modelo sencillo y de fácil mantenimiento consigue bloquear el flujo de retorno por medio de una clapeta que oscila desde la lateral de la pared interna de la conducción.

Se instalará una tras cada uno de los contadores.

Ilustración 4: Válvula antirretorno tipo de clapeta simple



Fuente: Catálogo Regaber®

Válvula de clapeta doble

Esta válvula usa dos clapetas semicirculares que oscilan desde un eje central, sellando el perímetro interno de la conducción frente a flujos de retorno.

Supone mayores pérdidas de carga, pero tiene un diseño más compacto y resistente. Además, tiene un cierre más rápido que redundaría en la mayor seguridad del sistema frente a golpes de ariete.

Esta válvula se ubica a la salida inmediata de la bomba sumergida de la captación y de las bombas de la caseta.

Ilustración 5: Válvula antirretorno tipo de clapeta doble



Fuente: Catálogo Regaber®

Todos estos elementos deberán ser elegidos acorde con las dimensiones de la tubería de conducción, evitando unas pérdidas de carga excesivas o un sobregasto económico.

2.1.7.2. Ventosas

Las ventosas son dispositivos instalados en conducciones de agua a presión cuya función es expulsar el aire acumulado dentro de la tubería durante el llenado y operación, y también permitir la entrada controlada de aire cuando se producen vacíos. Con ello se evita:

- Golpe de ariete al formarse bolsas de aire
- Pérdidas de capacidad hidráulica por reducción de sección efectiva de paso
- Vibraciones y ruidos en la instalación
- Colapsos o deformaciones de tuberías por vacío interno

En la red de riego se instalarán a la salida de las bombas de la caseta y en el caso de la captación en la tubería aérea sobre el pozo. También se instalará otra al final del recorrido de la conducción del Pivot 2, debido a la longitud de conducción.

2.1.7.3. Manómetro

Los manómetros se instalan en puntos estratégicos de la red de riego para controlar y registrar la presión de operación. Su ubicación debe garantizar lecturas representativas del flujo y evitar interferencias por turbulencias, por lo que se colocan normalmente sobre tramos rectos de tubería, inmediatamente después de la bomba y antes de accesorios como filtros, ventosas o contadores. La información que proporcionan permite detectar pérdidas de carga, obstrucciones, y golpes de ariete.

*Ilustración 6:
Manómetro tipo*



*Fuente: Catálogo
Regaber®*

El modelo utilizado deberá llevar sistema GPRS, que permita monitoreo remoto y en tiempo real de la presión de la red de riego, eliminando la necesidad de inspección física constante.

2.1.7.4. Contador

El tipo de contador instalado será de tipo Woltman® y se instalará en la línea de impulsión para medir con precisión el caudal suministrado a la red de riego. Debe colocarse sobre un tramo recto de tubería, al final del cabezal de riego y antes de la red de distribución, garantizando así un flujo uniforme y libre de turbulencias que pueda afectar la medición.

La información que proporciona permite controlar el consumo de agua, verificar la eficiencia del riego, detectar fugas o irregularidades en la red, y constituye un elemento fundamental para la gestión técnica y económica del sistema.

En la explotación uno se ubicará en el tramo aéreo justo después del pozo, y otro por cada conducción a pivot, haciendo un total de tres contadores.

Ilustración 7: Contador tipo Woltman®



Fuente: Catálogo Regaber®

2.1.8. Características del cabezal de riego

La fase de filtrado es elemental para mejorar la calidad el agua y mantener la integridad del sistema de riego. Con el filtro se retiran partículas que puedan corroer el interior de las conducciones o dañar los emisores obturándolos y reduciendo la eficiencia y uniformidad del riego, además de producir una merma de la vida útil del sistema.

Los elementos de filtrado necesitan presión para su correcto funcionamiento por lo que se colocarán tras las bombas de captación de la balsa, en la caseta de bombeo.

La elección del modelo y su dimensionado aparecen en el apartado 2.3.2.

2.2. CÁLCULO DEL SISTEMA DE RIEGO

Para calcular el dimensionamiento de los elementos que componen el sistema de riego y programar su manejo se requiere estimar una serie de datos. Dichos datos están condicionados las características de la finca, la climatología, el sistema de riego instalado y el tipo de cultivo.

Para calcular se necesita saber la demanda máxima del cultivo en el mes de máximas necesidades, es decir la ET_c máxima, que para el cultivo más demandante en julio de la rotación planteada es de es de **6,7 mm/día**.

Además, se debe saber la Jornada Efectiva de Riego (JER), que es el tiempo al día que el sistema está operativo. Se establece que dicha jornada es de **15 horas** ya que, en julio, que es el mes en el que establecemos los cálculos, se puede aprovechar la incidencia solar en las placas alrededor de 7,5 horas y se pretende

que al menos el 50% de la impulsión se haga por medio de energía solar. Sin embargo, el ahorro puede ser mayor en épocas menos exigentes concentrando toda la aplicación en las horas de funcionamiento solar.

En cuanto al sistema, se establece una eficiencia de aplicación del **90%**, propio de una buena instalación y de tecnología de emisión moderna. Es clave la elección de emisores fiables y eficientes, y de un cuidado y supervisión del sistema periódico.

2.2.1. Caudal de diseño

El caudal es un valor elemental para el diseño del sistema de riego. Este valor indica la cantidad de litros que se introducen en el pivot por segundo y con él se escoge el modelo de pivot, ya que condiciona la dimensión de la tubería portante.

$$Q_0 = 0,116 \frac{N \cdot A}{Ea \cdot Fd}$$

Para calcularlo completamos la siguiente ecuación:

Siendo:

Q_0 : el caudal de entrada al equipo (l/s)

N: necesidades netas del cultivo en periodo punta (6,7 mm/día)

A: área regada (ha)

Ea: eficiencia de aplicación. (0,90)

Fd: fracción de día que funciona el equipo. (7,5/24)

Sustituyendo los valores y aplicando las superficies correspondientes a cada pivot obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 3: Caudales de entrada a los pivots

	Pivot 1 (28,5 ha)	Pivot 2 (18,14 ha)
Qo (l/s)	39,26	25,00

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener la dotación dividimos el caudal entre las hectáreas que riegan, de modo que nos queda **1,38 l/s ha**. Igual en ambos pivots ya que se supone una misma eficiencia.

2.2.2. Pluviometría máxima en el extremo

Siguiendo la teoría de Dillon *et al.* (1972) se estima la pluviosidad máxima en el extremo del pivote en función de su dotación, longitud y anchura mojada. Este valor es muy relevante para conocer las limitaciones de velocidad de acción del pivot. A mayor caudal mayor es la pluviometría y por ende mayor la velocidad mínima de

paso, lo que nos da menor rango de dosis aplicables. Por ello se busca compensar el alto caudal del sistema con emisores de gran alcance que reducen la pluviometría.

La pluviometría máxima (Pm) se calcula con la siguiente fórmula:

$$Pm = \frac{28800}{\pi \frac{\theta}{360}} \frac{Q}{R AM}$$

Donde:

Q_0 = caudal de entrada al pivote (l/s)

θ = ángulo de giro del pivot (°). P1 = 211° y P2 = 180°

R = radio de la superficie regada (m)

AM = anchura mojada por los últimos aspersores (m)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la aplicación de la fórmula:

Tabla 4: Pluviometría máxima de los pivots

	Pivot 1 (28,5ha)	Pivot 2 (18,14 ha)
Pmr (l/m²h)	87,3	75,4

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Velocidad de avance

El volumen de riego se regula por medio de la velocidad de avance del pivot. Esta velocidad está limitada por las características de los motores de las torres y por la capacidad de infiltración del suelo. A continuación, se calcularán las velocidades máxima y mínima del sistema con las que estableceremos la carta del pivot calculando sus dosis correspondientes.

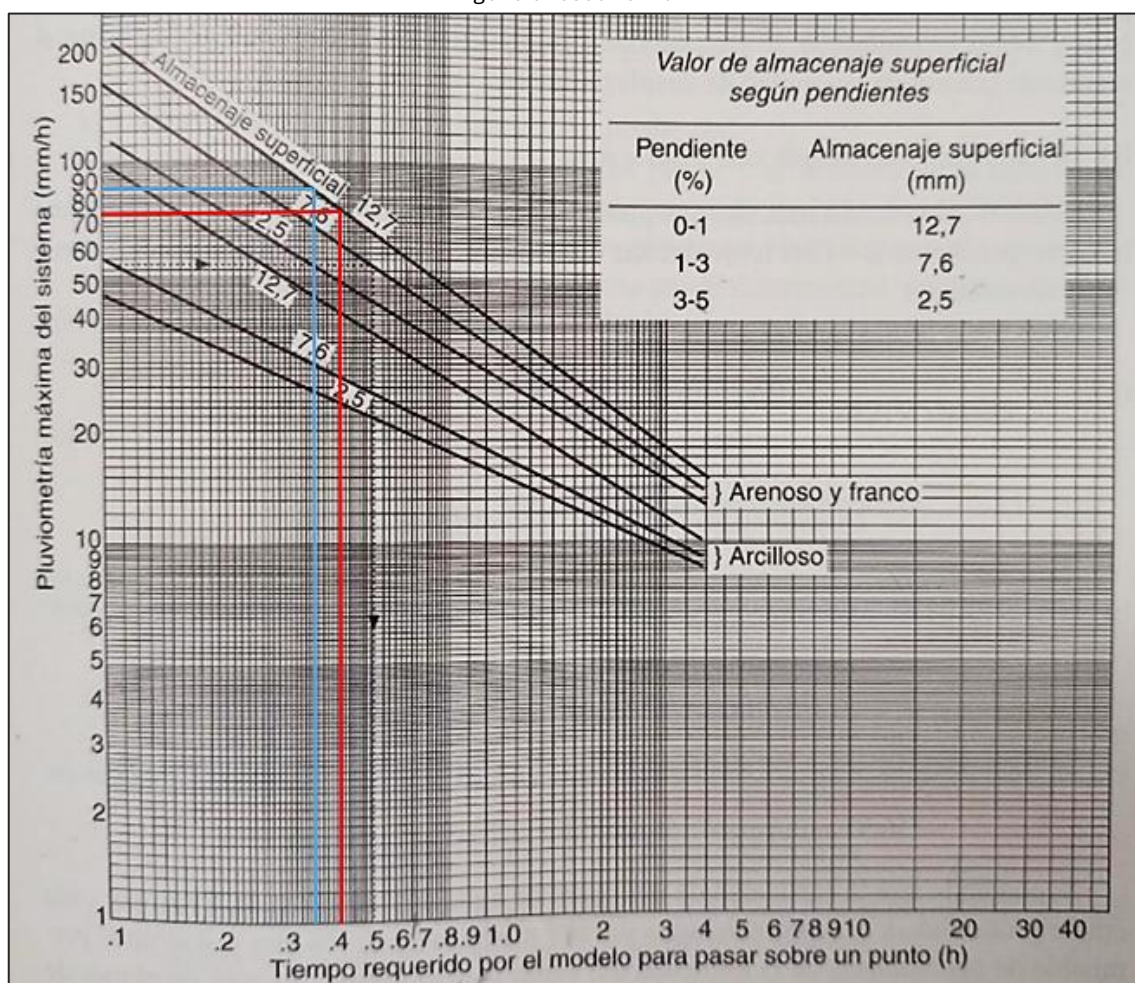
Velocidad máxima:

Depende íntegramente de la capacidad de los motores de las torres. Para el diseño planteado el motor podrá mover la estructura a 2 m/min.

Velocidad mínima:

Acudimos al Ábaco para la determinación del tiempo máximo de paso del sistema sobre un punto regable del suelo. Para obtener el valor que buscamos debemos tener en cuenta la pluviometría máxima del pivot y la textura del suelo y la pendiente del terreno.

Ilustración 8: Ábaco para la determinación del tiempo máximo t_m en pasar por un punto del extremo sin generar escorrentía.



Nota: Se ha considerado una pendiente menor al 1% y un textura arenosa y franca con buena infiltración. La línea Azul es del Pivot 1 y la Roja es del Pivot 2.

Fuente: Tarjuelo, J.M. 2005. El Riego por aspersión y su Tecnología. Ed. Mundi-Prensa

Una vez se obtiene el tiempo de paso máximo se calcula la velocidad mínima de avance dividiéndolo entre el diámetro de aspersión del emisor (17,9 m). En la siguiente tabla se presentan ambos parámetros:

Tabla 5: Velocidad mínima y tiempo de paso máximo

	Pivot 1	Pivot 2
t_o (h/riego)	11,5	8,4
t_1 (h/riego)	27,0	23,7

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Dosis de riego

La dosis es la cantidad de agua por unidad de superficie en un riego. Como se ha mencionado en el anterior apartado, depende de la velocidad de avance de pivot. La dosis bruta es la cantidad que sale de los emisores y la dosis neta la que

verdaderamente llega a la planta y con la que se debemos de operar para programar el riego. La diferencia radica en la eficiencia de aplicación del sistema.

Para calcular las dosis máximas y mínimas se necesita conocer primero el tiempo que tarda en dar completar el riego según su velocidad.

El tiempo mínimo de riego (t_0), corresponde a la menor dosis y el tiempo máximo de riego (t_1) a la mayor dosis posible. Se calculan de la siguiente manera:

$$t_0 = \frac{2 \pi \frac{\theta}{360} Lt}{V_{max}} \quad t_1 = \frac{2 \pi \frac{\theta}{360} Lt}{V_{min}}$$

Donde:

θ = ángulo de giro del pivot (°). P1 = 211° y P2 = 180°

Lt = distancia de la torre central a la última torre (m). P1 = 374,5 m y P2 = 321 m

Vmax = Velocidad máxima de avance (m/s)

Vmin = Velocidad mínima de avance (m/s)

Cuadro de resultados:

Tabla 6: Duraciones de riego a máxima y mínima velocidad

	Pivot 1	Pivot 2
Tiempo de paso máx (min)	21,0	25,2
V mín torre (m/min)	0,85	0,71

Fuente: Elaboración propia.

Dosis bruta máxima y mínima:

La dosis bruta máxima (Dbmax) se calcula a duración máxima de riego, a la inversa que la dosis mínima (Db min). Se aplican las siguientes fórmulas:

$$Db_{max} = 0,36 \frac{Q \text{ (l/s)} t_1 \text{ (h)}}{A \text{ (ha)}} \quad Db_{min} = 0,36 \frac{Q \text{ (l/s)} t_0 \text{ (h)}}{A \text{ (ha)}}$$

Donde:

Q = Caudal de entrada del pivot (l/s)

t_1 = duración riego a mínima velocidad (h)

t_0 = duración riego a máxima velocidad (h)

A = Superficie regada por el pivot (ha)

Dosis neta máxima y mínima:

La dosis neta se calcula aplicando la eficiencia de aplicación a la dosis bruta, es decir, multiplicar por 0,9 los resultados de las dosis brutas, debido a que se estima que un 10% del agua aplicada no llega a la planta.

A continuación se presenta una tabla resumen que recoge los valores de las dosis máximas y mínimas, tanto bruta como neta:

Tabla 7: Dosis bruta y neta máxima y mínima de los pivots

	Pivot 1	Pivot 2
Db máx (mm/riego)	13,4	11,7
Db mín (mm/riego)	5,7	4,2
Dn máx (mm/riego)	12,0	10,6
Dn mín (mm/riego)	5,1	3,8

Fuente: Elaboración propia.

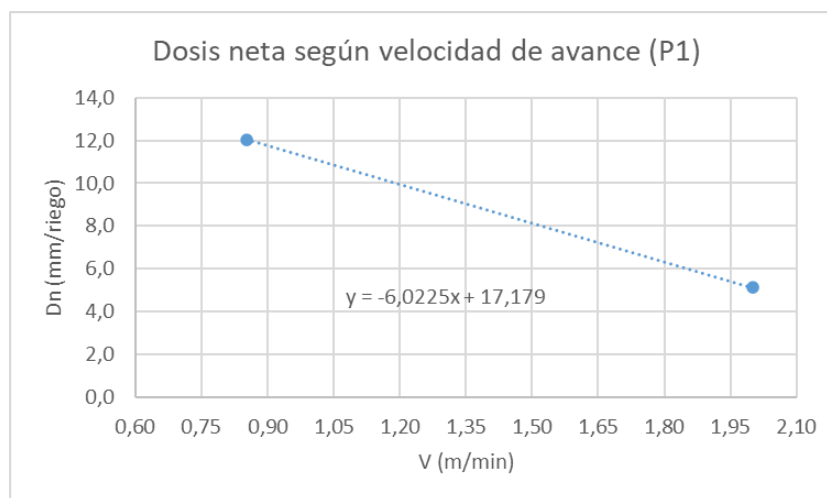
Mediante estos valores límite podemos establecer la carta del pivot en el siguiente apartado.

2.2.5. Carta del pivot

La carta del pivot es la guía de regulación del pivot para el agricultor. Con ella se puede conocer a que porcentaje de su velocidad máxima debe funcionar la torre final para repartir una dosis neta (Dn) de riego concreta.

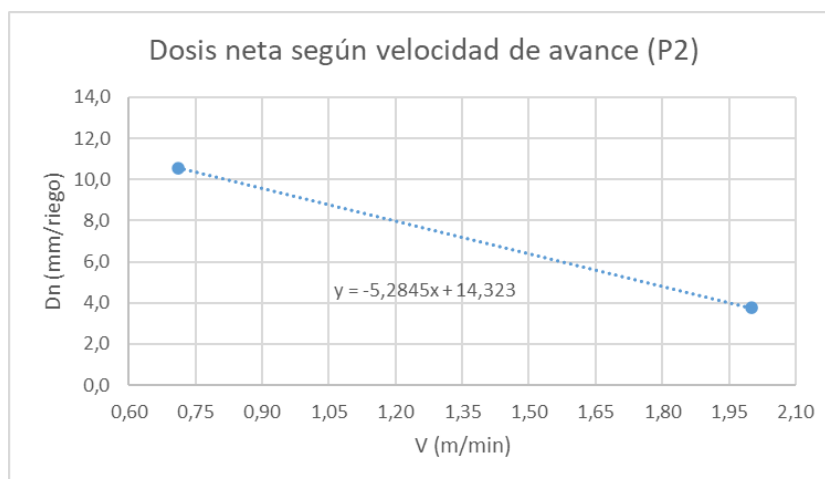
Para calcularla se hace uso de los datos recopilados en el apartado 2.2.4. *Velocidades de avance* y 2.2.5. *Dosis de riego*. A continuación, se presenta la gráfica que relaciona la dosis con la velocidad para cada pivot:

Ilustración 9: Dosis neta según velocidad para el Pivot 1



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 10: Dosis neta según velocidad para el Pivot 2



Fuente: Elaboración propia.

Una vez tenemos la ecuación de la línea de tendencia de dichas gráficas podemos calcular la carta del pivot con facilidad. En él incluimos el tiempo que requiere el pivot para completar el riego programado, de manera que el agricultor podrá aprovechar el riego de manera eficiente con respecto a las horas de irradiancia solar.

El objetivo de diseño se centra en la capacidad del sistema de regar la demanda máxima del cultivo (6,7 mm/día) en la jornada efectiva de riego y mantener cierta flexibilidad para aprovechar el rango de impulsión solar en la aplicación de otras dosis. Como podemos observar en la carta de ambos pivots dicho objetivo se cumple.

Tabla 8: Carta de riego del Pivot 1

CARTA DE RIEGO PIVOT 1			
Dn (mm/riego)	T (h/rev)	V m/min	V (%)
5,1	11,5	2,00	100,0%
5,5	12,3	1,94	97,0%
6,0	13,4	1,86	92,8%
6,5	14,6	1,77	88,7%
7,0	15,7	1,69	84,5%
7,5	16,8	1,61	80,4%
8,0	17,9	1,52	76,2%
8,5	19,0	1,44	72,1%
9,0	20,1	1,36	67,9%
9,5	21,3	1,28	63,8%
10,0	22,4	1,19	59,6%
10,5	23,5	1,11	55,5%
11,0	24,6	1,03	51,3%
11,5	25,7	0,94	47,1%
12,0	27,0	0,85	42,6%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Carta de riego del Pivot 2

CARTA DE RIEGO PIVOT 2			
Dn (mm/riego)	T (h/rev)	V m/min	V (%)
3,8	8,4	2	100,0%
4,0	9,0	1,95	97,7%
4,5	10,1	1,86	92,9%
5,0	11,2	1,76	88,2%
5,5	12,3	1,67	83,5%
6,0	13,4	1,57	78,7%
6,5	14,6	1,48	74,0%
7,0	15,7	1,39	69,3%
7,5	16,8	1,29	64,6%
8,0	17,9	1,20	59,8%
8,5	19,0	1,10	55,1%
9,0	20,1	1,01	50,4%
9,5	21,3	0,91	45,6%
10,0	22,4	0,82	40,9%
10,5	23,5	0,72	36,2%
10,6	23,7	0,71	35,5%

Fuente: Elaboración propia.

2.2.6. Presión a la entrada del pivot

La presión que le debe de llegar al sistema pivot debe asegurar el correcto funcionamiento de los emisores y de ella depende el dimensionamiento de las bombas de impulsión.

La expresión que de termina dicha presión es la siguiente:

$$P_o/\gamma = P_A/\gamma + h_1 + h_2 + h_3$$

Siendo:

P_o/γ = presión necesaria a la entrada del pivote (m.c.a).

P_A/γ = presión nominal de los últimos aspersores.

h_1 = pérdida de carga en la tubería del pivote (m).

h_2 = desnivel geométrico entre el centro pivote y el extremo de la tubería.

h_3 = altura de la tubería del pivote sobre el terreno.

En cuanto a la pérdida de carga requiere calculo. Puede determinarse mediante la ecuación propuesta por Shu Tung Chu *et al.* (1972):

$$h_1 = 0,543 \text{ hm}$$

Siendo hm las pérdidas de carga de tuberías de aluminio según Scobey:

$$h_m = 0,42 \cdot 4,093 \cdot 10^{-3} \frac{Q_0^{1,9}}{D^{4,9}} \cdot R$$

Donde:

Q_0 = caudal a la entrada del pivot (m^3/s). Pivot 1 = $0,039 m^3/s$ y Pivot 2 = $25,00 m^3/s$

D = Es el diámetro de la tubería portante (m). Pivot 1 y 2 = $0,1683 m$

R = es la longitud del pivot (m). Pivot 1 = $393,1 m$ y Pivot 2 = $339,6 m$

Cuadro resumen de los resultados de las ecuaciones:

Tabla 10: Pérdidas de carga por pivot

	Pivot 1	Pivot 2
h_m (m.c.a.)	8,9	3,3
h_1 (m.c.a.)	4,8	1,8

Fuente: Elaboración propia.

El diámetro de la tubería portante depende del modelo del pivot. A pesar de que el Pivot 2 requiere tiene menor caudal se ha decidido instalar el mismo modelo. Esto implica una menor pérdida de carga en este pivot. Este diseño favorecerá a la bomba 2 que deberá de contrarrestar pérdidas de carga mayores en la conducción hasta el pivot debido a lejanía de éste.

En ambos pivots el emisor requiere $14,1 m.c.a.$, el desnivel geométrico se aproxima a 1 metro, la altura del pivot es de $4,22 m$ y las tuberías se ubican a $1,8 m$ de altura.

Terminamos el cálculo sustituyendo los datos:

$$P_0/\gamma = P_A/\gamma + h_1 + h_2 + h_3$$

Pivot 1:

$$\frac{P_0}{\gamma} = 14,1 + 4,8 + (4,22 + 1) + 1,8 = 25,9 m.c.a.$$

Pivot 2:

$$\frac{P_0}{\gamma} = 14,1 + 1,8 + (4,22 + 1) + 1,8 = 22,9 m.c.a.$$

Tabla 11: Presión requerida por pivot

	Pivot 1	Pivot 2
Presión (m.c.a.)	25,9	22,9

Fuente: Elaboración propia.

2.3. CÁLCULO DE LA RED DE IMPULSIÓN

En este apartado se dimensiona los elementos que componen la red de conducción, con sus respectivas pérdidas de carga para proceder al dimensionado de las bombas. Se dimensionarán las tuberías y se calcularán sus pérdidas de carga continuas correspondientes al rozamiento del fluido con la pared interna del tubo. Además, se ubicarán y dimensionarán los elementos de filtrado, registro y control del flujo.

2.3.1. Dimensionado de tuberías y pérdidas de carga

En este apartado se calculan y dimensionan las tuberías del sistema, escogiéndose los diámetros óptimos bajo criterios económicos, de durabilidad y eficiencia energética.

La red se compone de una zona pre-balsa y otra post-balsa. La conducción previa a balsa consiste en una columna de impulsión de acero hasta superficie y otra tubería de PVC-O que dirige la impulsión a balsa. La conducción tras la balsa consta de la captación e impulsión al pivot, teniendo dos conducciones, una por pivot.

Los caudales escogidos para el diseño son los propios demandados por los pivots para las conducciones post-balsa y la suma de ellos para la pre-balsa. Con este dato y la condición de velocidades límites en una conducción cerrada a presión (>0,5 m/s, <3 m/s) aproximamos el diámetro apropiado.

La velocidad se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Siendo:

v: velocidad (m/s)

Q: caudal volumétrico (m³/s)

D: diámetro interior del tubo (m)

Se comprueba en la tabla de resultados siguientes el cumplimiento de la condición, además de los datos necesarios para el cálculo:

El diámetro de estas conducciones también se ajusta acorde con unas pérdidas de carga moderadas, con el objetivo de seleccionar el menor diámetro posible y así obtener la opción más económica.

Tabla 12: Velocidad media del agua por conducción

Características	Conducción 1	Conducción 2	Conducción 3	
Caudal (m³/s)	0,0393	0,0250	0,0643	
Longitud de tubería (m)	20	743	45	241
Diámetro Nominal (mm)	160	125	219,1	180
Diámetro hidráulico (m)	0,154	0,120	0,205	0,173
Velocidad (m/s)	2,12	2,21	1,95	2,74

Nota1: La Conducción 1 corresponde al Pivot 1, la 2 al Pivot 2 y la 3 se divide en la columna de impulsión de acero y el transporte a balsa.

Nota2: Los diámetros interiores se han calculado en base a las referencias de catálogos oficiales.

Fuente: Elaboración propia.

Para proceder al cálculo y comprobación de las pérdidas en flujo turbulento ($Re > 2300$) se utiliza Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f: factor de fricción de Darcy (adimensional)

L: longitud de tubería (m) + longitudes equivalentes los codos (m)

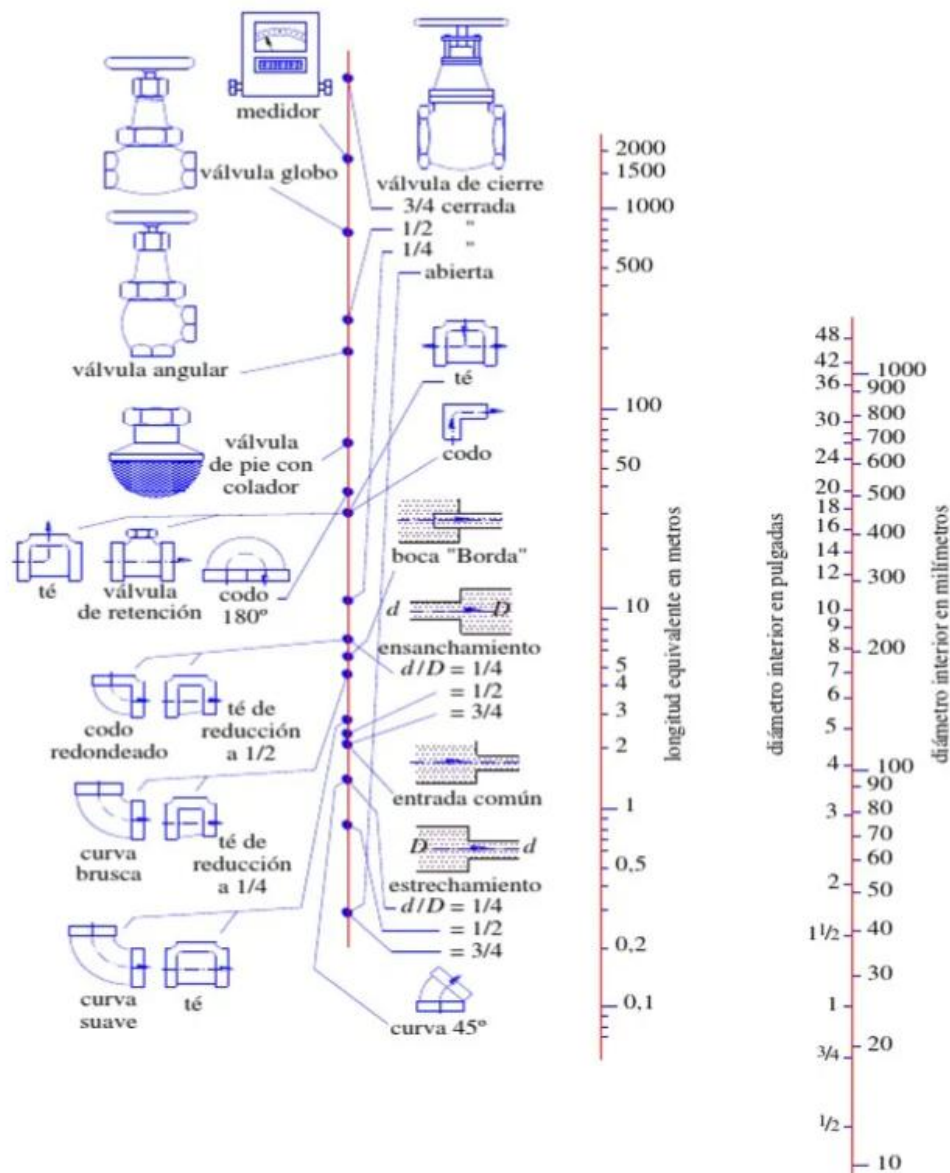
D: diámetro tubería (m)

v: velocidad media del fluido (m/s)

g: gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Para obtener L es importante tener en cuenta dentro de las pérdidas de carga del sistema las pérdidas singulares que suponen los codos. Para obtener las longitudes equivalentes a dichas pérdidas de carga recurrimos al Ábaco de Pérdidas Locales:

Ilustración 11: Ábaco de pérdidas locales



Fuente: Bibliografía general de hidráulica.

En la instalación, según lo descrito en el apartado 2.1.6., tenemos los siguientes codos por conducción:

Tabla 13: Codos de las conducciones

	Conducción 1	Conducción 2	Conducción 3*
Nº codos 90°	1	1	1
Nº codos 45°	4	4	4
Diámetro interior (mm)	160	125	180
Leq codo 90°(m)	3,1	2,7	3,5
Leq codo 45°(m)	2,1	1,9	2,4
Long equivalente total (m)	11,5	10,3	13,1
Longitud L (m)	31,5	753,3	254,1

*Los codos de la conducción 3 solo se dan el tramo horizontal de PVC-O.

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular f, recurrimos Swamee-Jain:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Donde:

ε : rugosidad absoluta de la tubería (m)

D: diámetro interno de la tubería (m)

Re: número de Reynolds

El uso correcto de esta fórmula para calcular el factor de fricción está supeditado al cumplimiento de 3 condiciones, todas ellas cumplidas por las conducciones del sistema:

- $\varepsilon/D < 2 \times 10^{-2}$
- $Re > 3 \times 10^3$
- Desviación < 3% del resultado del ábaco de Moody

Para obtener el valor de la rugosidad ε acudimos a la siguiente tabla:

Tabla 14: Rugosidad absoluta según material

Conducción	Rugosidad absoluta k(mm)	
	nuevo	en servicio
FUNDICIÓN	0,1	0,2
HORMIGÓN	0,3	3
ACERO	0,03	0,1
PE	0,005	0,03
PVC-O	0,003	0,06
PRFV	0,03	0,06

Fuente: Normativa Canal de Isabel II (2021).

El número de Reynolds se calcula con la fórmula de Reynolds:

$$Re = \frac{4Q}{\pi Dv}$$

Donde:

Q: caudal volumétrico (m³/s)

D: diámetro interior del tubo (m)

v: velocidad media de paso del fluido (m/s)

A continuación, se presenta la tabla con las pérdidas de carga por conducción y los resultados de las ecuaciones intermedias:

Tabla 15: Pérdidas de carga continuas por conducción

	PERDIDAS DE CARGA CONTINUAS			
	Conducción 1	Conducción 2	Conducción 3	
Nº Reynolds:	325162,2	265076,4	399087,3	473113,9
Régimen:	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento
Factor de fricción (Swamee-Jain)	0,01	0,01	0,01	0,01
Pérdidas de carga (Darcy) (mca)	0,6	23,0	0,6	7,5
Pérdidas de carga (bar)	0,057	2,261	0,058	0,736

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Sistema de filtrado

Dentro del abanico variado de sistemas de filtrado, se ha optado por la instalación de un filtro de mallas automático, debido a que la calidad del agua en la captación presenta principalmente sólidos minerales no orgánicos, para los cuales la tecnología de malla proporciona una mayor eficiencia de retención y menor pérdida de carga que otros filtros. Además, garantiza la continuidad del riego sin interrupciones para limpieza, reduciendo la mano de obra asociada al mantenimiento.

Para seleccionar el grado de filtración se estima necesario al menos un tamaño de orificio 8 veces menor que el diámetro de paso del emisor. El emisor instalado en los pivots es el modelo *Precision Twister* de Komet® tiene un diámetro de boquilla de 6,7 mm que se toma como diámetro mínimo de paso. Por lo que el grado de filtración es el siguiente:

$$\text{Grado de filtración} = \frac{\text{min } \phi \text{ de paso}}{8} = \frac{6,7}{8} = 0,84 \text{ mm} = 840 \mu\text{m}$$

Para elegir el filtro adecuado también se debe tener en cuenta el caudal de diseño que corresponde al demandado por cada uno de los pivots. El Pivot 1 tiene un caudal es de 39 l/s (141 m³/h) y el Pivot 2 de 25 l/s (90 m³/h), por lo que se deben escoger filtros con caudales máximos mayores a dichos datos.

Los filtros tendrán que ser similares a los modelos *M104LPN* (Pivot 2) y el *M106LP* (Pivot 1) de la marca Regaber® serie Filtomat M100/MG, ambos con un caudal máximo de 180 m³/s superior a los caudales de diseño del sistema. Llevarán una configuración de malla de 500 micras adecuada para los emisores.

Ilustración 12: Filtro de malla automático



Fuente: Catlaogo Regaber® serie Filtomat M100/MG

Para comprobar su idoneidad se analiza a la gráfica de pérdida de carga mediante el caudal de cada pivot y bajo la premisa de que el filtro en limpio no suponga pérdidas mayores a los 2 m.c.a. ($\approx 0,2 \text{ bar}$). No obstante, el filtro supone pérdidas de carga mayores a medida que se obtura, llegando a un máximo de pérdida de 5 m.c.a. Cuando se llega a este nivel el sistema de autolavado se acciona. Es por ello por lo que, para el cálculo de diseño de la red, cada filtro supondrá una pérdida de carga de 5 m.c.a.

2.3.3. Dimensionamiento de las bombas

Las bombas instaladas deben poder suministrar al agua de energía suficiente para asegurar una presión de servicio adecuada, además de suministrar el caudal requerido, contrarrestando las pérdidas de carga en la conducción y elevando el agua a la cota que se necesite.

En este apartado dimensionaremos cada una de las tres bombas de la explotación para que cumplan dichos requisitos mediante el cálculo de la altura manométrica total que requiere esta bomba. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$H = H_g + H_p + H_e$$

Donde:

H: altura manométrica total. Presión que debe suministrar la bomba

Hg: altura geométrica. Diferencia de cotas desde el punto de impulsión hasta el emisor más desfavorable.

Hp: pérdidas de carga por rozamiento.

He: presión de servicio exigida en los emisores.

Las pérdidas de carga por rozamiento pueden ser continuas o locales. Las pérdidas continuas (+ codos) de los diversos tramos se han calculado en anteriores apartados. Para el dimensionamiento de las bombas se tendrán en cuenta el resto de las pérdidas de carga singulares de los elementos que se encuentren en la tubería de impulsión por medio de la siguiente ecuación:

$$P\acute{e}rda\ de\ carga\ singular = K \frac{V^2}{2g}$$

Esta fórmula utiliza la velocidad media de paso (v), la gravedad (g) y el coeficiente K de pérdidas singulares propio de cada tipo de elemento. A continuación, se puede observar una tabla con valores aproximados para distintos elementos:

Tabla 16: Coeficientes K de accesorios

Pieza, conexión o dispositivo	K _f
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfiler	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

Fuente: CONAGUA (2002)

2.3.3.1. Bomba de la captación

Para calcular la H, debemos calcular cada uno de los sumandos:

A) Altura geométrica (Hg)

Datos:

Z1: cota de captación (m), 802 m.

Z2: cota de entrega (m), 850 m.

$$Hg = z_2 - z_1 = 850 - 802 = 47 \text{ m. c. a.}$$

B) Pérdidas de carga (Hp)

Datos:

Hc: pérdidas de carga continuas (+codos) = columna de impulsión + conducción a balsa = 0,6 + 7,5 = 8,1 m.c.a.

Hs: pérdidas de carga singulares (válvulas) según velocidad de paso en el tramo de ubicación (1,95 m/s y 2,74 m/s)

$$\text{Válvula de retención} = K \frac{V^2}{2g} = 2,5 \times \frac{1,95 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,25 \text{ m. c. a.}$$

$$\text{Válvula de compuerta} = K \frac{V^2}{2g} = 5 \times \frac{2,74 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,7 \text{ m. c. a.}$$

$$\text{Controlador de gasto} = K \frac{V^2}{2g} = 2,5 \times \frac{2,74 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,35 \text{ m. c. a.}$$

Tabla 17: Pérdidas de cargas singulares conducción de captación

Tipo de válvula	Nº de elementos	Pérdida singular/elemento (m.c.a.)	Pérdida singular total (m.c.a.)
Válvula antirretorno/de retención	2	0,25	0,5
Válvula de compuerta	1	0,7	0,7
Contador/Controlador de gasto	1	0,35	0,35

Fuente: Elaboración propia.

Procedemos a calcular Hp:

$$Hp = Hc + Hs = (0,6 + 7,5) + (0,5 + 0,7 + 0,35) = 9,65 \text{ m. c. a.}$$

C) Presión de servicio He:

La presión de servicio es nula, ya que no se requiere presión al final de la conducción. Aun así, se establece un valor de seguridad de 3 m.c.a.

$$He = 3 \text{ m. c. a.}$$

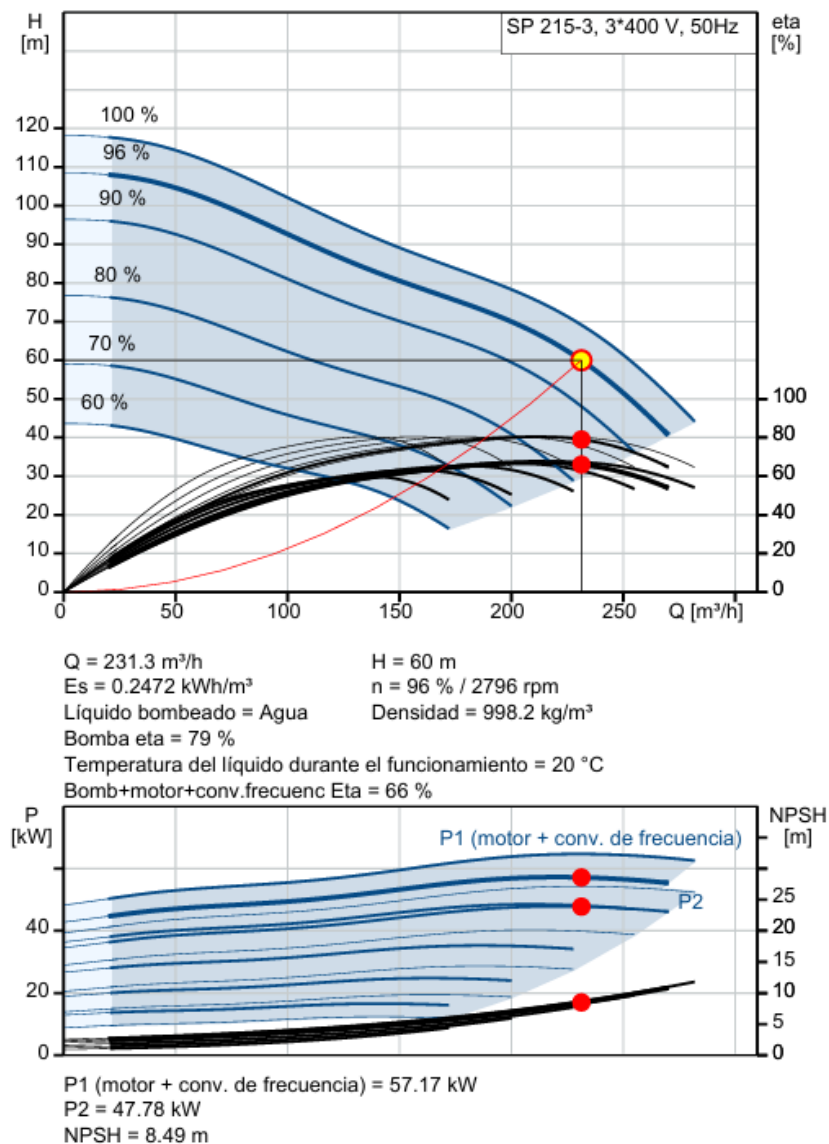
Con estos datos procedemos a calcular la altura manométrica total (H) de la bomba:

$$H = H_g + H_p + H_e = 47 + 9,65 + 3 = 59,65 \approx 60 \text{ m.c.a.}$$

Debido a las circunstancias, se deberá instalar una bomba de turbina vertical sumergible alimentada de corriente alterna con VFD, que suministre de una presión manométrica de 60 m.c.a. (5,9 bar) a un caudal de 64,26 l/s (231,3 m³/h).

Se instalará una bomba de características similares a la SP 215-3 de Grundfos®. En el punto de operación considerado, la bomba demanda una potencia eléctrica absorbida de 57,17 kW, lo que equivale a un consumo diario de aproximadamente 858 kWh si se mantiene en funcionamiento durante 15 horas.

Ilustración 13: Datos bomba de la captación



Fuente: Extracto de la ficha técnica de la bomba SP215-3

Esta bomba no requiere comprobación de condición de cavitación ya que está sumergida

2.3.3.2. Bomba Pivot 1

A) Altura geométrica (Hg)

Datos:

Z1: cota de captación (m), 845 m.

Z2: cota de entrega (m), 852,2 m. (cota más elevada del emisor final)

$$Hg = z_2 - z_1 = 852,2 - 845 = 7,2 \text{ m. c. a.}$$

B) Pérdidas de carga (Hp)

Datos:

Hc: pérdidas de carga continuas (+codos) = Conducción al Pivot 1 = 0,6 m.c.a.

Hs: pérdidas de carga singulares según elemento y velocidad de paso en el tramo de ubicación (2,12 m/s) + pérdidas en filtrado (5 m.c.a.)

$$\text{Válvula de retención} = K \frac{V^2}{2g} = 2,5 \times \frac{2,12 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,27 \text{ m. c. a.}$$

$$\text{Válvula de compuerta} = K \frac{V^2}{2g} = 5 \times \frac{2,12 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,54 \text{ m. c. a.}$$

$$\text{Controlador de gasto} = K \frac{V^2}{2g} = 2,5 \times \frac{2,12 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,27 \text{ m. c. a.}$$

Tabla 18: Pérdidas de carga singulares conducción P1

Tipo de válvula	Nº de elementos	Pérdida singular/elemento (m.c.a.)	Pérdida singular total (m.c.a.)
Válvula antirretorno/d e retención	2	0,27	0,54
Válvula de compuerta	1	0,54	0,54
Contador/Controlador de gasto	1	0,27	0,27

Fuente: Elaboración propia.

Procedemos a calcular Hp:

$$Hp = Hc + Hs = 0,6 + (0,54 + 0,54 + 0,27 + 5) = 6,95 \text{ m. c. a.}$$

C) Presión de servicio H_e :

La presión de servicio es la calculada en el apartado 2.2.7. *Presión a la entrada del pivot*, que para el Pivot 1 es:

$$H_e = 25,9 \text{ m. c. a.}$$

Con estos datos procedemos a calcular la altura manométrica total (H) de la bomba:

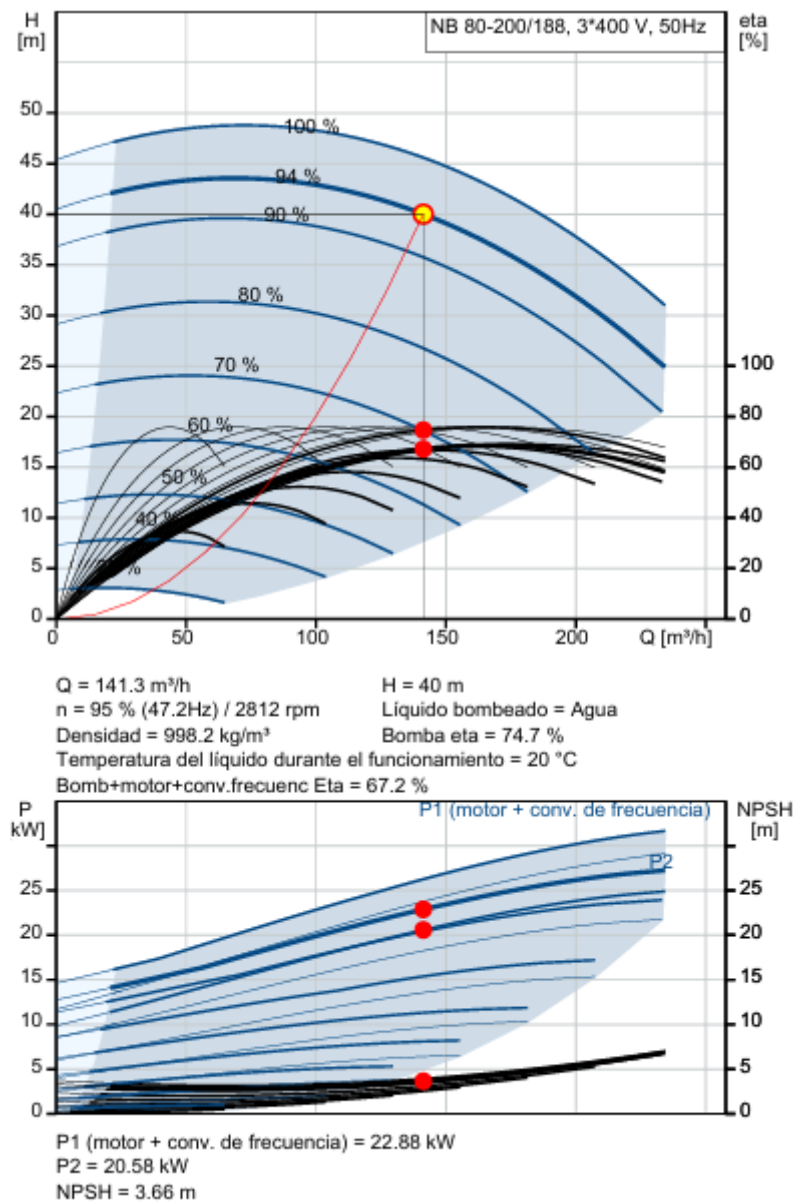
$$H = H_g + H_p + H_e = 7,2 + 6,95 + 25,9 = 40,05 \approx 40 \text{ m. c. a.}$$

Acorde con las condiciones de la toma, se instalará una bomba centrífuga horizontal monoetapa con VFD. Esta bomba deberá suministrar 40 m.c.a. (3,9 bar) y un caudal de 39,26 l/s (141,3 m³/h), además de cumplir la condición de no cavitación.

Se instalará una bomba de características similares a la NB 80-200/188 de Grundfos®.

En el punto de operación considerado, la bomba demanda una potencia eléctrica absorbida de 22,88 kW, lo que equivale a un consumo diario de aproximadamente 343 kWh si se mantiene en funcionamiento durante 15 horas.

Ilustración 14: Características tipo bomba P1



Fuente: Extracto de la ficha técnica de la bomba NB80-200/188

Se debe corroborar el cumplimiento de la condición de no cavitación para esta bomba:

$$NPSH_a \geq NPSH_r$$

Hay que calcular el NPSH disponible:

$$NPSH_a (m.c.a.) = H_{tq} + H_{atm} - H_{vap} - H_f$$

Siendo:

H_{tq} : la altura de succión hasta la bomba (Cota de toma – Cota de bomba = 845,2 – 848 = -2,8 m.c.a.)

Hatm: la presión atmosférica (a 847 m.s.n.m. es de 9,28 m.c.a.)

Hvap: la presión de vapor de agua ($\approx 0,3$ m.c.a.)

Hf: las pérdidas por fricción en la tubería de succión (mayoradas a 1 m.c.a.)

$$NPSHa = -2,8 + 9,28 - 0,3 - 1 = 5,18 \text{ m.c.a.}$$

El NPSH requerido lo facilita el fabricante. Recurriendo a la *Ilustración 15* se observa que el NPSHr es de 3,66 m.

$$NPSHr = 3,66 \text{ m.c.a.}$$

$$5,18 \text{ m.c.a.} \geq 3,66 \text{ m.c.a.}$$

La bomba cumple la condición.

2.3.3.3. Bomba Pivot 2

A) Altura geométrica (Hg)

Datos:

Z1: cota de captación (m), 845 m.

Z2: cota de entrega (m), 852,2 m. (cota más elevada del emisor final)

$$Hg = z_2 - z_1 = 852,2 - 845 = 7,2 \text{ m.c.a.}$$

B) Pérdidas de carga (Hp)

Datos:

Hc: pérdidas de carga continuas (+codos) = Conducción al Pivot 2 = 23 m.c.a.

Hs: pérdidas de carga singulares según elemento y velocidad de paso en el tramo de ubicación (2,21 m/s) + pérdidas en filtrado (5 m.c.a.)

$$\text{Válvula de retención} = K \frac{V^2}{2g} = 2,5 \times \frac{2,21 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,28 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{Válvula de compuerta} = K \frac{V^2}{2g} = 5 \times \frac{2,21 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,56 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{Controlador de gasto} = K \frac{V^2}{2g} = 2,5 \times \frac{2,21 (m/s)^2}{2 \times 9,81(m/s^2)} = 0,28 \text{ m.c.a.}$$

Tabla 19: Pérdidas de carga singulares conducción P2

Tipo de válvula	Nº de elementos	Pérdida singular/elemento (m.c.a.)	Pérdida singular total (m.c.a.)
Válvula antirretorno/de retención	2	0,28	0,56
Válvula de compuerta	2	0,56	1,12
Contador/Controlador de gasto	1	0,28	0,28

Fuente: Elaboración propia.

Procedemos a calcular H_p :

$$H_p = H_c + H_s = 23 + (0,56 + 1,12 + 0,28 + 5) = 29,96 \text{ m.c.a.}$$

C) Presión de servicio H_e :

La presión de servicio es la calculada en el apartado 2.2.7. *Presión a la entrada del pivot*, que para el Pivot 2 es:

$$H_e = 22,9 \text{ m.c.a.}$$

Con estos datos procedemos a calcular la altura manométrica total (H) de la bomba:

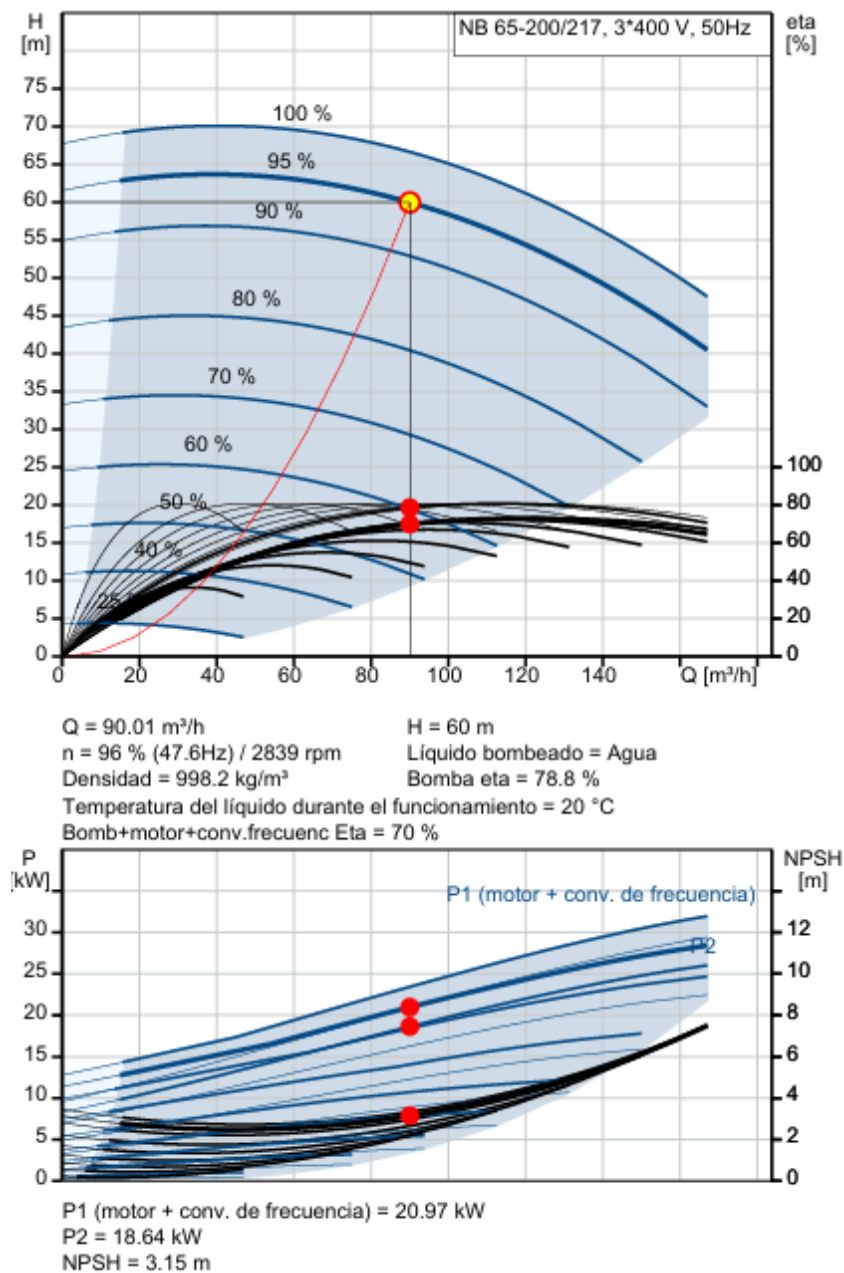
$$H = H_g + H_p + H_e = 7,2 + 29,96 + 22,9 = 60,06 \approx 60 \text{ m.c.a.}$$

Acorde con las condiciones de la toma, se instalará una bomba centrífuga horizontal monoetapa con VFD. Esta bomba deberá suministrar 60 m.c.a. (5,88 bar) y un caudal de 25 l/s (90,01 m³/h), además de cumplir la condición de no cavitación.

Un modelo que se adapta a los requerimientos es el NB 65-200/217 de Grundfos®.

En el punto de operación considerado, la bomba demanda una potencia eléctrica absorbida de 20,97 kW, lo que equivale a un consumo diario de aproximadamente 315 kWh si se mantiene en funcionamiento durante 15 horas.

Ilustración 15: Características tipo bomba P2



Fuente: Extracto de la ficha técnica de la bomba NB 65-200/217

Se debe corroborar el cumplimiento de la condición de no cavitación para esta bomba:

$$NPSH_a \geq NPSH_r$$

Hay que calcular el NPSH disponible:

$$NPSH_a (m.c.a.) = H_{tq} + H_{atm} - H_{vap} - H_f$$

Siendo:

H_{tq}: la altura de succión hasta la bomba (Cota de toma – Cota de bomba = 845,2 – 848 = -2,8 m.c.a.)

H_{atm}: la presión atmosférica (a 847 m.s.n.m. es de 9,28 m.c.a.)

H_{vap}: la presión de vapor de agua ($\approx 0,3$ m.c.a.)

H_f: las pérdidas por fricción en la tubería de succión (mayoradas a 1 m.c.a.)

$$NPSHa = -2,8 + 9,28 - 0,3 - 1 = 5,18 \text{ m.c.a.}$$

El NPSH requerido lo facilita el fabricante. Recurriendo a la *Ilustración 15* se observa que el NPSH_r es de 3,15 m.

$$NPSHr = 3,15 \text{ m.c.a.}$$

$$5,18 \text{ m.c.a.} \geq 3,15 \text{ m.c.a.}$$

La bomba cumple la condición.

2.4. Balsa de Riego

En el presente proyecto se considera necesaria la instalación de un recipiente de regulación que permita la viabilidad del sistema de riego solar. Para ello se ha diseñado una balsa de riego próxima a la caseta de bombeo, que regule el agua que proviene de la captación subterránea. Este elemento servirá de paso intermedio entre la captación y el resto de la red, reduciendo la potencia requerida por la bomba del pozo y permitiendo la instalación de bombas intermedias de menor potencia que puedan servirse de un modo más efectivo de la energía solar.

La balsa deberá tener una capacidad próxima a 6200 m³, suficiente para almacenar agua para dos días de riego en máxima demanda:

$$\text{Capacidad balsa: } 6,7 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 10 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} \times 46,6 \text{ ha} \times 2 \text{ días} = 6244,4 \text{ m}^3 \approx 6200 \text{ m}^3$$

En la balsa proyectada se consigue una capacidad de aproximadamente 6150 m³ con un resguardo mínimo de 1 metro, suficientes para cumplir la función de regulación. Su dique estará a cota 850, aproximadamente a 2,5 metros de altura sobre la cota del terreno. El fondo de la balsa se encuentra a cota 845, 2,5 metros por debajo del nivel de suelo, a 5 metros de coronación. El ancho de coronación es de 1 metro y tendrá una inclinación positiva hacia el interior de la balsa del 1,5%.

Los taludes tienen una pendiente del 45% (1H:1V). Se ha elegido una pendiente pronunciada pero viable para el tipo de terreno, con la intención de conseguir profundidad en pocos metros y así aprovechar el reducido espacio del que se dispone entre el pivot y la vía agrícola.

La tubería de succión enterrada realiza la toma desde el talud sureste de la balsa a cota 845,5 y el llenado se hace por medio de una tubería aérea, que se instala

encima del talud cercano al vértice norte. La balsa carece de conducción de desagüe, ya que su base se encuentra por debajo de la cota del suelo y no se podría desaguar por gravedad, el desagüe se realizará por medio de las bombas de riego si fuera necesario en operaciones de mantenimiento y reparaciones.

En cuanto al material de cubrición, se utiliza una geomembrana impermeable conformada por una lámina homogénea de PEAD de 1,5 mm de grosor, sobre un geotextil de protección de polipropileno de 200-300 g/m². Las superficies que se deben cubrir son la base de la balsa (1243,2 m²) y los taludes interiores (1310,8 m²), haciendo un total de 2553,9 m².

2.5. GENERACIÓN DE ENERGÍA

Las unidades de bombeo del apartado anterior requieren energía eléctrica para funcionar. Los datos de consumo vienen en la siguiente tabla:

Tabla 20: Datos del consumo de la explotación

Bomba (modelo Grundfos)	Potencia absorbida P1 (kW)	Energía diaria 15 h (kWh)	Factor de potencia ($\cos\phi$)	Potencia aparente (kVA)	Tensión
SP 215-3	57,17	858	0,79	72,4	3×400 V
NB 65-200/217	20,97	315	0,85	24,7	3×400 V
NB 80-200/188	22,88	343	0,85	26,9	3×400 V
Total sistema (simultáneo)	101	1,516	—	124	—

Fuente: Elaboración propia.

Para garantizar el funcionamiento simultáneo de las tres bombas previstas en la instalación, se ha calculado una demanda de potencia eléctrica absorbida de aproximadamente 101 kW en régimen continuo. Esta potencia representa el consumo conjunto de los equipos en sus respectivos puntos de operación, y constituye la referencia básica para el dimensionamiento tanto del sistema fotovoltaico como del grupo electrógeno.

En el caso del campo fotovoltaico, se deberá asegurar una capacidad de generación suficiente para suministrar dicha potencia durante las horas de radiación útil. Considerando las pérdidas por temperatura, orientación, inversores y cableado, se recomienda sobredimensionar el generador solar en un 15-20% respecto a la potencia absorbida, lo que implica instalar un sistema con una

potencia pico de 120-130 kWac y una potencia instalada en paneles de 145-170 kWdc.

Por otro lado, el grupo electrógeno deberá ser capaz de cubrir la misma potencia de forma estable durante las horas en que no se disponga de energía solar suficiente. Dado que los motores eléctricos presentan un factor de potencia inferior a la unidad (entre 0,79 y 0,85), la potencia aparente requerida se sitúa en torno a 124 kVA. Para garantizar un funcionamiento seguro y evitar sobrecargas, se recomienda seleccionar un grupo electrógeno con una potencia nominal de al menos 130-140 kVA.

2.5.1. Campo fotovoltaico

La instalación fotovoltaica proyectada tiene como objetivo suministrar la energía necesaria para el funcionamiento simultáneo de las bombas de captación y riego de la explotación, con una demanda máxima de 101 kW de potencia activa continua. Para ello se ha diseñado un campo solar con sobredimensionamiento respecto a la potencia absorbida, de forma que se garantice el suministro en condiciones reales de operación y se reduzca la dependencia del grupo electrógeno.

2.5.1.1. Elección del módulo

Los módulos serán de tipo LongiSolar LR5-72 HPH de 535 Wp, o equivalente, con las siguientes características principales:

- Potencia nominal: 535 Wp
- Tensión máxima de sistema: 1500 V (IEC)
- Tensión en el punto de máxima potencia (VMPP): 41,5 V
- Corriente en el punto de máxima potencia (IMPP): 12,90 A
- Tensión en circuito abierto (VOC): 49,35 V
- Corriente de cortocircuito (ISC): 13,78 A
- Eficiencia: 21,5 %
- Tecnología: monocristalino half-cut, 144 células (6×24)
- Dimensiones: 2.256 × 1.133 × 35 mm, peso 27,2 kg

La elección de este módulo responde a su elevada eficiencia, robustez mecánica y compatibilidad con sistemas de 1500 V, lo que permite strings más largos y una reducción de pérdidas en cableado.

2.5.1.2. Potencia producida

La potencia que los módulos producen varía dependiendo de la orientación, la latitud y de si la estructura precisa de seguidor solar o no.

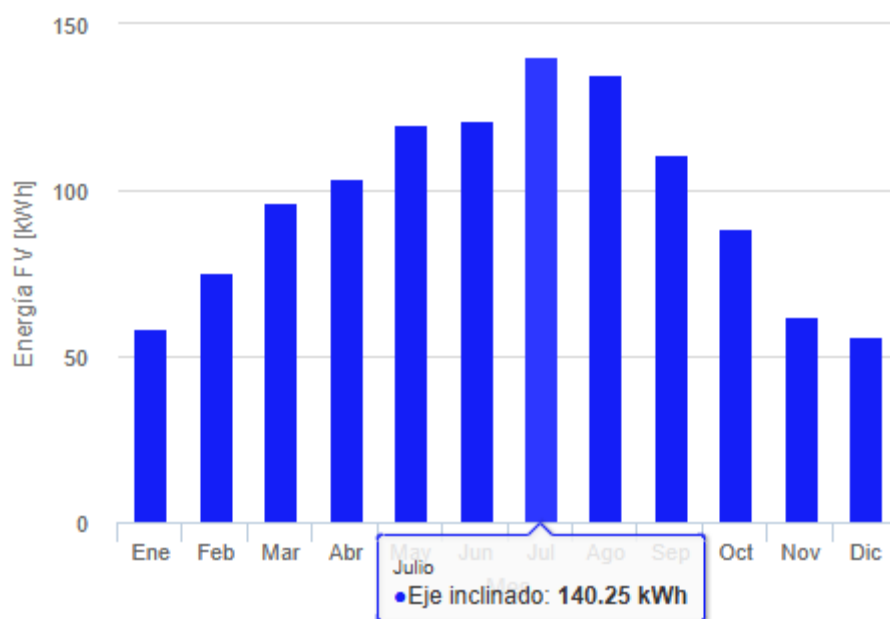
Para estimar la potencia que produce un módulo tipo de 535 Wp con seguidor solar de eje inclinado, en la ubicación de la explotación, se recurre al software FPVGIS®. Los datos recopilados son los siguientes:

Tabla 21: Datos de producción energética del módulo

Datos proporcionados:		Resultados de la simulación	Eje inclinado
Localización [Lat/Lon]:	41.772,-4.895	Slope angle [°]:	39 (opt)
Horizonte:	Calculado	Producción anual FV [kWh]:	1167.42
Base de datos:	PVGIS-SARAH3	Irradiación anual [kWh/m ²]:	2675.79
Tecnología FV:	Silicio cristalino (2025)	Variación interanual [kWh]:	33.6
FV instalada [kWp]:	0.535	Cambios en la producción debido a:	
Pérdidas sistema [%]:	14		
		Ángulo de incidencia [%]:	-1.4
		Efectos espectrales [%]:	0.53
		Temperatura y baja irradiancia [%]:	-4.33
		Pérdidas totales [%]:	-18.45

Fuente: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).

Ilustración 16: Producción mes de máximas necesidades de riego



Fuente: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).

Fijándonos en el mes de julio, mes en el que es más probable que se necesite la utilización simultánea de las tres bombas, se producen 140,25 kWh.

Para cubrir la demanda de ≈ 101 kWac en condiciones de operación, se ha previsto un sobredimensionamiento DC/AC del orden de 1,3-1,4, lo que sitúa la potencia instalada en paneles en el rango de 145-170 kWp.

Se establece que la demanda de las tres bombas es de 150 kW de potencia pico y deben operar durante 7,5 horas diarias. La energía diaria requerida se obtiene multiplicando la potencia por el tiempo de operación:

$$150 \text{ kW} \times 7,5 \text{ h} = 1125 \text{ kWh/día}$$

Cada módulo fotovoltaico produce 140,25 kWh en julio, lo que equivale a:

$$140,25 \text{ kWh} / 31 \text{ días} = 4,524 \text{ kWh/día módulo}$$

El número de módulos necesarios se determina dividiendo la energía diaria requerida por la energía diaria aportada por un módulo:

$$1125 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} / 4,524 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} = 248,8 \approx 250 \text{ módulos}$$

2.5.1.3. Inversor

Se utilizarán inversores trifásicos de 175 kW a 40 °C, tipo SUN2000-185KTL-H1 de Huawei o similar, a continuación, se detallan sus principales características:

ENTRADA Vcc

- Voltaje de entrada máx: 1.100V
- Corriente máx por MPPT: 20 A
- Corriente de cortocircuito máx por MPPT: 45 A
- Voltaje de entrada inicial: 450V
- Rango de voltaje de operación de MPPT: 400-1.050V
- Voltaje nominal de entrada: 950V
- Número de entradas: 12
- Número de MPPT: 6

CARACTERISTICAS GENERALES

- Dimensiones (L x A x F): 1.000 x 680 x 350 mm
- Peso (con soporte de montaje): 80 kg
- Temperatura de operación: -25°C ~ 60°C
- Método de enfriamiento: Refrigeración inteligente con aire
- Máx. altitud de operación: 4,000 m
- Humedad relativa: 0 ~ 100%
- Conector de DC: Staubli MC4 EVO2
- Conector de AC: Terminal de PG resistente al agua + Conector OT/DT
- Grado de protección IP66
- Topología: Sin transformador

2.5.1.4. Configuración de los strings

La configuración del campo solar obedece a los límites operativos del inversor con respecto a los strings. Es por ello por lo que para garantizar que la tensión de operación de cada string se mantenga dentro del rango de funcionamiento se debe estimar un número de módulos por string adecuado.

El parámetro que permite cuantificar esta variación es el coeficiente de temperatura de tensión, indicado en la ficha técnica del fabricante. En el caso del módulo seleccionado LONGi Solar LR5-72HPH de 535 Wp, los valores suministrados por el fabricante son los siguientes:

Tabla 22: Coeficientes de temperatura de Voc y Vmp del módulo

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Condición
Tensión de circuito abierto	Voc,STC	49,35	V	25 °C
Tensión en punto de máxima potencia	Vmp,STC	41,50	V	25 °C
Coeficiente de temperatura de Voc	βVoc	-0,28	%/°C	—
Coeficiente de temperatura de Vmp	βVmp	-0,30	%/°C	—

Fuente: Datos provenientes de la ficha técnica del modelo LR5-72HPH.

Para comprobar que el número de módulos en serie no supera la tensión máxima admisible por el inversor, se considera la temperatura mínima de operación de la zona, fijada en -10 °C.

La tensión de circuito abierto a dicha temperatura se calcula mediante la expresión:

$$Voc(T) = Voc_{STC} \times (1 + \beta Voc \times (T - 25))$$

$$Voc(-10) = 49,35 \times (1 - 0,0028 \times (-35)) = 49,35 \times 1,098 = 54,46 \text{ V}$$

Para comprobar que la tensión de operación se mantiene dentro del rango de seguimiento MPPT del inversor, se considera una temperatura máxima de operación de 70 °C. La tensión de trabajo en el punto de máxima potencia será:

$$Vmp(T) = Vmp_{STC} \times (1 + \beta Vmp \times (T - 25))$$

$$Vmp(70) = 41,5 \times (1 - 0,00030 \times 45) = 41,5 \times 0,865 = 35,8 \text{ V}$$

A continuación, se procede a estimar el número de strings para los aproximadamente 250 módulos y comprobar su compatibilidad con el inversor (comprobamos con 25 módulos/string):

$$N_{strings} = \frac{250}{19} = 13,2 \approx 14 \text{ strings}$$

$$Vstring(-10^{\circ}C) = 19 \times 54,46 = 1034,7 \text{ V} < 1050 \text{ V (Cumple)}$$

$$Vstring(70^{\circ}C) = 19 \times 35,8 = 680 \text{ V} > 400 \text{ V (Cumple)}$$

Se confirma que los strings deberán de ser de un máximo de 19 módulos. Pero la configuración final apropiada distribuye los módulos en un numero entero de strings, por lo que se proponen strings de 17 módulos, reduciendo el número de strings de 19 módulos:

$$V_{string} (-10^{\circ}C) = 17 \times 54,46 = 925,8 V < 1050 V \text{ (Cumple)}$$

$$V_{string} (70^{\circ}C) = 17 \times 35,8 = 608,6 V > 400 V \text{ (Cumple)}$$

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = N^{\circ} \text{Strings} \times \frac{\text{módulos}}{\text{string}} = 10 \times 19 + 4 \times 17 = 258 \text{ módulos}$$

Esto nos deja un número total de 14 strings, 10 de 19 módulos y 4 de 17 módulos.

Debido al límite máximo de conexiones MPPT del inversor es 6, se requerirán 3 inversores, 2 de ellos con 6 conexiones y otro con 2 conexiones y 4 puertos libres para posibles ampliaciones.

La configuración final es la siguiente:

Tabla 23: Resumen configuración del campo fotovoltaico

TABLA RESUMEN DE LA CONFIGURACIÓN	
Strings de 19 módulos	10
Strings de 17 módulos	4
Strings totales	14
Módulos totales	258
Número de Inversores necesarios	3

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.5. Disposición en campo

Los módulos fotovoltaicos se dispondrán sobre seguidores de un eje de tipo inclinado (Inclined Axis), orientado de Norte a Sur, consiguiendo un giro de los módulos Este-Oeste a lo largo del día. El eje de movimiento se sitúa en el eje transversal del panel, centrado respecto al módulo.

Las filas de módulos se instalarán sobre una línea de apoyos de acero galvanizado que se clavan al suelo (hincado directo) introduciéndose aproximadamente 2 metros. La separación entre cada poste es de 4 o 5 módulos.

La separación mínima entre filas (p) se determina considerando la altura máxima del módulo durante su movimiento y la altura solar en la condición crítica mediante la siguiente expresión, para ello se tiene en cuenta las dimensiones del módulo (2,256 m × 1,133 m):

$$p = \frac{h_{max}}{\tan(\alpha)} + \text{margen}$$

La altura solar (α) para la latitud en la que se localizan los módulos ($41,772^\circ$ N) en el solsticio de invierno es de $24,78^\circ$ aproximadamente.

La altura máxima del borde superior del módulo (h_{max}) durante la rotación se calcula de la siguiente forma:

$$h_{max} = heje + \frac{L}{2} \cdot \sin(\beta_{max})$$

El eje se colocará a una altura estándar de 1 m del suelo ($heje$) y L es la altura máxima del borde superior del módulo (2,256 m). El ángulo β_{max} es la inclinación máxima del seguidor establecida en 45° . Con estos datos obtenemos h_{max} :

$$h_{max} = 1 + \frac{2,256}{2} \cdot \sin(45^\circ) \approx 1,8 \text{ m}$$

Estableciendo un margen operativo de 0,3 m procedemos a calcular la separación entre módulos:

$$p = \frac{1,8}{\tan(24,78)} + 0,3 \approx 4,2 \text{ m}$$

Por tanto, la distancia entre filas se ha establecido en al menos 4,2 m, garantizando que no haya sombreado crítico durante el solsticio de invierno. La altura del eje y la longitud del módulo pueden ajustarse según el diseño específico, modificando proporcionalmente la separación entre filas, siempre respetando un margen adicional mínimo de 0,3 m para mantenimiento y tolerancias de instalación.

2.5.2. Grupo electrógeno

Se recomienda como generador tipo el KOHLER-SDMO J130 (50 Hz), equipado con motor John Deere 4045HSG21 y alternador KOHLER de clase H, IP23, con capacidad de arranque de motores y regulación de tensión $\pm 0,5\%$. Sus consumos se sitúan en torno a 27-28 L/h a plena carga PRP, con depósito estándar de 190 L y versiones ampliadas hasta 825 L, aunque en el planteamiento se estima poco probable su uso a plena carga.

Su potencia nominal en Standby (130 kVA) se ajusta al rango recomendado (130-140 kVA), garantizando la cobertura estable de la demanda prevista de 124 kVA y ofreciendo un margen de seguridad frente a sobrecargas puntuales.

Ilustración 17: Generador tipo recomendado



Fuente: Ficha técnica de Kohler SDMO 130kVA Diesel Generator - J130K

2.6. CONDUCCIÓN ELÉCTRICA

El cableado de la instalación se seleccionará siguiendo los criterios marcados por el REBT y las recomendaciones de los fabricantes. Para ello se aplican las siguientes reglas generales:

Los cables se elegirán con una sección suficiente para soportar la corriente máxima prevista y para mantener la caída de tensión dentro de los límites permitidos en cada tipo de circuito (DC, AC e interconexión con inversores). Se tendrán en cuenta las condiciones reales de instalación (temperatura, longitud, tipo de canalización o agrupamiento) aplicando los factores de corrección correspondientes.

En los tramos de corriente continua se empleará cableado específico para fotovoltaica (tipo PV1-F o equivalente), apto para 1500 V, exposición solar y ambientes exteriores. En los circuitos de corriente alterna se utilizarán cables con aislamiento 0,6/1 kV adecuados al tipo de montaje (bandeja, tubo, enterrado, etc.).

La sección final de cada conductor se determinará de forma que soporte térmicamente la corriente del circuito, cumpla los límites de caída de tensión, sea compatible con las protecciones instaladas y garantice un funcionamiento seguro y fiable de toda la instalación.

2.7. CASETA DE RIEGO

La instalación de una caseta de riego prefabricada de hormigón pretensado se considera la solución más adecuada para alojar los equipos eléctricos, de control y bombeo asociados al sistema. Este tipo de estructura ofrece una elevada resistencia mecánica y una durabilidad superior frente a agentes atmosféricos, humedad, radiación solar y posibles impactos, garantizando así la protección física y ambiental de la instalación.

Su construcción en fábrica asegura calidad y tiempos de montaje muy reducidos, lo que permite minimizar las interferencias con la obra y acelerar la puesta en servicio.

Este tipo de casetas ofrecen una solución compacta, estanca y de fácil mantenimiento, muy apropiada para las condiciones del proyecto.

ANEJO IX: GESTIÓN DE RESIDUOS

ÍNDICE ANEJO IX. GESTIÓN DE RESIDUOS

1.	Introducción.....	1
6.	Estimación de la generación de residuos.....	5
7.	Destino y tratamiento de los residuos	6
8.	Medidas de prevención	7
8.1.	Prevención de residuos en la adquisición de materiales.....	7
8.2.	Prevención de residuos durante la ejecución de la obra	8
9.	Gestión de residuos	8
9.1.	Gestión de residuos no peligrosos	8
9.2.	Gestión de residuos peligrosos	10
10.	Plan de almacenamiento temporal	10

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo tiene como objetivo servir de guía práctica para la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que se generen durante las obras de transformación a regadío en la finca situada en la provincia de Valladolid. El documento busca fomentar una gestión responsable de los residuos, promoviendo el uso eficiente de los recursos y la reducción del impacto ambiental de las actividades de obra.

Este anejo se redacta de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, y conforme a la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, que establece el marco general para la gestión de residuos en España.

Asimismo, se tienen en cuenta las disposiciones del Decreto 11/2014, de 20 de marzo, por el que se regula la producción y gestión de los RCD en la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Este decreto adapta la normativa estatal a la realidad autonómica y concreta los procedimientos y obligaciones que deben cumplirse en el territorio.

2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La obra consiste en la transformación de una finca de secano a regadío mediante la instalación de sistemas de riego pivot sectoriales sirviéndose del agua de un acuífero subterráneo extraída por medio de una bomba sumergible.

El pozo ya existente tiene una profundidad de 60 metros, por lo que no se requiere mayor perforación.

Durante la ejecución del proyecto se llevarán a cabo distintos trabajos, entre ellos la instalación de una caseta principal para el grupo de bombeo, un cobertizo para el pozo y los elementos de medición y seguridad de éste, la instalación de placas solares con sus estructuras de apoyo, la colocación de dos pivots de riego y la construcción de una balsa de regulación de agua, así como la ejecución de zanjas y tendidos de tuberías enterradas. Cada una de estas actuaciones generará residuos de distinta naturaleza que deberán ser tratados de forma adecuada.

3. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

Para la elaboración de este anejo se han tenido en cuenta las principales disposiciones legales en materia de gestión de residuos y protección ambiental aplicables al proyecto.

Como principio general, se parte del artículo 45 de la Constitución Española, que reconoce el derecho de todos los ciudadanos a disfrutar de un medio ambiente adecuado, así como el deber de conservarlo y protegerlo.

Las normas de referencia empleadas para la redacción de este documento son las siguientes:

- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular: norma marco actual que regula la prevención, producción y gestión de residuos, incluyendo los RCD. Sustituye a la derogada Ley 22/2011.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición: establece las obligaciones de productores y gestores, promoviendo la reducción, reutilización, reciclaje y correcta eliminación de los residuos generados en obras.
- Decreto 11/2014, de 20 de marzo, por el que se regula la producción y gestión de los RCD en Castilla y León: desarrolla y adapta las disposiciones del Real Decreto 105/2008 al ámbito autonómico, fijando los procedimientos y requisitos específicos para esta comunidad.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, modificado por el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, que actualiza los requisitos técnicos y de seguridad conforme a la normativa europea.

4. AGENTES INTERVINIENTES

Para la correcta gestión de los residuos generados durante la ejecución de la obra, intervienen los siguientes agentes, cada uno con funciones y responsabilidades específicas según la normativa vigente:

Productor de residuos (Promotor): Pablo de Antonio Calvo

Es la persona o entidad que promueve la ejecución del proyecto de transformación a regadío. Es responsable de garantizar el cumplimiento de las normativas y requisitos legales en materia de gestión de residuos.

Entre sus funciones se incluyen la contratación de servicios de gestión autorizados, la adopción de medidas preventivas y la dotación de los recursos necesarios para asegurar una correcta gestión de los residuos generados durante las obras.

Poseedor de residuos (Contratista o empresa constructora):

Es la persona o empresa que ejecuta los trabajos de construcción e instalación previstos en el proyecto.

Tiene la obligación de aplicar las medidas de prevención, separación y gestión de residuos establecidas, además de supervisar la correcta segregación, almacenamiento temporal y posterior entrega a gestor autorizado. Debe mantener los registros y justificantes de entrega de residuos conforme a la normativa.

Gestor de residuos:

Es la entidad autorizada para recibir, almacenar, tratar, valorizar o eliminar los residuos procedentes de la obra. El gestor debe estar debidamente inscrito en el Registro de Gestores de Residuos de la Comunidad Autónoma y cumplir con las exigencias técnicas y ambientales aplicables.

Su función principal es garantizar que los residuos sean tratados de manera segura y sostenible, mediante procesos de reciclaje, valorización o eliminación en vertedero autorizado.

Técnico redactor (Proyectista): Luis Álvarez Guillén

Es el responsable de la redacción del proyecto y de este anejo de gestión de residuos.

Su papel consiste en definir las medidas preventivas y de control necesarias, así como en prever la correcta clasificación, gestión y valorización de los residuos generados durante la ejecución del proyecto.

5. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

Durante la ejecución del proyecto se generarán diversos residuos de construcción y demolición (RCD). Estos residuos se clasifican de acuerdo con la Lista Europea de Residuos (LER), establecida por la Decisión 2014/955/UE, y su transposición nacional mediante la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

En función de su naturaleza y peligrosidad, los RCD se agrupan en tres niveles:

RCD Nivel I – Residuos no peligrosos inertes

Son residuos inertes que no presentan riesgo para la salud humana ni para el medio ambiente. Suelen proceder de excavaciones, demoliciones parciales o trabajos de cimentación.

Ejemplos: tierras y pétreos de excavación, hormigón, ladrillos, cerámicas, tejas, materiales pétreos y áridos naturales.

Estos residuos pueden ser reutilizados, reciclados o gestionados en plantas de valorización autorizadas.

RCD Nivel II – Residuos no peligrosos valorizables

Incluyen materiales susceptibles de ser reciclados o valorizados, pero que requieren una separación y tratamiento previo.

Ejemplos: metales (hierro, acero, cobre, aluminio), maderas no tratadas, plásticos no peligrosos, papel, cartón, vidrio, entre otros.

Estos residuos deben almacenarse de forma diferenciada para facilitar su recuperación y reciclaje.

RCD Nivel III – Residuos peligrosos

Se trata de residuos que, por su composición o características, presentan riesgos para la salud o el medio ambiente.

Ejemplos: envases de productos químicos, aceites usados, baterías, materiales con amianto, disolventes o restos de pinturas con componentes peligrosos.

Su gestión debe realizarse a través de gestores autorizados para residuos peligrosos, cumpliendo la normativa específica y manteniendo su trazabilidad.

Tabla 1: Códigos LER de los residuos previstos durante la ejecución de la obra

Nivel de RCD	Código LER	Descripción del residuo
Nivel I	17 05 04	Tierras y piedras no contaminadas procedentes de excavaciones
	01 04 08	Residuos de grava y otros materiales de excavación no contaminados
	17 01 01	Hormigón
	17 01 02	Ladrillos
	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
Nivel II	17 04 05	Hierro y acero
	17 04 07	Metales mezclados (no ferrosos)
	17 02 01	Madera
	17 02 03	Plástico
	20 01 01	Papel y cartón
	15 01 02	Envases de plástico
Nivel III	13 02 05*	Aceites minerales no clorados usados
	15 01 10*	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
	16 06 01*	Baterías de plomo
	17 06 05*	Materiales de construcción que contienen amianto (si apareciera en desmontes o conducciones antiguas)

Los códigos marcados con asterisco () corresponden a residuos peligrosos.

Fuente: Adaptado de la Lista Europea de Residuos (LER), Orden MAM/304/2002 y actualización según Decisión 2014/955/UE.

6. ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS

En proyectos de transformación de fincas a regadío, como el presente, es importante anticipar los residuos que se generarán. Esto permite planificar su gestión y reducir impactos ambientales.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) se estiman en base a la Lista Europea de Residuos (LER) y densidades típicas de materiales, siguiendo lo establecido en el Real Decreto 105/2008. Para este proyecto, se identifican principalmente dos niveles de residuos:

Nivel I: Residuos inertes, principalmente tierras y materiales pétreos.

Nivel II: Residuos no peligrosos valorizables, como hormigón, ladrillos, metales, plásticos, papel/cartón y madera utilizada como encofrado temporal.

Tabla 2: Estimación de la cantidad de RCD generados en obra

Nivel de RCD	Descripción	Código LER	Peso (t)	Densidad (t/m ³)	Volumen (m ³)	Naturaleza
Nivel I	Tierras y piedras de excavación	17 05 04	18,0	1,30	1202,9	Pétreo
	Arena, grava y otros áridos	01 04 08	0,10	1,60	515,6	Pétreo
Nivel II	Hormigón	17 01 01	0,15	1,63	0,09	No pétreo
	Ladrillos y cerámicas	17 01 02	0,35	1,60	0,22	No pétreo
	Hierro y acero	17 04 05	0,05	7,80	0,006	No pétreo
	Madera (encofrado temporal)	17 02 01	0,05	0,70	0,07	No pétreo
	Plástico	17 02 03	0,50	1,20	0,42	No pétreo
	Papel y cartón	20 01 01	0,02	0,90	0,02	No pétreo

Fuente: Elaboración propia, basada en estimaciones del proyecto y normativa vigente (RD 105/2008 y Ley 7/2022).

7. DESTINO Y TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS

Para garantizar un manejo ambientalmente responsable, se han definido los siguientes destinos y tratamientos:

Tabla 3: Destino y tratamiento de los CDR

Nivel de RCD	Descripción	Código LER	Peso (t)	Destino	Tratamiento
Nivel I	Tierras y piedras de excavación	17 05 04	18,0	Reutilización in situ	Se pueden usar para rellenos o nivelación de la parcela.
	Arena, grava y otros áridos	01 04 08	0,10	Gestor autorizado	Trituración y valorización como base o subbase en otras obras.
Nivel II	Hormigón	17 01 01	0,15	Gestor autorizado	Trituración y reutilización como árido reciclado.
	Ladrillos y cerámicas	17 01 02	0,35	Gestor autorizado	Trituración y valorización para nuevas construcciones.
	Hierro y acero	17 04 05	0,05	Gestor autorizado	Recuperación y envío a plantas de reciclaje metálico.
	Madera (encofrado temporal)	17 02 01	0,05	Gestor autorizado	Reutilización en encofrados posteriores, o valorización energética/biomasa.
	Plástico	17 02 03	0,50	Gestor autorizado	Reciclaje en plantas especializadas para fabricación de nuevos productos.
	Papel y cartón	20 01 01	0,02	Gestor autorizado	Reciclaje en plantas para producción de papel reciclado.

Fuente: Elaboración propia, basada en estimaciones del proyecto y normativa vigente (RD 105/2008 y Ley 7/2022).

8. MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Para minimizar la generación de residuos durante la ejecución de la obra, se adoptarán una serie de medidas preventivas centradas en la planificación, selección de materiales y buenas prácticas de construcción. Estas medidas buscan reducir el impacto ambiental y fomentar la reutilización y el reciclaje.

8.1. PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA ADQUISICIÓN DE MATERIALES

Selección sostenible de materiales: Se dará prioridad a materiales que generen menos residuos durante su fabricación y uso. Se favorecerán aquellos que sean reciclables, reutilizables o procedan de fuentes renovables, como plásticos

reciclados para conducciones o maderas certificadas para encofrados temporales.

Planificación de compras: Se calcularán las cantidades exactas de materiales necesarios para la obra, evitando excesos que puedan convertirse en residuos. Esto incluye hormigón, áridos, tuberías, placas solares y materiales para cimentaciones.

Embalaje y transporte responsable: Se intentará reducir al mínimo los embalajes de los suministros y, siempre que sea posible, trabajar con proveedores locales para disminuir la huella de carbono derivada del transporte.

8.2. PREVENCIÓN DE RESIDUOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Organización de la obra: Se planificarán las fases de trabajo de manera eficiente, coordinando los equipos y evitando procesos duplicados o innecesarios que puedan generar residuos adicionales.

Separación y almacenamiento selectivo: Se habilitarán áreas o contenedores específicos para cada tipo de residuo (tierras, áridos, metales, plásticos, madera, papel), facilitando su reutilización o envío a gestores autorizados.

Reutilización de materiales: Siempre que sea posible, se aprovecharán materiales de la propia obra, como madera de encofrados para cimentaciones, piedras y áridos para rellenos, o plásticos de tuberías sobrantes en otras secciones del proyecto.

Supervisión y formación: Se llevará un control continuo sobre los procesos constructivos para garantizar que se cumplan las medidas preventivas. Además, se concienciará y formará al personal sobre la importancia de reducir residuos y gestionar correctamente los materiales sobrantes.

9. GESTIÓN DE RESIDUOS

Para la correcta gestión de los residuos generados en la obra, se comenzará identificando los tipos de residuos que se producirán y estableciendo las medidas para su reutilización, reciclaje o eliminación segura, siguiendo la normativa vigente (RD 105/2008 y Ley 7/2022).

9.1. GESTIÓN DE RESIDUOS NO PELIGROSOS

Esta categoría incluye los residuos de construcción y demolición que no representan riesgos significativos para la salud o el medio ambiente. En este proyecto, los residuos no peligrosos incluyen tierras, áridos, hormigón, ladrillos, cerámicas, hierro, acero, madera, plásticos y papel/cartón.

Tabla 4: Identificación y medidas para cada residuo

Tipo de residuo	Código LER	Reutilización
Tierras y pétreos de excavación	17 05 04	Sí
Arena, grava y otros áridos	01 04 08	No
Hormigón	17 01 01	No
Ladrillos y cerámicas	17 01 02	No
Hierro y acero	17 04 05	No
Madera de encofrado	17 02 01	Sí
Plástico	17 02 03	No
Papel y cartón	20 01 01	No

Fuente: Elaboración propia, basada en normativa vigente (RD 105/2008 y Ley 7/2022).

RCD Nivel I: Tierras y pétreos de excavación

Durante la construcción de la balsa y la excavación de zanjas para las tuberías enterradas, la tierra removida se depositará temporalmente en el borde de las zanjas o en áreas habilitadas dentro de la finca, con el objetivo de reutilizarla para rellenos de taludes y nivelación del terreno una vez colocadas las tuberías. Esto reduce la generación de residuos y aprovecha los materiales disponibles en obra.

RCD Nivel II: Hormigón, ladrillos, cerámicas, hierro, acero, madera, plástico y papel. Los residuos de este nivel se gestionarán de manera diferenciada según su naturaleza:

- Hormigón, ladrillos y cerámicas: serán entregados a gestores autorizados para su trituración y valorización como árido reciclado.
- Hierro y acero: se enviarán a plantas de reciclaje metálico.
- Madera de encofrado: se reutilizará en nuevas cimentaciones o se valorizará como biomasa.
- Plásticos y papel/cartón: se recogerán selectivamente y se entregarán a gestores autorizados para su reciclaje.

Tabla 5: Cantidades de residuo umbrales

Residuo	Cantidad mínima para separación (aprox.)	Límite umbral legal RD 105/2008, art. 5
Hormigón	10 t	80 t
Ladrillos, tejas, cerámicos	8 t	40 t
Metal	1 t	2 t
Madera	0,5 t	1 t
Vidrio	0,5 t	1 t
Plástico	0,3 t	0,5 t
Papel y cartón	0,3 t	0,5 t

Fuente: Elaboración propia, basada en normativa vigente (RD 105/2008).

No se exige separación obligatoria por cantidades máximas, ya que las generadas en este proyecto son inferiores a los límites establecidos en el artículo 5 del RD 105/2008.

En este proyecto, las cantidades reales generadas son inferiores a estos umbrales, pero se mantendrá la separación selectiva y la entrega a gestores autorizados.

9.2. GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Los residuos peligrosos son aquellos que contienen sustancias que pueden dañar la salud o el medio ambiente, como amianto, pinturas con plomo o disolventes.

En este proyecto no se generarán residuos peligrosos, ya que no se emplean materiales con estas características.

10. PLAN DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL

Para asegurar una gestión ordenada y segura de los residuos generados durante la obra, se habilitará un área de almacenamiento temporal dentro de la finca La Matilla.

Ubicación del área: El área de almacenamiento temporal de residuos se ubicará cerca de la entrada principal de la finca La Matilla, de manera que sea de fácil acceso para el depósito de los materiales generados durante la obra y su posterior traslado a gestores autorizados. Esta ubicación minimiza interferencias con las zonas de trabajo de las casetas, pivots y tanque, y optimiza los recorridos internos de transporte dentro de la finca.

Descripción del área: Se habilitará un espacio acotado dentro de la finca de aproximadamente 20 m² destinado exclusivamente al almacenamiento temporal de residuos. La zona contará con señalización adecuada para identificar los distintos tipos de residuos y mantener un orden que facilite su manejo seguro y eficiente. Además, se asegurará que el área esté protegida frente a la lluvia y el viento para evitar dispersión de materiales.

Separación de residuos: Los residuos se clasificarán de forma que se facilite su posterior reciclaje o disposición:

Tierras y áridos: depositados temporalmente junto a las zanjas excavadas para su posterior reutilización.

Madera de encofrado: almacenada en palés o contenedores identificados para su reutilización en obra o valorización.

Metales (hierro y acero): en contenedores específicos, listos para entrega a gestor autorizado.

Plásticos y papel/cartón: en contenedores separados, preparados para su reciclaje.

Capacidad: El área contará con un contenedor principal de aproximadamente $2,5 \text{ m}^3$, destinado a residuos inertes y generales (embalajes, plásticos sobrantes). Para otros residuos que se generen en cantidades menores o que requieran separación específica, se dispondrán contenedores auxiliares o espacios delimitados dentro del área.

Ilustración 1: Ubicación zona de almacenamiento de residuos



Fuente: Elaboración propia.

ANEJO X: PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS

ÍNDICE ANEJO X. PROGRAMACIÓN DE OBRA

1. Introducción.....	1
2. Plan general de obra	1
3. Programación de las obras	2
4. Diagrama de Gantt.....	3

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo es establecer la organización de los trabajos necesarios para la instalación de los pivotes de riego, las canalizaciones, la balsa, la caseta de bombeo y el centro fotovoltaico, definiendo el orden de ejecución y los plazos aproximados de cada fase. Debido a la amplia variedad de intervenciones en la finca, se requiere una organización óptima para evitar contratiempos en el proyecto, siguiendo un plan cronológico que evite el solape de actividades que afecte a la capacidad operativa del personal.

La programación y el control de los trabajos afectan a todos los agentes que intervienen en el proyecto y conllevan determinadas responsabilidades, las cuales se encuentran reguladas en la Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación, publicada en el BOE nº 266 de 6 de noviembre de 1999.

2. PLAN GENERAL DE OBRA

Previo al inicio de la obra se debe corroborar la viabilidad del proyecto solicitando los permisos y licencias requeridos a las instituciones públicas pertinentes. Dicha comprobación debe realizarse por el director de obra, que debe coordinar y gestionar el plan de obra.

A continuación, se lleva a cabo el replanteo del terreno, que consiste en la localización y señalización sobre el terreno de las zonas donde se ejecutarán las distintas actuaciones. Esta fase es responsabilidad del contratista y, una vez finalizada, se procede a la firma del acta de replanteo por parte del director de obra, en la que se fija la fecha oficial de inicio de las obras y el cómputo de los plazos previstos.

Una vez concluidos los trabajos, se realiza una revisión completa del estado y funcionamiento de las instalaciones y equipos ejecutados. Tras esta comprobación, se emite el certificado final de obra y se formaliza, en presencia del promotor, el acta de recepción provisional.

3. PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS

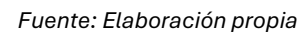
El objetivo de la programación de la obra es evitar que los montadores y técnicos de distintas disciplinas se entorpezcan entre sí interrumpiendo la obra, lo que produciría demoras en los plazos estipulados con el cliente y sobrecargas económicas.

Esta parte de planificación del proyecto facilita que el presupuesto de mano de obra se reduzca y optimice, reduciendo por lo tanto el presupuesto.

Para esta programación acudimos a un gráfico general, denominado gráfico de Gantt (Ilustración 1) en el que se puede observar la correlación de actividades que se corresponden con los apartados del presupuesto.

El transcurso de la presente obra se planifica en los meses de invierno previos al inicio del ciclo de cultivos, concretamente el inicio del cultivo de la patata que se da a finales de invierno. Por ello la planificación contempla el inicio de la obra en noviembre y su finalización a mediados de enero, con una duración completa de aproximadamente dos meses y medio.

PROGRAMACIÓN DE OBRA



ANEJO XI: INSTALACIONES

ÍNDICE ANEJO XI. INSTALACIONES

1.	Memoria.....	1
2.	Protección frente a incendios	1
2.1.	Introducción	1
2.2.	Propagación interior	2
2.3.	Propagación exterior.....	2
2.4.	Evacuación de los ocupantes.....	2
2.5.	Conclusión	2

1. MEMORIA

La instalación eléctrica de la caseta de riego y los elementos asociados se dimensiona únicamente para el funcionamiento de los equipos de regulación, control de bombas, sistemas fotovoltaicos y luminarias de mantenimiento.

- La alimentación eléctrica se obtendrá principalmente de la instalación fotovoltaica asociada, con apoyo de grupo electrógeno en caso de necesidad o mantenimiento.
- En el interior de la caseta se ubicará un depósito de combustible asociado al generador, de capacidad limitada y destinado exclusivamente a su funcionamiento.
- La caseta y el cobertizo de la bomba sumergible dispondrán de tomas monofásicas y trifásicas para conexión puntual de equipos auxiliares.
- Se prevé un punto de luz interior en la caseta y en el cobertizo para permitir tareas de inspección o mantenimiento en horario nocturno, activable mediante interruptor manual.
- La instalación se ejecutará de forma básica y segura, cumpliendo el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

La caseta y el cobertizo se han diseñado para optimizar la iluminación natural durante el día, minimizando el uso de iluminación artificial.

2. PROTECCIÓN FRENTE A INCENDIOS

2.1. INTRODUCCIÓN

El Código Técnico de la Edificación (CTE), mediante el Documento Básico DB-SI (Seguridad en caso de Incendio), establece las exigencias mínimas para la seguridad frente a incendios en edificaciones.

La instalación proyectada incluye:

- Caseta técnica para control y regulación de bombas y sistemas fotovoltaicos.
- Cobertizo para protección de la bomba sumergible de captación y su sistema de control.
- Balsa de regulación de riego y dos pivots con sus correspondientes soleras.

El uso de todos estos elementos es exclusivamente agrícola, técnico y de ocupación ocasional.

2.2. PROPAGACIÓN INTERIOR

Los recintos técnicos (caseta y cobertizo) no albergan combustibles permanentes ni materiales inflamables relevantes excepto el depósito de combustible del grupo electrógeno, cuya capacidad es reducida y destinada únicamente al funcionamiento del equipo.

- El depósito se instalará conforme a la normativa aplicable, garantizando su estanqueidad, ventilación y protección frente a derrames.
- La balsa y las soleras de los pivots no presentan riesgo de combustión.
- La instalación eléctrica y fotovoltaica está protegida por sistemas de desconexión, fusibles y diferenciales adecuados según normativa.

Dado que se trata de recintos aislados, de planta única y ocupación ocasional, el riesgo de propagación interior se considera bajo. No se requiere compartimentación interior adicional ni resistencia al fuego específica más allá de la correcta ejecución constructiva.

2.3. PROPAGACIÓN EXTERIOR

La caseta, el cobertizo, la balsa y los pivots se ubican en suelo rústico, aislados y sin edificaciones colindantes próximas.

Según DB-SI, no se requieren medidas adicionales de protección frente a propagación exterior, dado el aislamiento y la baja densidad edificatoria del entorno.

2.4. EVACUACIÓN DE LOS OCUPANTES

La caseta y el cobertizo presentan superficies reducidas y acceso directo desde el exterior.

La ocupación es ocasional y limitada al personal de mantenimiento o revisión de equipos.

No se requiere la instalación de recorridos de evacuación complejos ni salidas adicionales.

2.5. CONCLUSIÓN

La instalación proyectada (caseta técnica, cobertizo de bomba, balsa de regulación, pivots y soleras) presenta un nivel de riesgo bajo frente a incendio, conforme al CTE DB-SI.

No es necesario adoptar medidas adicionales más allá de:

- Correcta ejecución constructiva de caseta y cobertizo.
- Instalación eléctrica conforme a REBT.
- Adecuada protección de equipos eléctricos y fotovoltaicos.
- Instalación del depósito de combustible del grupo electrógeno conforme a normativa, garantizando ventilación, estanqueidad y medidas básicas de prevención.

ANEJO XII: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE ANEJO XII. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.	Memoria.....	1
1.1.	Consideraciones preliminares: justificación, objeto y contenido	1
1.1.1.	Justificación.....	1
1.1.2.	Objeto	1
1.1.3.	Contenido del ESS.....	2
1.2.	Datos generales	2
1.2.1.	Agentes	2
1.2.2.	Características generales del proyecto	2
1.2.3.	Emplazamiento y condiciones del entorno	3
1.2.4.	Características generales de la obra	3
1.3.	Medios de auxilio.....	3
1.3.1.	Medios de auxilio en obra.....	4
1.3.2.	Centros asistenciales más próximos	4
1.4.	Instalaciones de higiene y bienestar	4
1.4.1.	Vestuarios	4
1.4.2.	Aseos	5
1.4.3.	Comedor	5
1.5.	Riesgos, medidas preventivas y equipos de protección.....	5
1.5.1.	Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra	6
1.5.2.	Durante la ejecución de la obra	7
1.5.3.	Durante la utilización de medios auxiliares.....	9
1.5.4.	Durante la utilización de maquinaria y herramientas.....	11
1.6.	Identificación de los riesgos laborales evitables	16
1.6.1.	Caídas al mismo nivel.....	16
1.6.2.	Caídas a distinto nivel.....	16
1.6.3.	Polvo y partículas	16
1.6.4.	Ruido.....	16
1.6.5.	Esfuerzos físicos	16
1.6.6.	Incendios.....	17
1.6.7.	Intoxicación por emanaciones	17
1.7.	Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse	17

1.7.1.	Caída de objetos	17
1.7.2.	Dermatosis	17
1.7.3.	Electrocuciones	17
1.7.4.	Quemaduras.....	18
1.7.5.	Golpes y cortes en extremidades	18
1.8.	Condiciones de seguridad y salud en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento	18
1.8.1.	Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas	18
1.8.2.	Trabajos en instalaciones	19
1.8.3.	Trabajos con pinturas y barnices	19
1.9.	Trabajos que implican riesgos especiales	19
1.10.	Medidas en caso de emergencia	19
1.11.	Presencia de los recursos preventivos del contratista.....	20
2.	Normativa y legislación aplicable.....	20
2.1.	Normativa general en materia de seguridad y salud laboral	20
2.2.	Normativa técnica aplicable a balsas de riego	20
2.3.	Normativa aplicable a instalaciones fotovoltaicas	21
3.	Pliego de cláusulas administrativas	21
3.1.	Disposiciones generales	21
3.1.1.	Objeto del pliego de condiciones	21
3.2.	Disposiciones facultativas	21
3.2.1.	Agentes que intervienen en la obra	21
3.2.2.	Formación en seguridad	23
3.2.3.	Vigilancia de la salud	23
3.2.4.	Salud e higiene en el trabajo	23
3.2.5.	Documentación de obra	24
3.2.6.	Disposiciones económicas	24
3.3.	Pliego de condiciones técnicas	25
3.3.1.	Objeto y alcance	25
3.3.2.	Condiciones generales de ejecución	25
3.3.3.	Accesos y entorno de la obra.....	25
3.3.4.	Medios auxiliares y maquinaria.....	26
3.3.5.	Protecciones colectivas.....	26

3.3.6.	Equipos de protección individual (EPI)	26
3.3.7.	Instalaciones provisionales y servicios de obra.....	26
3.3.8.	Higiene y bienestar del personal	27
3.3.9.	Señalización de seguridad	27
3.3.10.	Condiciones específicas de los trabajos	27
3.3.11.	Control ambiental y orden en la obra	28
3.3.12.	Finalización de obra.....	28

1. MEMORIA

1.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES: JUSTIFICACIÓN, OBJETO Y CONTENIDO

1.1.1. Justificación

La ejecución del proyecto de transformación al regadío en la finca La Matilla, ubicada en el término municipal de Valladolid, requiere la elaboración de un Estudio de Seguridad y Salud conforme a la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales en obras de construcción.

Este estudio se justifica en base a las características de la obra, que incluye trabajos de instalación hidráulica, montaje de estructuras móviles (pivots), construcción de una balsa de almacenamiento y colocación de paneles solares para suministro eléctrico. La obra supera los umbrales establecidos para la redacción de un estudio completo, ya que:

- a) El presupuesto de ejecución es superior al límite legal establecido (450.760,00 euros).
- b) La duración estimada excede los 30 días laborables.
- c) El volumen total de mano de obra se prevé cercano a los 500 días.

1.1.2. Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene como finalidad establecer las medidas preventivas necesarias para proteger la salud y la integridad física de los trabajadores durante la ejecución del proyecto. Se definen las condiciones mínimas exigibles en materia de seguridad, higiene y bienestar, así como los medios de protección colectiva e individual que deben emplearse.

Este documento servirá como guía para que el contratista y los técnicos responsables puedan planificar y ejecutar los trabajos de forma segura, evitando improvisaciones y minimizando los riesgos inherentes a las distintas fases de la obra.

Los objetivos principales del estudio son:

- Prevenir accidentes laborales y enfermedades profesionales.
- Establecer criterios técnicos y organizativos para la gestión de la seguridad.
- Delimitar las responsabilidades de los agentes intervinientes en materia preventiva.
- Identificar los riesgos asociados a cada fase del proyecto y proponer medidas para su eliminación o control.

- Facilitar la coordinación entre los distintos oficios y tareas que se desarrollen en la obra.
- Garantizar condiciones seguras para futuras labores de mantenimiento o reparación.

1.1.3. Contenido del ESS

El Estudio de Seguridad y Salud incluye:

- La identificación de los riesgos laborales asociados a las distintas fases de ejecución.
- Las medidas preventivas y de protección necesarias para eliminar o reducir dichos riesgos.
- La relación de riesgos que no pueden eliminarse y las medidas técnicas para su control.
- Las condiciones mínimas de higiene y bienestar para los trabajadores.
- Las previsiones necesarias para garantizar la seguridad en trabajos posteriores de mantenimiento.
- La normativa aplicable en materia de prevención de riesgos laborales.
- Un pliego de condiciones técnicas y administrativas que complementa las medidas propuestas.

1.2. DATOS GENERALES

1.2.1. Agentes

En el desarrollo del presente proyecto de transformación al regadío, se identifican los siguientes participantes con responsabilidad directa en materia de seguridad y salud:

Promotor: Pablo de Antonio Calvo

Redactor del proyecto: Luis Álvarez Guillén

Empresa constructora / Responsable de ejecución: *Pendiente de designación*

Coordinador de seguridad y salud: *Se designará Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución, conforme al RD 1627/1997, al concurrir varias empresas en obra*

1.2.2. Características generales del proyecto

El proyecto contempla la instalación de un sistema de riego automatizado en una finca agrícola de uso intensivo, con los siguientes elementos principales:

- Dos equipos de riego tipo pivot central
- Una bomba de impulsión conectada a un pozo existente
- Dos bombas de impulsión, una para cada pivot

- Una caseta para albergar las dos bombas de los pivot y un cobertizo para la captación
- Una balsa de almacenamiento de agua
- Un conjunto de paneles solares para suministro eléctrico autónomo

La obra se puede proyectar de la siguiente manera:

- Tipo de obra: Agrícola, sin edificación
- Número máximo previsto de trabajadores simultáneos: 8
- Duración estimada: 55 días laborables
- Volumen estimado de mano de obra. 440 jornadas
- Presupuesto de ejecución: Superior al umbral legal para estudio completo

1.2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno

La actuación se localiza en la finca La Matilla, dentro del término municipal de Valladolid, en las proximidades de la localidad de La Mudarra. Se trata de un entorno rural, dedicado a la actividad agrícola, sin edificaciones colindantes ni infraestructuras urbanas que interfieran en el desarrollo de los trabajos.

El acceso a la parcela se realiza por caminos agrícolas de tierra compactada, aptos para maquinaria ligera. Durante las fases de entrada y salida de equipos, se adoptarán medidas de señalización temporal para garantizar la seguridad en los desplazamientos, especialmente si se comparte el acceso con otras explotaciones.

1.2.4. Características generales de la obra

La obra comprende tareas de excavación superficial para la formación de la balsa, montaje de los pivots y su conexión hidráulica, instalación de la bomba y del sistema fotovoltaico, así como las pruebas de funcionamiento y puesta en marcha. Se prevén trabajos en altura y operaciones de especial peligrosidad, siendo necesario extremar las precauciones en la manipulación de maquinaria, componentes eléctricos y elementos hidráulicos.

1.3. MEDIOS DE AUXILIO

La atención inmediata ante cualquier incidente en obra es un aspecto esencial en la planificación preventiva. Aunque se trata de una obra de baja complejidad, la presencia de maquinaria, trabajos eléctricos y excavaciones implica riesgos que deben ser contemplados. Por ello, se establecen los medios necesarios para garantizar una respuesta rápida y eficaz ante posibles accidentes, tanto en el lugar de trabajo como en el traslado a centros asistenciales.

La evacuación de heridos se realizará preferiblemente mediante servicios sanitarios especializados, utilizando ambulancias. En casos de lesiones leves,

podrá autorizarse el traslado por otros medios, siempre bajo supervisión del responsable de emergencias designado en obra. Para facilitar la actuación en caso de urgencia, se colocará en un punto visible un cartel con los teléfonos de emergencia y los datos de contacto de los centros sanitarios más cercanos.

1.3.1. Medios de auxilio en obra

Se dispondrá de un botiquín portátil, adecuado para el número de trabajadores previsto, ubicado en una zona accesible y protegida. Este botiquín estará equipado con material para la atención de lesiones menores. Entre los materiales se encuentran: productos desinfectantes, gasas, vendas, apósitos, guantes y tijeras.

1.3.2. Centros asistenciales más próximos

En caso de accidente laboral, se recurrirá a los servicios sanitarios más cercanos. Para asistencia primaria, el centro de referencia es el Centro de Salud de La Mudarra, situado a unos 6 km de la finca, con un tiempo estimado de desplazamiento de 10 minutos en condiciones normales.

En situaciones que requieran atención hospitalaria, se considerará el traslado al Hospital Universitario Río Hortega, en Valladolid capital, a aproximadamente 25 km de distancia. Ambos centros estarán indicados en el cartel informativo de emergencias que se instalará en obra.

1.4. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Durante la ejecución de los trabajos se garantizarán unas condiciones mínimas de higiene y bienestar para el personal, conforme a lo establecido en la normativa vigente sobre seguridad y salud en obras de construcción, en particular las disposiciones generales relativas a los lugares de trabajo recogidas en el Real Decreto 1627/1997.

Dado el carácter temporal de la obra y el número previsto de operarios, se instalarán módulos prefabricados que funcionarán como espacios provisionales para aseos, vestuarios y zona de descanso. En función del avance de los trabajos y la disponibilidad de espacio, se valorará la posibilidad de habilitar zonas complementarias dentro del recinto de obra.

1.4.1. Vestuarios

Los trabajadores dispondrán de un espacio destinado a vestuario, con superficie suficiente para permitir su uso simultáneo. Se incluirán bancos, asientos y taquillas individuales con cierre, donde podrán guardar su ropa y efectos personales. La ubicación será accesible, protegida de las condiciones meteorológicas y próxima a la zona de trabajo.

1.4.2. Aseos

La instalación de aseos en obra se dimensionará conforme a las disposiciones mínimas exigidas por la legislación aplicable, teniendo en cuenta el número máximo previsto de trabajadores simultáneamente presentes. La dotación mínima incluirá:

- 1 ducha, según lo estipulado para cada 10 trabajadores
- 1 inodoro, según lo estipulado para cada 25 hombres
- 1 inodoro, por cada 15 mujeres o fracción
- 1 lavabo por cada inodoro instalado
- 1 urinario, según lo estipulado para cada 25 hombres
- 1 secamanos (eléctrico o de celulosa) por cada lavabo
- 1 dosificador de jabón por cada lavabo
- 1 recipiente para residuos higiénicos
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

Las instalaciones estarán conectadas a red de agua potable o dispondrán de suministro alternativo adecuado, y se garantizará su limpieza y mantenimiento periódico. Se ubicarán en una zona accesible, protegida de las condiciones meteorológicas y próxima al área de trabajo.

1.4.3. Comedor

Se habilitará un espacio cubierto para que los trabajadores puedan realizar sus pausas y consumir alimentos en condiciones adecuadas. Este área contará con mesas, asientos y fregaderos conectados a red de agua potable para la limpieza de utensilios. Se facilitará el uso de menaje desechable y se mantendrá el orden y la higiene mediante la colocación de papeleras y señalización adecuada.

1.5. RIESGOS, MEDIDAS PREVENTIVAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN

Durante las distintas fases de ejecución de la obra, pueden aparecer riesgos que deben ser identificados y gestionados mediante medidas preventivas adecuadas. El objetivo es reducir al mínimo la probabilidad de accidente y garantizar unas condiciones seguras para todos los trabajadores. Para ello, se establecen tanto protecciones colectivas como el uso obligatorio de equipos de protección individual (EPI), adaptados a cada tipo de tarea.

A continuación, se muestra una lista de los riesgos que ocasionan problemas de forma más frecuente:

- Caídas de materiales o herramientas, tanto en plano como desde altura
- Desprendimiento accidental de cargas suspendidas
- Exposición prolongada a temperaturas extremas (frío o calor)

- Presencia de ruido y vibraciones por maquinaria
- Golpes y cortes en extremidades y cabeza
- Lesiones por contacto con objetos cortantes o punzantes
- Fatiga muscular por posturas forzadas o movimientos repetitivos
- Riesgo eléctrico por contacto directo o indirecto
- Irritación cutánea por contacto con productos químicos (cemento, pinturas, adhesivos...)
- Inhalación de gases, vapores o polvo en suspensión

La prevención es el factor más importante para la seguridad de los trabajadores. Es importante establecer medidas que protejan a los trabajadores de la exposición excesiva a riesgos. Por ello se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Casco de seguridad, con barboquejo en zonas de riesgo de caída
- Arnés anticaídas para trabajos en altura
- Cinturón portaherramientas para tareas manuales
- Guantes adecuados según el tipo de trabajo (goma, cuero, aislantes)
- Calzado reforzado con puntera metálica y suela antiperforación
- Botas impermeables de caña alta para zonas húmedas
- Mascarilla con filtro para trabajos con polvo o corte de materiales
- Ropa de trabajo resistente e impermeable
- Faja lumbar para tareas de carga manual
- Gafas de protección contra impactos y partículas
- Protección auditiva en zonas con maquinaria ruidosa

1.5.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra

1.5.1.1. Instalación eléctrica provisional

Riesgos más frecuentes:

- Contactos eléctricos directos o indirectos
- Cortes por herramientas o materiales
- Proyección de partículas en los ojos
- Riesgo de incendio por sobrecarga o mala conexión

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Instalación de sistemas de corte automático y puesta a tierra
- Respetar distancias mínimas frente a líneas eléctricas (6 m aéreas, 2 m enterradas)
- Verificación de trazados para evitar interferencias con conducciones de agua
- Cuadros eléctricos en cajas homologadas, con cierre, visera y protección frente a la intemperie
- Uso exclusivo de cableado estanco y resistente a la humedad

- Altura mínima de 2,2 m para líneas sobre zonas peatonales y 5 m en zonas de paso de vehículos
- Señalización y protección de cables enterrados con tubo rígido a más de 40 cm de profundidad
- Conexiones mediante clavijas blindadas normalizadas
- Prohibición de ladrones, empalmes improvisados y fusibles no homologados

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado dieléctrico
- Guantes aislantes homologados
- Banquetas no conductoras
- Comprobadores de tensión
- Herramientas con aislamiento certificado
- Ropa impermeable
- Ropa reflectante para zonas de tránsito

1.5.1.2. Vallado de obra

Riesgos más frecuentes:

- Cortes por elementos metálicos o punzantes
- Proyección de fragmentos durante el montaje
- Exposición a condiciones climáticas adversas
- Ruido y vibraciones por maquinaria

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Prohibición de aparcar en zonas de acceso a obra
- Retirada de clavos y restos punzantes tras el montaje
- Localización previa de conducciones enterradas antes de excavar

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Ropa reflectante para visibilidad

1.5.2. Durante la ejecución de la obra

1.5.2.1. Cimentación

Riesgos más frecuentes:

- Acumulación de agua por filtraciones o lluvias
- Golpes, atrapamientos o colisiones con maquinaria en movimiento

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Protección de las puntas de armaduras con elementos homologados

- Transporte seguro de ferralla mediante eslingas con ganchos de cierre
- Eliminación de restos metálicos o punzantes en la zona de trabajo

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes resistentes al contacto con hormigón
- Guantes de cuero para manipulación de acero
- Botas impermeables de caña alta
- Calzado de seguridad con suela antideslizante y puntera reforzada

1.5.2.2. Estructura

Riesgos más frecuentes:

- Caída de elementos de encofrado mal apilados
- Desprendimientos durante el desencofrado
- Cortes por herramientas eléctricas o manuales

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Protección del entorno exterior mediante viseras o marquesinas
- Instalación de barandillas o redes en bordes y huecos de forjado

Equipos de protección individual (EPI):

- Arnés con sistema anticaídas
- Guantes específicos para hormigón y manipulación de armaduras
- Botas de seguridad con protección frente a impactos y deslizamientos

1.5.2.3. Cubiertas

Riesgos más frecuentes:

- Caídas desde bordes o por resbalones en superficies inclinadas

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Acopio de materiales lejos de aleros y zonas de paso
- Acceso mediante escaleras homologadas, bien apoyadas y con altura suficiente
- Instalación de puntos de anclaje para líneas de vida o arneses

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado con suela antideslizante
- Ropa impermeable para condiciones meteorológicas adversas
- Arnés con sistema anticaídas

1.5.2.4. Particiones

Riesgos más frecuentes:

- Caída de materiales durante el montaje

- Exposición a ruido y vibraciones
- Lesiones por cortes, golpes o posturas forzadas
- Irritación por contacto con productos químicos de construcción

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Reducción al mínimo de trabajos en altura
- Uso de escaleras estables y certificadas para accesos a zonas excavadas
- Acopio de materiales en zonas seguras, alejadas de bordes
- Protección de huecos mediante barandillas o redes

Equipos de protección individual (EPI):

- Casco de seguridad
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de cuero
- Calzado con puntera reforzada
- Mascarilla con filtro para corte de materiales
- Faja lumbar para tareas de carga
- Gafas de protección
- Protectores auditivos

1.5.2.5. Instalaciones en general

Riesgos más frecuentes:

- Contacto eléctrico directo o indirecto
- Quemaduras por arco eléctrico
- Inhalación de vapores de soldadura
- Riesgo de incendio o explosión

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Personal cualificado y formado en el uso de equipos eléctricos
- Uso exclusivo de lámparas portátiles homologadas a baja tensión (24 V)
- Herramientas con doble aislamiento y conexiones estancas

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes aislantes para trabajos eléctricos
- Calzado con suela dieléctrica
- Banquetas no conductoras
- Comprobadores de tensión
- Herramientas con aislamiento certificado

1.5.3. Durante la utilización de medios auxiliares

La utilización de medios auxiliares en obra implica riesgos específicos que deben ser gestionados conforme a la normativa vigente en materia de seguridad y salud

laboral. Todos los elementos auxiliares empleados deberán estar debidamente homologados y cumplir con los requisitos técnicos establecidos por la legislación aplicable.

No se permitirá el uso de andamios, escaleras, plataformas o estructuras que no estén certificadas o que presenten deficiencias en su estado de conservación. En el caso de plataformas de descarga, se exigirá la presencia de barandillas de protección, puntos de anclaje para sistemas anticaídas y señalización visible que advierta de su uso restringido.

A continuación, se detallan los medios auxiliares previstos en la obra, junto con las medidas preventivas y protecciones colectivas asociadas:

1.5.3.1. Puntales

- No se modificarán ni retirarán puntales una vez hayan entrado en carga, respetando los tiempos de desencofrado establecidos.
- Los puntales deberán almacenarse correctamente tras su uso, evitando que queden apoyados de forma inestable sobre muros o paramentos.
- En el transporte de puntales telescópicos, se bloquearán los mecanismos de extensión para evitar aperturas accidentales.

1.5.3.2. Torre de hormigonado

- Se instalará señalización visible en la base de la torre indicando la prohibición de acceso a personal no autorizado.
- El perímetro de la torre estará protegido con barandillas homologadas, rodapiés y una altura mínima de 0,9 m.
- No se permitirá la presencia de operarios ni de materiales sobre las plataformas durante los desplazamientos o cambios de posición.
- En el hormigonado de pilares de esquina, la torre se orientará perpendicularmente a la diagonal interna del pilar para garantizar estabilidad y eficacia.

1.5.3.3. Escalera de mano

- Se realizará una revisión periódica del estado de conservación de las escaleras, retirando aquellas que presenten defectos.
- Las escaleras deberán contar con zapatas antideslizantes o sistemas de fijación en sus extremos.
- Durante el transporte, se mantendrá el extremo delantero elevado para evitar impactos.
- El apoyo se hará sobre superficies horizontales y estables, quedando prohibido el uso de elementos improvisados como calzos.
- Los peldaños deberán estar en posición horizontal y la inclinación no superará el 75% respecto al plano.

- El extremo superior sobresaldrá al menos 1 metro por encima del nivel de desembarque.
- El ascenso y descenso se realizará de frente, con ambas manos sujetas a los peldaños.
- No se permitirá el uso simultáneo por más de una persona.
- En trabajos a más de 3,5 metros de altura, será obligatorio el uso de cinturón de seguridad con sistema anticaída.

1.5.3.4. Andamio de borriquetas

Los andamios formados con borriquetas deberán cumplir con los requisitos de estabilidad, resistencia y seguridad establecidos en la normativa vigente. Su uso estará limitado a tareas de baja altura y siempre bajo supervisión.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se colocarán únicamente sobre superficies niveladas, compactas y libres de irregularidades.
- Se utilizarán al menos dos borriquetas por plataforma, quedando prohibido el empleo de elementos improvisados como bidones, ladrillos o bloques.
- Las plataformas de trabajo estarán firmemente ancladas a las borriquetas, evitando desplazamientos o movimientos accidentales.

1.5.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas

La manipulación de maquinaria y herramientas en obra requiere una atención especial en materia de seguridad. Todas las máquinas deberán contar con su manual de instrucciones, donde se especifiquen claramente los riesgos asociados y las condiciones de uso seguro. No se permitirá el empleo de equipos que no estén regulados o que presenten deficiencias técnicas.

A continuación, se detallan los equipos previstos en la obra, junto con sus medidas preventivas específicas:

1.5.4.1. Pala cargadora

Medidas preventivas:

- Durante el mantenimiento, la cuchara se apoyará en el suelo, el motor se apagará y se activará el freno de estacionamiento.
- No se utilizará la cuchara como elemento de elevación ni para transportar personas o materiales.
- La excavación se realizará en sentido frontal respecto a la pendiente del terreno.
- El transporte de tierras se efectuará con la cuchara en posición baja para mejorar la estabilidad del equipo.

1.5.4.2. Retroexcavadora

Medidas preventivas:

- En tareas de mantenimiento, se aplicarán las mismas medidas que en la pala cargadora: cuchara apoyada, motor apagado, freno activado y máquina bloqueada.
- Se prohíbe el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte.
- Los desplazamientos se realizarán con la cuchara recogida y orientada en el sentido de la marcha.
- En terrenos inclinados, los movimientos de la cuchara se harán desde la parte más elevada.
- No se permitirá la presencia de operarios dentro del radio de acción de la máquina.

1.5.4.3. Camión de caja basculante

Medidas preventivas:

- Las maniobras se realizarán bajo la supervisión de un señalista cualificado.
- Se verificará que el freno de mano esté activado antes de arrancar, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de carga y descarga.
- Está prohibido circular con la caja levantada una vez finalizada la descarga.

1.5.4.4. Camión para transporte

Medidas preventivas:

- Las maniobras se realizarán bajo la supervisión de un señalista cualificado, especialmente en zonas de tránsito compartido.
- Las cargas se distribuirán de forma homogénea en la caja del camión, evitando acumulaciones con inclinaciones superiores al 5 %.
- Los materiales sueltos se cubrirán con lonas para evitar desprendimientos durante el trayecto.
- Antes de iniciar la carga o descarga, se activará el freno de estacionamiento. Si el camión se encuentra en pendiente, se colocarán calzos bajo las ruedas.
- Durante las operaciones de carga y descarga, se evitarán movimientos bruscos que puedan comprometer la estabilidad del vehículo. El conductor permanecerá fuera de la cabina en todo momento.

1.5.4.5. Hormigonera

Medidas preventivas:

- Las tareas de mantenimiento serán realizadas exclusivamente por personal autorizado, tras desconectar la alimentación eléctrica.
- La hormigonera deberá contar con un grado de protección mínimo IP-55 frente a polvo y humedad.
- Su uso estará restringido a operarios debidamente instruidos.
- El bombo dispondrá de freno de basculamiento para evitar giros involuntarios.
- Los cables de alimentación estarán conectados a tierra y protegidos mediante disyuntores diferenciales.
- Las partes móviles permanecerán cubiertas con carcasas metálicas conectadas a tierra.
- No se instalará la hormigonera a menos de tres metros de bordes de excavación o zonas elevadas sin protección.

1.5.4.6. Vibrador

Medidas preventivas:

- El vibrado del hormigón se realizará desde plataformas estables, evitando que el operario se sitúe sobre encofrados o elementos inseguros.
- La manguera de alimentación eléctrica estará protegida en zonas de paso para evitar daños por pisado o fricción.
- El cable de alimentación y su conexión al transformador deberán presentar aislamiento completo y estanqueidad adecuada.
- No se permitirá que los operarios arrastren el cable rodeándolo al cuerpo; si es necesario, esta operación se realizará entre dos personas.
- El vibrador no se dejará en funcionamiento sin supervisión, ni se desplazará tirando del cable.
- En cuanto a la exposición a vibraciones mano-brazo, se respetarán los límites establecidos: el valor diario normalizado no superará los $2,5 \text{ m/s}^2$, y el valor límite será de 5 m/s^2 .

1.5.4.7. Martillo picador

Medidas preventivas:

- Las mangueras de aire comprimido se colocarán de forma que no obstaculicen el trabajo ni el paso de operarios.
- No se realizarán maniobras de palanca ni movimientos forzados con el martillo en funcionamiento.
- Se comprobará el estado de los acoplamientos antes de cada uso.
- Antes de desmontar el equipo, se cerrará el suministro de aire para evitar accidentes.

1.5.4.8. Maquinillo

Medidas preventivas:

- Solo podrá ser utilizado por personal autorizado y formado en su manejo.
- Se revisarán los elementos de seguridad, cables de suspensión y eslingas antes de cada jornada.
- Se verificará la presencia del limitador de recorrido para evitar impactos en la parte superior.
- El equipo deberá contar con marcado CE, manual de instrucciones y declaración de conformidad.
- Se instalará señalización visible con el peso máximo permitido.
- Se delimitará la zona de riesgo por caída de materiales.
- El cable se inspeccionará diariamente y se sustituirá si presenta más del 10 % de hilos rotos.
- El anclaje se realizará según las especificaciones del fabricante.
- No se permitirá el arriostamiento con elementos improvisados como bidones.
- Se cumplirá el plan de mantenimiento indicado por el fabricante.

1.5.4.9. Sierra circular

Medidas preventivas:

- Su uso estará limitado al corte de piezas de obra, con discos adecuados al tipo de material.
- Se instalará un interruptor de parada accesible desde la zona de trabajo.
- El área deberá mantenerse libre de serrín y virutas para evitar incendios.
- Las piezas a cortar no contendrán elementos metálicos como clavos.
- El corte con disco abrasivo se realizará en húmedo.
- El operario deberá llevar mascarilla antipolvo y gafas de protección.

1.5.4.10. Sierra circular de mesa

Medidas preventivas:

- Solo podrá ser utilizada por personal autorizado y formado.
- Se ubicará sobre superficie firme y seca, a más de 3 metros del borde de forjados sin protección.
- Si se superan los niveles de ruido establecidos en el RD 286/2006, se aplicarán medidas correctoras como el uso de protectores auditivos.
- La parte inferior del disco estará completamente protegida.
- La parte superior contará con carcasa metálica que impida el acceso, salvo por el punto de corte.
- Se utilizará un empujador para guiar la pieza, evitando el contacto directo con el disco.
- La instalación eléctrica se revisará periódicamente.

- Las piezas a cortar no contendrán clavos ni elementos metálicos.
- El operario se colocará a sotavento para evitar la inhalación de polvo.

1.5.4.11. Cortadora de material cerámico

Medidas preventivas:

- Se comprobará el estado del disco antes de cada uso, sustituyéndolo si está dañado.
- La protección del disco y del sistema de transmisión estará activa en todo momento.
- No se ejercerá presión excesiva sobre la pieza para evitar bloqueos.

1.5.4.12. Equipo de soldadura

Medidas preventivas:

- No se almacenarán materiales inflamables o explosivos a menos de 10 metros del área de trabajo.
- Se eliminarán pinturas y recubrimientos del soporte antes de soldar.
- Se dispondrá de extintor de polvo químico en condiciones operativas, accesible y próximo al puesto.
- En espacios cerrados se instalarán sistemas de extracción, preferentemente de aspiración localizada.
- Se suspenderán los trabajos en altura si hay personas bajo la zona de actuación.
- Todos los trabajadores en el entorno deberán contar con protección visual adecuada.

1.5.4.13. Herramientas manuales diversas

Medidas preventivas:

- En ambientes húmedos o sin doble aislamiento, la alimentación será a 24 V.
- Solo personal autorizado podrá acceder y utilizar las herramientas.
- No se retirarán las protecciones originales del fabricante.
- Se prohibirá el uso de pulseras, relojes o cadenas durante el trabajo.
- Las herramientas eléctricas tendrán doble aislamiento o estarán conectadas a tierra.
- Los discos de corte estarán protegidos con carcasas antiproyección.
- Las conexiones eléctricas mediante clemas estarán protegidas con carcasas anticontacto.
- Los mangos se mantendrán limpios, sin grietas y con capacidad aislante.
- Las herramientas eléctricas permanecerán apagadas cuando no se usen y no se manipularán con manos o pies mojados.

- Si se superan los niveles de ruido establecidos por la normativa, se aplicarán medidas correctoras como el uso de protectores auditivos.

1.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES EVITABLES

Este apartado recoge los riesgos más comunes que pueden prevenirse durante la ejecución de la obra, así como las medidas específicas para reducir su impacto y garantizar unas condiciones seguras para los trabajadores.

1.6.1. Caídas al mismo nivel

- Mantener el área de trabajo despejada, sin obstáculos ni materiales dispersos.
- Garantizar una iluminación adecuada en todas las zonas operativas.
- Delimitar y señalizar las áreas de acopio de materiales.

1.6.2. Caídas a distinto nivel

- Instalar escaleras seguras para salvar desniveles.
- Proteger huecos y bordes con barandillas, redes o sistemas homologados.
- Verificar regularmente el estado de las protecciones instaladas.
- Asegurar la correcta fijación de las escaleras de acceso.

1.6.3. Polvo y partículas

- Regar las zonas de trabajo para minimizar la formación de polvo.
- Utilizar gafas de protección y mascarillas en tareas con generación de partículas.

1.6.4. Ruido

- Evaluar los niveles sonoros en cada fase de obra.
- Emplear maquinaria con aislamiento acústico.
- Instalar barreras o sistemas de amortiguación del ruido cuando sea necesario.

1.6.5. Esfuerzos físicos

- Evitar la manipulación manual de cargas pesadas.
- Establecer límites de peso para el transporte manual.
- Reducir movimientos repetitivos y posturas forzadas.
- Promover técnicas adecuadas de levantamiento y desplazamiento de materiales.

1.6.6. Incendios

- Prohibir fumar en zonas con materiales inflamables o riesgo de combustión.

1.6.7. Intoxicación por emanaciones

- Asegurar una ventilación adecuada en espacios cerrados.
- Utilizar mascarillas con filtros específicos en tareas con riesgo de inhalación.

1.7. RELACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN ELIMINARSE

Algunos riesgos inherentes a la actividad constructiva no pueden eliminarse por completo, especialmente aquellos derivados de situaciones imprevistas. No obstante, su impacto puede minimizarse mediante el uso correcto de protecciones colectivas e individuales, y el cumplimiento estricto de la normativa vigente.

1.7.1. Caída de objetos

Medidas preventivas y colectivas:

- Instalar marquesinas en accesos y zonas de paso.
- Mantener el orden y limpieza en el entorno de trabajo.
- Evitar acumulaciones de materiales sobre andamios.
- Prohibir el lanzamiento de escombros desde altura.

Equipos de protección individual (EPI):

- Casco de seguridad certificado.
- Guantes y calzado de seguridad.
- Bolsa portaherramientas para evitar caídas accidentales.

1.7.2. Dermatitis

Medidas preventivas:

- Minimizar la exposición al polvo de cemento y otros productos irritantes.

EPI recomendados:

- Guantes resistentes y ropa de trabajo adecuada.

1.7.3. Electrocuciones

Medidas preventivas:

- Revisión periódica de la instalación eléctrica.
- Fijación segura del cableado a paramentos verticales.
- Uso de alargadores con mango aislante.
- Herramientas con doble aislamiento y toma de tierra.

EPI recomendados:

- Guantes dieléctricos.
- Calzado aislante.
- Banquetas no conductoras.

1.7.4. Quemaduras

Medidas preventivas:

- Mantener el entorno de trabajo limpio, ordenado y bien iluminado.

EPI recomendados:

- Guantes, polainas y mandiles de cuero.

1.7.5. Golpes y cortes en extremidades

Medidas preventivas:

- Mantener la zona de trabajo libre de obstáculos y con buena visibilidad.

EPI recomendados:

- Guantes de protección.
- Calzado de seguridad con puntera reforzada

1.8. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN TRABAJOS POSTERIORES DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO

Este apartado recoge las recomendaciones para garantizar la seguridad en futuras intervenciones de mantenimiento, reparación o conservación de las instalaciones ejecutadas.

1.8.1. Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas

- Se utilizarán andamios homologados para cualquier trabajo en altura.
- En intervenciones que afecten a la vía pública, se instalará una visera de protección a nivel de planta baja para evitar la caída de objetos sobre peatones o vehículos.

1.8.2. Trabajos en instalaciones

- Las tareas de fontanería, electricidad y gas deberán ser realizadas por personal cualificado.
- Se cumplirá lo establecido en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud.
- Para trabajos en ascensores o montacargas, se redactará un plan específico firmado por técnico competente.

1.8.3. Trabajos con pinturas y barnices

- Se garantizará una ventilación adecuada en espacios cerrados.
- Se utilizarán mascarillas, guantes y ropa de protección para evitar la inhalación o el contacto con productos tóxicos.

1.9. TRABAJOS QUE IMPLICAN RIESGOS ESPECIALES

En el desarrollo de la obra se contemplan determinadas actividades que, por su naturaleza, implican riesgos especiales. Estos trabajos requieren una planificación preventiva más rigurosa y la aplicación estricta de medidas de protección colectiva e individual.

Entre las tareas que presentan mayor peligrosidad destacan el montaje de forjados en zonas perimetrales, la ejecución de cerramientos exteriores, la formación de antepechos en cubierta y la instalación de sistemas de protección como horcas y redes. También se consideran de riesgo elevado la disposición de plataformas voladas y la elevación de módulos de andamiaje para trabajos en fachada.

Todas estas operaciones deberán ejecutarse con los medios homologados establecidos en este estudio, especialmente en lo relativo a la protección de huecos y bordes mediante barandillas, redes y sistemas de sujeción certificados.

1.10. MEDIDAS EN CASO DE EMERGENCIA

El contratista deberá incluir en el Plan de Seguridad y Salud un protocolo específico para la gestión de situaciones de emergencia. Este protocolo contemplará la actuación ante accidentes, la administración de primeros auxilios y el procedimiento para el traslado urgente a centros asistenciales.

Se designará personal formado en primeros auxilios que asumirá la responsabilidad de intervenir en caso necesario. Estos trabajadores tendrán derecho a interrumpir su actividad si la situación lo requiere, garantizando en todo momento una respuesta rápida y eficaz ante cualquier incidente.

1.11. PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS DEL CONTRATISTA

En función de los riesgos identificados en este Estudio, cada contratista deberá asignar recursos preventivos con la formación y medios necesarios para supervisar el cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud.

Estos recursos tendrán la responsabilidad de verificar la eficacia de las medidas preventivas, adaptarlas a los riesgos reales de la obra y detectar posibles deficiencias en su aplicación. En caso de observar incumplimientos, deberán comunicarlo de forma inmediata al empresario, proponiendo las acciones correctoras necesarias para restablecer las condiciones de seguridad.

2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta conforme a lo establecido en la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales y seguridad en obras de construcción, así como en la legislación técnica aplicable a las instalaciones previstas en el proyecto:

2.1. NORMATIVA GENERAL EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

2.2. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE A BALSAS DE RIEGO

- Real Decreto 264/2021, de 13 de abril, por el que se aprueban las Normas Técnicas de Seguridad para las presas y sus embalses, aplicables también a balsas de riego de titularidad pública o privada.
- Norma Técnica de Seguridad para el proyecto, construcción y primer llenado de balsas, publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica y

el Reto Demográfico (MITECO), que establece requisitos mínimos de diseño, ejecución y control de seguridad hidráulica.

2.3. NORMATIVA APLICABLE A INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.
- Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-40, relativa a instalaciones generadoras de baja tensión, incluyendo sistemas fotovoltaicos.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, en lo relativo a instalaciones de generación conectadas a red

3. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

3.1. DISPOSICIONES GENERALES

3.1.1. Objeto del pliego de condiciones

El presente documento tiene como finalidad establecer las responsabilidades y obligaciones de todas las personas implicadas en la seguridad y salud durante la ejecución de la obra titulada “Proyecto de transformación en regadío de 46 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid”.

Forma parte del conjunto de documentos técnicos del proyecto redactado por Luis Álvarez Guillén, y tiene por objeto asegurar que las medidas preventivas, los equipos de protección y las condiciones de trabajo sean adecuadas para evitar accidentes o enfermedades profesionales durante la construcción, así como en posteriores tareas de mantenimiento o reparación.

3.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS

3.2.1. Agentes que intervienen en la obra

Los agentes que participan en el proceso constructivo se registrarán por lo establecido en la Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación, y por la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales.

3.2.1.1. El promotor

El promotor de la obra, Pablo de Antonio Calvo, es quien impulsa y financia los trabajos con recursos propios o ajenos. Le corresponde contratar al técnico redactor del proyecto y al coordinador de seguridad y salud, así como facilitar la

documentación necesaria a las empresas que intervienen y exigir la presentación y aprobación del Plan de Seguridad y Salud antes de comenzar las obras.

Si el promotor ejecuta directamente parte de la obra con sus propios medios o contrata directamente a trabajadores autónomos, asumirá también las responsabilidades que correspondan al contratista.

3.2.1.2. El proyectista

El proyectista, Luis Álvarez Guillén, es el técnico competente encargado de redactar el proyecto conforme a las normativas técnicas y urbanísticas vigentes.

Durante la elaboración del proyecto, ha tenido en cuenta los principios de prevención y seguridad, buscando que el diseño de la instalación; que incluye una caseta de bombeo, conducción enterrada, balsa de riego, caseta de impulsión con dos bombas y una planta fotovoltaica; garantice unas condiciones de trabajo seguras durante su ejecución y uso posterior.

3.2.1.3. El contratista y los subcontratistas

El contratista será la persona o empresa que asuma la ejecución de la obra según el proyecto aprobado y el contrato firmado con el promotor.

Tendrá la obligación de comunicar a la autoridad laboral la apertura del centro de trabajo e incluir el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá aplicar todas las medidas preventivas necesarias, proporcionar al personal los equipos de protección adecuados y garantizar que se cumplan las normas de seguridad en todo momento.

Asimismo, deberá coordinarse con el coordinador de seguridad y con la dirección facultativa para que las tareas se desarrollen sin riesgos, supervisando la correcta ejecución de los trabajos y corrigiendo cualquier incumplimiento.

Los subcontratistas, en caso de participar, deberán cumplir también el Plan de Seguridad y Salud y responder de la aplicación de las medidas preventivas correspondientes a sus trabajos.

3.2.1.4. Dirección facultativa

La dirección facultativa está formada por los técnicos designados por el promotor para dirigir y controlar la ejecución de la obra. Su función es garantizar que la obra se ejecute conforme al proyecto, con la calidad exigida y bajo condiciones seguras para todos los trabajadores.

3.2.1.5. Coordinador de Seguridad y Salud

El coordinador en fase de proyecto se encarga de que durante la redacción se apliquen los principios de prevención y seguridad.

En la fase de ejecución, el coordinador, que forma parte de la dirección facultativa, supervisa la aplicación del Plan de Seguridad y Salud, coordina a las distintas empresas y vela por que sólo accedan a la obra las personas autorizadas.

3.2.1.6. Trabajadores autónomos y por cuenta ajena

Los trabajadores autónomos que intervengan deberán respetar las medidas establecidas en el Plan de Seguridad y Salud y colaborar en la prevención de riesgos.

Los trabajadores por cuenta ajena recibirán información y formación adecuadas sobre los riesgos existentes y las medidas de protección aplicables a su tarea.

3.2.1.7. Fabricantes y suministradores

Los fabricantes y proveedores de materiales, maquinaria o equipos de protección deberán entregar la información sobre su uso correcto, mantenimiento y riesgos derivados de un uso inadecuado.

3.2.1.8. Recursos preventivos

El contratista designará los recursos preventivos necesarios para verificar el cumplimiento de las medidas incluidas en el Plan de Seguridad y Salud.

Estas personas deberán estar presentes en las tareas de mayor riesgo y tendrán la capacidad de emitir instrucciones en materia preventiva, informando al empresario y al coordinador de cualquier deficiencia observada.

3.2.2. Formación en seguridad

Antes del inicio de los trabajos, todo el personal que acceda a la obra recibirá formación sobre prevención de riesgos laborales, uso de equipos de protección, normas básicas de actuación y procedimientos de emergencia.

3.2.3. Vigilancia de la salud

La empresa contratista garantizará la vigilancia del estado de salud de sus trabajadores, en función de los riesgos propios de cada tarea. Los reconocimientos médicos serán voluntarios, salvo en los casos en que sean imprescindibles para garantizar la seguridad del trabajador o de terceros.

3.2.4. Salud e higiene en el trabajo

3.2.4.1. Primeros auxilios

Se designará a las personas encargadas de aplicar las medidas necesarias en caso de accidente, incluyendo la prestación de primeros auxilios y la evacuación del herido si fuese necesario.

En la caseta principal habrá un botiquín visible y accesible, con el material , y un cartel con los teléfonos de emergencia y del centro médico más cercano.

3.2.4.2. Actuación en caso de accidente

Ante un accidente, se tomarán únicamente las medidas imprescindibles hasta la llegada de asistencia sanitaria. Se evitará mover al herido salvo riesgo grave, controlando sus signos vitales y manteniéndolo abrigado.

El contratista notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral según el procedimiento reglamentario.

3.2.5. Documentación de obra

Estudio de Seguridad y Salud

Es el documento que define las normas preventivas aplicables a la obra, identificando los riesgos previsibles y las medidas necesarias para eliminarlos o reducirlos.

Plan de Seguridad y Salud

A partir de este estudio, el contratista elaborará su propio Plan de Seguridad y Salud, en el que adaptará las medidas preventivas a su sistema de trabajo. Dicho plan deberá ser aprobado por el coordinador de seguridad antes del inicio de las obras.

El plan podrá modificarse si cambian las condiciones de ejecución, siempre con la autorización expresa del coordinador y la dirección facultativa.

Libro de incidencias y de órdenes

En la obra existirá un libro de incidencias donde se anotarán las observaciones o instrucciones relacionadas con la seguridad. También habrá un libro de órdenes y asistencias donde la dirección facultativa podrá registrar indicaciones técnicas necesarias para el desarrollo de los trabajos.

Comunicación de apertura del centro de trabajo

Antes de comenzar, el contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo e incluirá el Plan de Seguridad y Salud aprobado.

3.2.6. Disposiciones económicas

Las condiciones económicas entre el promotor y el contratista se establecerán en el contrato de obra y en el pliego del proyecto, incluyendo aspectos como precios, plazos, fianzas, revisiones, pagos e indemnizaciones, conforme a la legislación vigente.

3.3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3.3.1. Objeto y alcance

El presente pliego técnico tiene por objeto establecer las medidas de seguridad y salud que deben aplicarse durante la ejecución de la obra “Instalación de riego en parcela situada en la comarca de Valladolid, próxima al municipio de La Mudarra”.

La instalación incluye una caseta de riego con bomba, una conducción enterrada hasta la balsa, una balsa de almacenamiento de agua, una caseta de impulsión con dos bombas que alimentan dos pivots de riego, y una planta fotovoltaica que suministra energía a todo el sistema.

Estas medidas pretenden garantizar que la obra se realice sin poner en riesgo la seguridad de los trabajadores ni de terceros, y que las condiciones del entorno se mantengan en buen estado.

3.3.2. Condiciones generales de ejecución

Todos los trabajos deberán realizarse siguiendo las indicaciones del Plan de Seguridad y Salud aprobado, así como las normas legales vigentes.

Se mantendrá la zona de obra limpia y ordenada, eliminando residuos, materiales sobrantes y obstáculos que puedan provocar caídas o accidentes.

Los trabajadores deberán respetar las instrucciones de la dirección facultativa y del coordinador de seguridad, utilizando siempre los equipos de protección personal adecuados.

3.3.3. Accesos y entorno de la obra

Los accesos a la obra se mantendrán en buen estado, con el firme estable y libre de obstáculos.

En caso de que se utilicen caminos rurales o servidumbres, se avisará previamente a los propietarios o usuarios habituales para evitar molestias.

Las zonas de carga y descarga se señalizarán y balizarán adecuadamente, restringiendo el paso a personal no autorizado.

3.3.4. Medios auxiliares y maquinaria

La maquinaria empleada (retroexcavadoras, camiones, compactadores, equipos de bombeo, etc.) deberá estar en buen estado de funcionamiento, con sus revisiones al día y manejada únicamente por personal autorizado y formado.

Antes de iniciar cualquier tarea, se revisará el estado de cables, mangueras, protecciones y anclajes.

El mantenimiento se realizará siempre con el motor parado y en superficie firme.

Durante la instalación de conducciones y maniobras en la balsa, se extremarán las precauciones por riesgo de atrapamiento, deslizamiento o caídas al agua.

3.3.5. Protecciones colectivas

Se priorizará siempre la protección colectiva frente a la individual.

Entre las medidas colectivas básicas se aplicarán:

- Vallado perimetral de la obra o zonas en las que haya maquinaria trabajando.
- Señalización de zonas de excavación o de riesgo de caída.
- Cubrición o balizamiento de zanjas cuando se interrumpan los trabajos.
- Iluminación suficiente en las zonas de trabajo, si se prolongan las tareas al atardecer.
- Barandillas o protecciones en zonas elevadas o bordes de balsa.

3.3.6. Equipos de protección individual (EPI)

Todo el personal que acceda a la obra deberá utilizar los equipos de protección individual adecuados a su tarea. De manera general, serán obligatorios:

- Casco de protección.
- Calzado de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante.
- Chaleco reflectante en zonas de tráfico o movimiento de maquinaria.
- Guantes resistentes para manipulación de materiales o herramientas.
- Gafas o pantallas de protección cuando haya riesgo de proyección de partículas.
- Arnés de seguridad si se realizan trabajos en altura o cerca de taludes pronunciados.
- La empresa contratista deberá proporcionar estos equipos en buen estado y reponerlos cuando sea necesario.

3.3.7. Instalaciones provisionales y servicios de obra

En el área de obra se habilitará una zona de acopio para materiales, evitando que interfiera con el paso de vehículos o trabajadores.

Las casetas provisionales o contenedores de obra se ubicarán en un lugar seguro, con acceso cómodo y bien nivelado.

Se contará con un punto de suministro eléctrico adecuado (procedente de la instalación fotovoltaica o grupo electrógeno) y una toma de agua para limpieza o primeros auxilios.

3.3.8. Higiene y bienestar del personal

El contratista dispondrá de un espacio cubierto donde los trabajadores puedan resguardarse del sol, el frío o la lluvia durante los descansos.

Se colocará un aseo químico portátil o similar, de uso exclusivo para el personal de la obra.

El agua potable se garantizará mediante botellones o bidones cerrados.

Los residuos y desperdicios se retirarán con frecuencia para evitar acumulaciones.

3.3.9. Señalización de seguridad

Toda la obra deberá contar con señalización visible y comprensible para indicar:

- Zonas de peligro (caídas, maquinaria, excavaciones).
- Accesos prohibidos a personas ajenas.
- Obligación del uso de EPI.
- Salidas y rutas de evacuación, si proceden.
- Los carteles se colocarán en lugares visibles y se mantendrán en buen estado durante toda la obra.

3.3.10. Condiciones específicas de los trabajos

Excavaciones y zanjas

- Durante las excavaciones para la conducción enterrada se controlará la estabilidad de los taludes, evitando trabajar dentro de zanjas sin entibación si superan 1,20 m de profundidad.
- Las zanjas se señalarán con vallas o cintas y se evitará acumular materiales cerca del borde.
- Antes de rellenar, se comprobará la colocación correcta de las tuberías y la compactación del terreno.

Montaje de bombas y casetas

- La instalación de bombas, cuadros eléctricos y tuberías dentro de las casetas se realizará con la corriente desconectada.
- Los equipos pesados se manipularán con ayuda de medios mecánicos (grúas, plumas o gatos hidráulicos) y nunca a mano.

- Se comprobará que las conexiones eléctricas cumplan las medidas de aislamiento y puesta a tierra adecuadas.

Trabajos en la balsa

- En los bordes de la balsa se colocará una barandilla o cuerda de seguridad si existe riesgo de caída.
- El acceso a zonas húmedas o resbaladizas se hará siempre con calzado antideslizante.
- Durante las operaciones con bombas o flotadores se evitará el trabajo en solitario.

Instalación fotovoltaica

- En el montaje de los paneles solares se prestará especial atención al riesgo eléctrico.
- Las conexiones se realizarán con los circuitos sin tensión y bajo supervisión de personal cualificado.
- Los paneles se almacenarán y manipularán con cuidado para evitar roturas o cortes.

3.3.11. Control ambiental y orden en la obra

Durante la ejecución se procurará causar el menor impacto posible sobre el entorno rural.

Los residuos (plásticos, maderas, cables, restos de hormigón o tubería) se depositarán en contenedores específicos y se retirarán a un gestor autorizado.

No se verterán aceites ni combustibles al terreno; cualquier derrame se recogerá inmediatamente con material absorbente.

3.3.12. Finalización de obra

Una vez concluidos los trabajos, se realizará una revisión final de la obra y del entorno, asegurando que no quedan elementos peligrosos (zanjas abiertas, cables sueltos, restos de material, etc.).

El contratista entregará al promotor la documentación de cierre, incluyendo certificados de revisiones, actas de seguridad y, en su caso, el informe final del coordinador de seguridad y salud.

En Valladolid, a 16 de febrero de 2026

Luis Álvarez Guillén

Alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

ANEJO XIII: NORMAS DE LA EXPLOTACIÓN

ÍNDICE ANEJO XIII. NORMAS DE LA EXPLOTACIÓN

1. Introducción.....	1
2. Seguridad y salud laboral	1
3. Instalación fotovoltaica y seguridad eléctrica	1
4. Fertilizantes y productos fitosanitarios	2
5. Semillas y material vegetal	2
6. Maquinaria y equipos agrícolas.....	3
7. Almacenamiento y manejo de la cosecha.....	3
8. Control y registro de la explotación	3
9. Protección ambiental y sostenibilidad.....	4
10. Revisión y actualización	4

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo es presentar las normas que se utilicen como base para el desarrollo eficiente de la actividad agrícola, así como para su viabilidad legal. Su cumplimiento será obligatorio y guiará a los trabajadores de la explotación para obtener los rendimientos estimados en este proyecto. Además, asegurará la seguridad de todos los implicados en la explotación.

Cabe destacar que las consecuencias del desarrollo negligente de la explotación y del incumplimiento de la normativa podrá conllevar efectos negativos sobre la producción, sobre el estado de las instalaciones de la propia explotación o de la integridad física de los trabajadores que no serán responsabilidad del proyectista en ningún caso.

Todo el personal o colaboradores que trabajen en la finca deberán conocer estas normas, cumplirlas y recibir la formación necesaria antes de utilizar maquinaria o productos que puedan implicar riesgos.

2. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

En la finca se aplican las medidas básicas establecidas por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y los reales decretos que la desarrollan (R.D. 39/1997, 1215/1997, 773/1997 y 486/1997).

Antes de comenzar cualquier trabajo, cada persona deberá usar el equipo de protección adecuado (botas, guantes, gafas, mascarilla o chaleco, según la tarea).

Nadie manipulará equipos eléctricos o bombas sin haberlos desconectado previamente.

Se mantendrá un botiquín accesible y un listado con teléfonos de emergencia.

Todos los accidentes o incidentes se registrarán para su revisión y prevención futura.

3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y SEGURIDAD ELÉCTRICA

La explotación cuenta con una estación fotovoltaica que alimenta las bombas de riego. Esta instalación se ajusta al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842/2002) y al R.D. 244/2019 sobre autoconsumo eléctrico.

Solo el personal autorizado podrá acceder a los cuadros eléctricos y equipos de control.

Las revisiones se harán por instaladores acreditados, y se dejará constancia en un registro de mantenimiento.

Se comprobará periódicamente el estado del cableado, fusibles y protecciones para evitar sobrecalentamientos o descargas.

El objetivo es garantizar la seguridad de las personas y la continuidad del suministro energético, evitando riesgos eléctricos y respetando las normas del sector eléctrico (Ley 24/2013).

4. FERTILIZANTES Y PRODUCTOS FITOSANITARIOS

El uso de abonos y productos fitosanitarios se realizará siguiendo el R.D. 1311/2012, que regula su uso sostenible, y la Ley 8/2003 de Sanidad Vegetal.

Solo los operarios con el carné de aplicador podrán usar estos productos.

Los fitosanitarios se guardarán en un almacén ventilado y cerrado con llave, separado de alimentos o piensos.

Se registrará cada tratamiento indicando el producto, dosis, cultivo y fecha.

Los envases vacíos se entregarán en un punto autorizado SIGFITO, según el R.D. 285/2021.

En cuanto a la fertilización, se seguirán los criterios del R.D. 1051/2022, priorizando un abonado racional que evite pérdidas de nitrógeno y contaminación de aguas.

5. SEMILLAS Y MATERIAL VEGETAL

Las semillas utilizadas en la explotación serán siempre de origen autorizado o certificado, conforme a la Ley 30/2006 sobre semillas y plantas de vivero y al R.D. 170/2011 sobre su comercialización.

Se conservará la documentación de procedencia de cada lote (proveedor, variedad y número de lote).

Las semillas propias se limpiarán y almacenarán correctamente, sin mezclas ni tratamientos no autorizados.

Cada siembra quedará registrada en el cuaderno de campo con su variedad y superficie sembrada.

En caso de semillas protegidas por derechos de obtentor (Reglamento CE 2100/94), se respetará su uso legal.

El objetivo es asegurar la trazabilidad y calidad del material vegetal, garantizando rendimientos estables y cumplimiento de la normativa.

6. MAQUINARIA Y EQUIPOS AGRÍCOLAS

Toda la maquinaria de la finca (tractores, aperos, pulverizadores, etc.) deberá estar en buen estado, con la ITV agrícola al día conforme al R.D. 1013/2009 y con marcado CE según el R.D. 1644/2008.

Antes de usar un tractor o apero, se revisarán frenos, luces, enganches y protecciones.

Se prohíbe acoplar o desacoplar aperos con el motor en marcha.

La maquinaria se guardará bajo techo y se mantendrá limpia y lubricada.

Cualquier reparación se hará con el motor parado y el equipo desconectado.

El uso correcto de los equipos es parte fundamental de la seguridad y eficiencia del trabajo agrícola.

7. ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE LA COSECHA

Los productos cosechados se almacenarán en lugares secos, ventilados y protegidos frente a plagas y humedad.

Los silos y naves cumplirán las condiciones básicas del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Los productos inflamables o aceites se almacenarán según el R.D. 656/2017, Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos.

Los residuos se gestionarán conforme a la Ley 7/2022, entregándolos a gestores autorizados.

No se quemarán rastrojos sin permiso administrativo.

El almacenamiento se realizará siempre buscando conservar la calidad del producto y la seguridad de las instalaciones.

8. CONTROL Y REGISTRO DE LA EXPLOTACIÓN

Se mantendrá un cuaderno de explotación donde se refleje toda la información de las labores agrícolas, riegos, fertilización, tratamientos, consumo energético y rendimientos, según el R.D. 1054/2022.

Este registro permitirá hacer un seguimiento del trabajo y cumplir con las obligaciones de trazabilidad y control exigidas por la PAC y la Ley 19/1995 de modernización de explotaciones agrarias.

También se conservarán facturas, certificados de revisión y registros de mantenimiento durante al menos cinco años, en cumplimiento de la Ley 58/2003, General Tributaria.

9. PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD

a explotación se compromete a cuidar el entorno rural aplicando buenas prácticas agrícolas y energéticas, conforme a la Ley 26/2007 de responsabilidad medioambiental y la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.

Se evitará cualquier vertido o práctica que pueda contaminar el suelo o el agua.

Se optimizará el uso de energía y agua gracias al sistema fotovoltaico y al control del riego.

Se fomentará la biodiversidad manteniendo lindes, setos y zonas verdes siempre que sea posible.

Se dará prioridad a materiales reciclables y a la correcta gestión de residuos.

10. REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN

Esta normativa se revisará cada dos años o cuando haya cambios legales que afecten a la actividad.

El titular de la explotación y el técnico responsable serán los encargados de mantenerla actualizada y de comunicar cualquier cambio a las personas implicadas.

ANEJO XIV: JUSTIFICACIÓN DE LOS PRECIOS

ÍNDICE ANEJO XIV. JUSTIFICACIÓN DE LOS PRECIOS

1. Balsa de riego	1
2. Canalizaciones y elementos hidráulicos.....	3
3. Sistemas de riego	9
4. Cabezal de bombeo	11
5. Instalación eléctrica y energética.....	14
6. Seguridad perimetral y videovigilancia.....	18

1. Balsa de Riego

1.1	m2	Desbroce y limpieza superficial de terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm., con carga sobre camión de los productos resultantes. Se incluye el área destinada al resto de instalaciones cercanas a la balsa.			
		0,006 h.	Capataz	10,840	0,07
		0,006 h.	Pala carg.cadenas 130 CV/1,8m3	41,800	0,25
		3,000 %	Costes indirectos	0,320	0,01
		Precio total por m2 .			0,33
1.2 Movimiento de tierras					
1.2.1	m3	Desmante en tierra a cielo abierto con medios mecánicos, incluso perfilado y carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación.			
		0,010 h.	Capataz	10,840	0,11
		0,015 h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	73,800	1,11
		0,010 h.	Camión basculante 4x4 14 t.	30,550	0,31
		3,000 %	Costes indirectos	1,530	0,05
		Precio total por m3 .			1,58
1.2.2	m3	Terraplén con productos procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido en tongadas de 30 cms. de espesor, humectación y compactación hasta el 95% del proctor modificado, incluso perfilado de taludes, rasanteo de la superficie de coronación y preparación de la superficie de asiento, totalmente terminado.			
		0,010 h.	Capataz	10,840	0,11
		0,015 h.	Peón ordinario	10,240	0,15
		0,015 h.	Motoniveladora de 135 CV	41,150	0,62
		0,015 h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	25,400	0,38
		0,015 h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 15 t.	28,940	0,43
		3,000 %	Costes indirectos	1,690	0,05
		Precio total por m3 .			1,74
1.3 Impermeabilización					
1.3.1	m2	Geotextil no tejido de filamentos de polipropileno "virgen", unidos mecánicamente por agujado y calandrado, estabilizados frente a los rayos UV, gramajes de 201 a 260 g/m², resistencia a la tracción de 20 KN/m, resistencia estática mediante ensayo tipo CBR según UNE-EN ISO 12236; a pie de obra.			
		0,018 h.	Oficial primera	10,710	0,19
		0,018 h.	Ayudante	10,400	0,19
		1,125 m2	Lám.Poliprop.arm FP 1,2mm. GA	1,014	1,14
		0,060 kg	Thf	0,389	0,02
		5,000 ud	Taco fijación	0,010	0,05
		1,250 ud	Pequeño material	0,027	0,03
		3,000 %	Costes indirectos	1,620	0,05
		Precio total por m2 .			1,67

1.3.2	m2	Lámina de polietileno de alta densidad de 1,5 mm de espesor, para impermeabilización de balsas, a pie de obra.			
		0,072 h.	Oficial primera	10,710	0,77
		0,072 h.	Ayudante	10,400	0,75
		1,100 m2	Lám.PEAD.arm.FV 1,2mm. PN	3,797	4,18
		0,060 kg	Thf	0,389	0,02
		3,000 %	Costes indirectos	5,720	0,17
		Precio total por m2 .			5,89

2. CANALIZACIONES Y ELEMENTOS HIDRÁULICOS

2.1 Movimiento de tierras

2.1.1	m3	Excavación en zanja y/o pozos en tierra, incluso carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación.		
		0,025 h. Capataz	10,840	0,27
		0,025 h. Excav.hidr.neumáticos 100 CV	39,650	0,99
		0,020 h. Camión basculante 4x4 14 t.	30,550	0,61
		3,000 % Costes indirectos	1,870	0,06
		Precio total por m3 .		1,93
2.1.2	m3	Relleno localizado en zanjas con productos seleccionados procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.		
		0,120 h. Peón ordinario	10,240	1,23
		0,015 h. Cisterna agua s/camión 10.000 l.	25,400	0,38
		0,015 h. Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	33,610	0,50
		0,120 h. Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	4,700	0,56
		3,000 % Costes indirectos	2,670	0,08
		Precio total por m3 .		2,75
2.1.3	m3	Relleno de arena en zanjas, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.		
		0,100 h. Peón ordinario	10,240	1,02
		1,000 t. Arena de río 0/5 mm.	7,090	7,09
		0,020 h. Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	33,610	0,67
		0,100 h. Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	4,700	0,47
		3,000 % Costes indirectos	9,250	0,28
		Precio total por m3 .		9,53

2.2 Codos y tuberías

2.2.1	m.	Tubería de PVC-O de 125 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada.		
		0,060 h. Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	0,69
		0,060 h. Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	0,67
		1,000 m. Tubo PVC-O j.elásti. PN 6 D=125 mm	4,830	4,83
		0,110 m3 Arena de río 0/5 mm.	11,340	1,25
		1,250 ud Pequeño material inst.hidráulic.	0,143	0,18
		3,000 % Costes indirectos	7,620	0,23
		Precio total por m. .		7,85
2.2.2	m.	Tubería de PVC-O de 180 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada.		

		0,090 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	1,03
		0,090 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	1,00
		1,000 m.	Tubo PVC-O j.elásti. PN 6 D=180 mm	10,430	10,43
		0,110 m3	Arena de río 0/5 mm.	11,340	1,25
		3,000 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143	0,43
		3,000 %	Costes indirectos	14,140	0,42
		Precio total por m. .			14,56
2.2.3	m.	Tubería de PVC-O de 160 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada.			
		0,080 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	0,92
		0,080 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	0,89
		1,000 m.	Tubo PVC-O j.elásti. PN 6 D=160 mm	7,830	7,83
		0,110 m3	Arena de río 0/5 mm.	11,340	1,25
		2,250 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143	0,32
		3,000 %	Costes indirectos	11,210	0,34
		Precio total por m. .			11,55
2.2.4	m.	Tubería de acero galvanizado ASTM A53 Gr. B, ASME B36.10, SCH 30, de DN 200 (8", Ø 219,1 mm), destinada a la instalación vertical en pozo, colocada sobre apoyo y alineación adecuados, incluyendo preparación, presentación y montaje de uniones según especificación, así como los medios auxiliares necesarios para su izado y colocación. No incluye excavación del pozo ni trabajos de entibación o rellenos posteriores.			
		0,324 h.	Oficial primera	10,710	3,47
		0,324 h.	Peón ordinario	10,240	3,32
		0,147 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	1,68
		0,020 h.	Tractor grúa hasta 1,5 t.	9,664	0,19
		1,000 m.	Tubería fundición dúctil D=250mm	71,742	71,74
		0,110 m3	Arena de río 0/5 mm.	11,340	1,25
		3,000 %	Costes indirectos	81,650	2,45
		Precio total por m. .			84,10
2.2.5	ud	Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 125mm con radio de curvatura estándar 1 x D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		0,600 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	6,86
		0,600 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	6,69
		1,000 ud	Codo PVC-O i/juntas D=100mm	79,340	79,34
		3,000 %	Costes indirectos	92,890	2,79
		Precio total por ud .			95,68

2.2.6	ud	Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 160 mm con radio de curvatura estándar 1 × D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		0,564 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	
		0,564 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	
		1,000 ud	Codo PVC-O i/juntas D=150mm	89,521	
		3,000 %	Costes indirectos	102,260	
		Precio total por ud .			105,33
2.2.7	ud	Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 180 mm con radio de curvatura estándar 1 × D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		0,438 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	
		0,438 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	
		1,000 ud	Codo PVC-O i/juntas D=200mm	104,497	
		3,000 %	Costes indirectos	114,390	
		Precio total por ud .			117,82
2.3 Elementos de seguridad y control					
2.3.1	ud	Válvula de compuerta de fundición de 150 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.			
		0,900 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	
		0,900 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	
		1,000 ud	Vál.compuerta cie/metál D=150 mm	170,800	
		3,000 %	Costes indirectos	191,140	
		Precio total por ud .			196,87
2.3.2	ud	Válvula de compuerta de fundición de 100 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.			
		0,600 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	
		0,600 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	
		1,000 ud	Vál.compuerta cie/metál D=100 mm	105,430	
		3,000 %	Costes indirectos	118,980	
		Precio total por ud .			122,55
2.3.3	ud	Válvula de compuerta de fundición de 200 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.			
		1,100 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	
		1,100 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	11,150	
		1,000 ud	Vál.compuerta cie/metál D=200 mm	272,800	
		3,000 %	Costes indirectos	297,650	

Precio total por ud .				306,58
2.3.4	ud	Ventosa/purgador automático 3 funciones, de fundición, con brida, de 60 mm. de diámetro, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.		
		0,800 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	9,15
		0,800 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	8,92
		1,000 ud	Ventosa/purgador autom.D=60 mm.	551,80
		3,000 %	Costes indirectos	17,10
Precio total por ud .				586,97
2.3.5	ud	Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.		
		0,882 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	10,09
		0,882 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	9,83
		1,000 ud	Válv. Antirretorno. DC/ s.D=125mm	155,26
		3,000 %	Costes indirectos	5,26
Precio total por ud .				180,44
2.3.6	ud	Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.		
		0,800 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	9,15
		0,800 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	8,92
		1,000 ud	Válv. Antirretorno. DC/ s.D=150mm	119,69
		3,000 %	Costes indirectos	4,13
Precio total por ud .				141,89
2.3.7	ud	Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 16, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.		
		2,035 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	23,28
		2,035 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	22,69
		1,200 h.	Tractor grúa hasta 1,5 t.	11,60
		1,000 ud	Válv. Antirretorno. DC/ s.D=200mm	366,15
		3,000 %	Costes indirectos	12,71
Precio total por ud .				436,43

2.3.8	ud	Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.		
		0,767 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	8,77
		0,767 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	8,55
		1,000 ud	Vál. Antirretorno. CS/ st. D=125 mm	138,83
		3,000 %	Costes indirectos	4,68
		Precio total por ud .		160,83
2.3.9	ud	Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.		
		0,570 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	6,52
		0,570 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	6,36
		1,000 ud	Vál. Antirretorno. CS/ st.D=150 mm	174,73
		3,000 %	Costes indirectos	5,63
		Precio total por ud .		193,24
2.3.10	ud	Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.		
		0,600 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	6,86
		0,600 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	6,69
		1,000 ud	Vál. Antirretorno. CS/st. D=200 mm	237,52
		3,000 %	Costes indirectos	7,53
		Precio total por ud .		258,60
2.4 Anclajes y refuerzos				
2.4.1	m.	Refuerzo de conducciones de agua, de diámetro igual o menor de 250 mm., con losa de hormigón en masa HM-20/B/20/I, elaborado en central, de 30 cm. de espesor, i/cajeado, vibrado y arreglo de tierras, totalmente ejecutado.		
		0,200 h.	Oficial primera	2,14
		0,200 h.	Peón ordinario	2,05
		0,150 h.	Vibrador hormigón gasolina 50 mm	0,34
		0,340 m3	Hormigón HM-20/B/20/I central	16,18
		3,000 %	Costes indirectos	0,62
		Precio total por m. .		21,33

2.4.2	ud	Dado de anclaje para codo de 45° o 90° en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 60 y 225 mm., con hormigón HM-20/B/20/I, elaborado en central para relleno del dado, i/excavación, encofrado, colocación de armaduras, vibrado, desencofrado y arreglo de tierras.			
		0,450 h.	Oficial primera	10,710	4,82
		0,450 h.	Peón ordinario	10,240	4,61
		0,070 h.	Vibrador hormigón gasolina 50 mm	2,250	0,16
		0,057 m3	Hormigón HM-20/B/20/I central	47,590	2,71
		1,400 kg	Acero co. elab. y arma. B 400 S	0,670	0,94
		0,645 m2	ENCOF.MAD.ZAP.Y VIG.RIOS.Y ENCE.	10,210	6,59
		3,000 %	Costes indirectos	19,830	0,59
		Precio total por ud .			20,42

3. SISTEMAS DE RIEGO

3.1 Cimentación

3.1.1	m3	Hormigón armado HA-30/B/20/IIa, de 30 N/mm²., consistencia blanda, T_{máx.} 20 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de losa de cimentación, incluso armadura (50 kg/m³.), vertido con grúa, vibrado, curado y colocado. Según EHE.		
		1,000 m3	HORM HA-30/B/20/IIa LOSA CIM.V.GRÚA	72,880
		50,000 kg	ACERO CORRUGADO B 500 S	1,850
		3,000 %	Costes indirectos	165,380
		Precio total por m3 .		170,34

3.2 Estructura pivot

3.2.1	ud	Suministro e instalación de tramo de 53.5 m para pivote de riego central, formado por estructura tubular en acero galvanizado en caliente, tubería portante, torre motriz con motorreductor, transmisión y sistema de alineación. Cada tramo incorpora boquillas y emisores regulados, cableado de mando entre torres, protecciones de desalineación y elementos de seguridad del conjunto. Incluye montaje estructural, nivelación, conexionado eléctrico entre torres y pruebas de funcionamiento. No incluye cimentaciones, acometida eléctrica al pivote ni obra civil asociada.		
		103,736 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440
		103,733 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550
		1,000 ud	Collarín toma poliprop.D=32 mm.	1.024,043
		1,000 ud	Bobina metálica conex.apara.1/2"	3.238,189
		1,000 ud	Adaptador metál.tobera difusor	1.515,306
		1,000 ud	Tobera macho metal sector fijo	1.010,204
		0,150 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143
		3,000 %	Costes indirectos	9.068,880
		Precio total por ud .		9.340,95
3.2.2	ud	Suministro e instalación de torre central para pivote de riego, formada por estructura principal en acero galvanizado en caliente, junta rotativa de alimentación, tubería vertical y codo de entrada, soporte de giro y anclajes. Incluye panel de control principal, protecciones eléctricas, cableado de mando hacia las torres, sistema de seguridad y dispositivos de fin de carrera. Se contempla el montaje completo, conexionado hidráulico y eléctrico en cabecera y pruebas de funcionamiento. No incluye cimentación de hormigón ni acometida eléctrica exterior al pivote.		
		65,181 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440
		65,182 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550
		1,000 ud	Collarín toma poliprop.D=50 mm.	224,800
		1,000 ud	Boca riego equipada	9.532,844
		2,000 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143
		3,000 %	Costes indirectos	11.191,270
		Precio total por ud .		11.527,01

3.2.3	ud	Suministro e instalación de voladizo final para pivot de riego de aproximadamente 18,6 m de longitud, compuesto por estructura metálica galvanizada, tramo final con tubería portante, cables de tracción, tirantes, ruedas y elementos de unión necesarios para su integración en el equipo existente. El concepto incluye el montaje mecánico, nivelación, conexionado hidráulico, ajuste de alineación y verificación del correcto funcionamiento del conjunto, garantizando la continuidad del riego en el extremo del pivot y la ampliación del radio de cobertura.			
		6,273 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	71,76
		6,273 h.	Ayudante	10,400	65,24
		18,600 m	Estructura tensora	47,590	885,17
		1,000 ud	Collarín toma poliprop.D=40 mm.	44,914	44,91
		1,000 ud	Boca riego bayoneta c/llave	1.048,842	1.048,84
		1,000 ud	Bobina metálica conex.aparat.	299,347	299,35
		2,500 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143	0,36
		3,000 %	Costes indirectos	1.530,700	45,92
		Precio total por ud .			1.576,62

3.3 Automatismos

3.3.1	ud	Suministro e instalación de un sistema de automatización avanzado para pivot de riego, compuesto por unidad de control central, receptor GPS de alta precisión, sensores de posición y velocidad, comunicaciones inalámbricas y módulo de gestión remota. El sistema permite el control del pivot desde plataforma web o aplicación móvil, programación de sectores, ajuste de velocidades, arranque y parada remotos, monitorización de presiones y caudales, alarmas de fallo y registro de datos de operación. Incluye la instalación de los equipos electrónicos, cableado y antenas, configuración del sistema, integración con el cuadro existente del pivot y verificación del correcto funcionamiento del conjunto.			
		13,948 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	159,57
		13,948 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	147,15
		1,000 ud	Equipo mando riego goteo/exudac.	1.159,600	1.159,60
		10,000 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143	1,43
		3,000 %	Costes indirectos	1.467,750	44,03
		Precio total por ud .			1.511,78

4. CABEZAL DE BOMBEO

4.1 Infraestructura de protección

4.1.1	m2	Caseta prefabricada modular, medida por metro cuadrado, formada por paneles tipo sándwich con aislamiento térmico (espesor según especificación), estructura metálica galvanizada, cubierta ligera impermeabilizada, carpinterías metálicas, puerta de acceso y acabados interiores básicos. Incluye suministro, transporte, descarga, montaje en obra, nivelación y anclajes necesarios. No incluye la solera de hormigón ni las acometidas eléctricas, hidráulicas o sanitarias.			
		0,250 h.	Cuadrilla A	379,070	94,77
		1,000 m2	Panel autoport.LC-14 h<=2,5m.	1.140,108	1.140,11
		1,100 kg	Carpintería aluminio	43,211	47,53
		0,200 h.	Grúa telescópica s/camión 20 t.	604,671	120,93
		0,010 ud	Puntal telescópico 3m., 1,5 t.	171,821	1,72
		3,000 %	Costes indirectos	1.405,060	42,15
		Precio total por m2 .			1.447,21
4.1.2	m2	Solera de hormigón armado de 15 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa, de central, i/vertido, curado, colocación y armado con # 15x15/8, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado.			
		0,150 m3	HORMIGÓN HA-25/B/20/IIa EN SOLERA	65,680	9,85
		1,300 m2	ME 15x15 A Ø 8-8 B500T 6x2,2	4,860	6,32
		3,000 %	Costes indirectos	16,170	0,49
		Precio total por m2 .			16,66

4.2 Unidades de bombeo

4.2.1

ud

Suministro e instalación de electrobomba sumergible multicelular de eje vertical, construida íntegramente en acero inoxidable para servicio en captaciones profundas, con cuerpo hidráulico y rodetes en acero inoxidable AISI 304 y bridas normalizadas. Equipada con motor sumergible trifásico de alta eficiencia, apto para servicio continuo S1, protección IP68, tensión 3×400 V, y potencia nominal en el entorno de 60–65 kW, adecuada para caudales elevados (ˆ 200–250 m³/h) y alturas manométricas medias (ˆ 55–70 m).

El conjunto se completa con cuadro de maniobra en armario metálico para intemperie, dotado de interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico de línea, contactor de potencia, relé térmico/guardamotor y elementos auxiliares de control y señalización, cumpliendo los requisitos del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.).

Se incluye la instalación completa de la electrobomba, con su montaje en pozo, conexionado en cabeza, pruebas hidráulicas y verificación de parámetros eléctricos y mecánicos.

No se incluye el suministro de la válvula de retención (instalada por separado), ni el cableado eléctrico hasta el cuadro de mando, ni los medios mecánicos de izado y descenso.

10,327 h.	Oficial primera	10,710	110,60
10,327 h.	Peón ordinario	10,240	105,75
9,914 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	113,42
9,914 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	104,59
4,131 h.	Oficial 1ª Electricista	11,440	47,26
1,000 ud	Electrobomba sumergible 65 kw	13.995,034	13.995,03
1,000 ud	Válvula de pie/retención 4"	208,072	208,07

		1,000 ud	Cuadro mando electrobom.60-65 CV	3.278,012	3.278,01
		35,000 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143	5,01
		45,000 ud	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	0,239	10,76
		3,000 %	Costes indirectos	17.978,500	539,36
		Precio total por ud .			18.517,86
4.2.2	ud	Suministro e instalación de electrobomba centrífuga horizontal de voluta, construida en fundición gris con impulsor de fundición equilibrado dinámicamente y eje en acero inoxidable, adecuada para bombeo de agua limpia en instalaciones agrícolas. Equipada con motor trifásico de alta eficiencia IE4 de aproximadamente 30 kW de potencia, protección IP55, montaje IM B35, y apta para servicio continuo en condiciones de trabajo exigentes. La bomba dispone de conexiones DN100 en aspiración y DN80 en impulsión, bridas PN16 según EN 1092-2, cierre mecánico tipo industrial y rendimiento hidráulico elevado para caudales en torno a 140 m³/h y alturas de 40 m. Incluye cuadro de maniobra para intemperie, con interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico, contactor y relé guardamotor, conforme al R.E.B.T. Se contempla la instalación completa, alineación bomba-motor, conexionado eléctrico en sala o caseta, y pruebas de funcionamiento. No incluye válvula de retención, ni cableado hasta el cuadro, ni medios mecánicos de manipulación.			
		23,366 h.	Oficial primera	10,710	250,25
		23,366 h.	Peón ordinario	10,240	239,27
		45,358 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	518,90
		45,358 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	478,53
		15,119 h.	Oficial 1ª Electricista	11,440	172,96
		1,000 ud	Electrob.cent.monoc.hor. 30 kw	3.652,241	3.652,24
		1,000 ud	Válvula de pie/retención 2 1/2"	204,644	204,64
		1,000 ud	Cuadro mando electrobomba 30 kw	2.607,251	2.607,25
		180,000 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143	25,74
		25,000 ud	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	0,239	5,98
		3,000 %	Costes indirectos	8.155,760	244,67
		Precio total por ud .			8.400,43
4.2.3	ud	Suministro e instalación de electrobomba centrífuga horizontal de voluta, construida en fundición gris con impulsor de fundición equilibrado dinámicamente y eje en acero inoxidable, adecuada para bombeo de agua limpia en instalaciones agrícolas. Equipada con motor trifásico de alta eficiencia IE4 de aproximadamente 30 kW de potencia, protección IP55, montaje IM B35, y apta para servicio continuo en condiciones de trabajo exigentes. La bomba dispone de conexiones DN80 en aspiración y DN65 en impulsión, con bridas PN16 según EN 1092-2, cierre mecánico tipo industrial y rendimiento hidráulico elevado para caudales en torno a 90 m³/h y alturas de 60 m. Incluye cuadro de maniobra para intemperie, con interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico, contactor y relé guardamotor, conforme al R.E.B.T. Se contempla la instalación completa, alineación bomba-motor, conexionado eléctrico en sala o caseta, y pruebas de funcionamiento. No incluye válvula de retención, ni cableado hasta el cuadro, ni medios mecánicos de manipulación.			
		21,037 h.	Oficial primera	10,710	225,31
		21,037 h.	Peón ordinario	10,240	215,42
		40,764 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	466,34
		40,764 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	430,06
		11,835 h.	Oficial 1ª Electricista	11,440	135,39

		1,000 ud	Electrob.cent.monoc.vert. 30 kw	2.858,466	2.858,47
		1,000 ud	Válvula de pie/retención 2"	92,404	92,40
		1,000 ud	Cuadro mando electrobomba 30 kw	2.201,449	2.201,45
		160,000 ud	Pequeño material inst.hidráulic.	0,143	22,88
		22,000 ud	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	0,239	5,26
		3,000 %	Costes indirectos	6.652,980	199,59
		Precio total por ud .			6.852,57
4.2.4	ud	Suministro e instalación de variador de frecuencia trifásico 400 V para bomba de hasta 60 kW, con control vectorial, función PID integrada, filtro EMC categoría C3, unidad de frenado, protecciones electrónicas de motor, pantalla de parametrización y grado de protección mínimo IP20, incluyendo fijación, conexionado, programación y pruebas de funcionamiento.			
		11,848 h.	Oficial 1ª Electricista	11,440	135,54
		11,849 h.	Ayudante-Electricista	10,560	125,13
		1,000 ud	Mód.prot.y medida<30A.2cont.trif	2.766,449	2.766,45
		1,000 ud	Pequeño material	0,027	0,03
		3,000 %	Costes indirectos	3.027,150	90,81
		Precio total por ud .			3.117,96
4.2.5	ud	Suministro e instalación de variador de frecuencia trifásico 400 V para bomba de hasta 30 kW, con control vectorial sensorless, regulación PID, filtro EMC integrado, unidad de frenado, protecciones térmicas y de sobrecarga, módulo de comunicación estándar y grado de protección IP20, incluyendo montaje, conexionado, parametrización y pruebas.			
		9,779 h.	Oficial 1ª Electricista	11,440	111,87
		9,777 h.	Ayudante-Electricista	10,560	103,25
		1,000 ud	Mód.prot.y medida<30A.1cont.trif	1.589,818	1.589,82
		1,000 ud	Pequeño material	0,027	0,03
		3,000 %	Costes indirectos	1.804,970	54,15
		Precio total por ud .			1.859,12
		4.3 Unidades de filtrado y registro			
4.3.1	ud	Suministro e instalación de filtro de malla automático autolimpiante, tipo Filtomat, construido en acero al carbono con recubrimiento epoxi y malla interior en acero inoxidable 316L, adecuado para filtración de agua en instalaciones agrícolas. Sistema de limpieza hidráulico, sin necesidad de alimentación eléctrica externa, con control por presión diferencial y ciclo automático de retrolavado sin interrupción del caudal aguas abajo. El equipo dispone de grados de filtración entre 500 y 80 micras, caudales admisibles según modelo (hasta 400 m³/h en la serie M100 y hasta 800 m³/h en la serie MG), y conexiones bridadas PN16 conforme a ISO 1092-2. Incluye controlador ADI-P, con registro de ciclos, alarmas, monitorización de presión diferencial y comunicación Bluetooth® para supervisión mediante aplicación móvil. Se contempla la instalación completa, conexionado hidráulico, puesta en marcha y verificación de funcionamiento. No incluye válvulas adicionales, colectores, ni obra civil asociada			
		9,058 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	11,440	103,62
		9,058 h.	Peón ordinario	10,240	92,75
		1,000 ud	Filtro de malla automat.	5.306,960	5.306,96
		3,000 %	Costes indirectos	5.503,330	165,10

		Precio total por ud .	5.668,43
4.3.2	ud	Contador Woltman de agua, tipo horizontal/vertical según especificación, con diámetro nominal DN 125, clase de exactitud y caudal según norma vigente (R100), construido en hierro fundido o latón, con cuerpo, turbina, eje y rodamiento según fabricante, provisto de cierre hermético y sello de garantía. Incluye suministro, transporte, instalación sobre tubería, conexión mediante bridas o racores según proyecto, alineación, puesta a nivel, fijación y pruebas de estanqueidad. No incluye protección adicional, obra civil ni accesorios auxiliares de montaje.	
	3,691 h.	Oficial 1ª Electricista	42,23
	3,691 h.	Ayudante-Electricista	38,98
	1,000 ud	Contador Woltman DN 126	281,69
	8,000 ud	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	1,91
	3,000 %	Costes indirectos	10,94
		Precio total por ud .	375,75
4.3.3	ud	Contador Woltman de agua, tipo horizontal/vertical según especificación, con diámetro nominal DN 150, clase de exactitud y caudal según norma vigente (R100), construido en hierro fundido o latón, con cuerpo, turbina, eje y rodamiento según fabricante, provisto de cierre hermético y sello de garantía. Incluye suministro, transporte, instalación sobre tubería, conexión mediante bridas o racores según proyecto, alineación, puesta a nivel, fijación y pruebas de estanqueidad. No incluye protección adicional, obra civil ni accesorios auxiliares de montaje.	
	4,855 h.	Oficial 1ª Electricista	55,54
	4,855 h.	Ayudante-Electricista	51,27
	1,000 ud	Contador Woltman DN 150	421,96
	5,000 ud	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	1,20
	3,000 %	Costes indirectos	15,90
		Precio total por ud .	545,87

5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

5.1 Centro fotovoltaico

5.1.1	ud	Suministro e instalación de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de alta eficiencia, con potencia unitaria aproximada de 535 Wp, tecnología half-cut y 144 células, eficiencia superior al 21 % y aptos para sistemas de 1500 V. Se incluyen sus dimensiones estándar de gran formato, adecuadas para maximizar la producción energética y reducir pérdidas en el cableado. El concepto contempla el montaje de los paneles sobre la estructura prevista, su conexionado en corriente continua, fijaciones, protecciones y comprobación final del correcto funcionamiento del generador fotovoltaico.	
	0,500 h.	Oficial 1ª Electricista	5,72
	0,500 h.	Ayudante-Electricista	5,28
	1,000 ud	Módulos solares mon.crist. 535 wp	146,33
	1,000 ud	Pequeño material	0,03
	3,000 %	Costes indirectos	4,72
		Precio total por ud .	162,08

5.1.2	ud	Estructura metálica de seguidor solar por módulo, formada por marco portamódulos en perfiles de acero galvanizado S275–S355, espesor 2,5–4 mm, con grapas de fijación y tornillería inoxidable; tramo proporcional de eje de giro en tubo estructural galvanizado de Ø80–120 mm y espesor 4–6 mm, dimensionado para cargas de viento según UNE-EN 1991; y pilar hincado de apoyo en perfil tipo C/Sigma/H de 1,8–2,5 m de longitud, hincado al terreno mediante maquinaria específica, incluyendo alineación, nivelación y fijaciones necesarias para la estabilidad del conjunto.			
		0,124 h.	Oficial 1ª Cerrajero	11,440	1,42
		0,062 h.	Ayudante-Cerrajero	10,560	0,65
		4,800 m.	Premarco aluminio	1,145	5,50
		1,000 ud	Estructura portante mod.solar	28,144	28,14
		3,000 %	Costes indirectos	35,710	1,07
		Precio total por ud .			36,78
5.1.3	ud	Suministro e instalación de inversor trifásico de alta potencia para sistemas fotovoltaicos, con capacidad aproximada de 175 kW, múltiples seguidores MPPT, apto para operación en exteriores y con protección IP66. El concepto incluye su montaje, conexionado en corriente continua y alterna, configuración básica, comprobación de funcionamiento y puesta en marcha del equipo			
		16,180 h.	Oficial 1ª Electricista	11,440	185,10
		1,000 ud	Arm. puerta opaca 12 mód.	594,028	594,03
		1,000 ud	Inversor trifásico 175 KW	2.206,227	2.206,23
		1,000 ud	PIA (I+N) 10 A.	587,326	587,33
		1,000 ud	PIA (I+N) 16 A	598,189	598,19
		1,000 ud	PIA (I+N) 20 A	616,218	616,22
		2,000 ud	PIA (I+N) 25 A	627,313	1.254,63
		1,000 ud	Pequeño material	0,027	0,03
		3,000 %	Costes indirectos	6.041,760	181,25
		Precio total por ud .			6.223,01
5.1.4	ud	Caja general protección 250 A. incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 250 A. para protección de la línea repartidora, situada en fachada o interior nicho mural.			
		0,684 h.	Oficial 1ª Electricista	11,440	7,82
		0,684 h.	Ayudante-Electricista	10,560	7,22
		1,000 ud	Caja protec. 250A(III+N)+fusib	206,777	206,78
		1,000 ud	Pequeño material	0,027	0,03
		3,000 %	Costes indirectos	221,850	6,66
		Precio total por ud .			228,51
5.1.5	ud	Suministro e instalación de sistema de control para seguidor solar, compuesto por inclinómetro/encoder de precisión =0,1°, sensor de irradiancia, anemómetro y caja de control con autómata, protecciones y comunicaciones RS-485/CANbus, con salidas de mando para actuadores.			
		1,700 h.	Oficial 1ª Electricista	11,440	19,45
		1,700 h.	Ayudante-Electricista	10,560	17,95
		1,000 ud	Colum.15 contadores mono.+reloj	781,610	781,61
		1,000 ud	Pequeño material	0,027	0,03
		3,000 %	Costes indirectos	819,040	24,57

		Precio total por ud .	843,61
5.1.6	ud	Suministro y montaje de motorreductor eléctrico para seguidor solar de un eje, con par nominal =1.200 Nm, protección IP65, soporte metálico, acoplamiento al eje principal y finales de carrera, incluyendo fijaciones y conexionado.	
	0,773 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	8,84
	0,773 h.	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	8,62
	0,129 h.	Oficial 1ª Electricista	1,48
	1,000 ud	Motor red. Seguidor solar	574,68
	1,000 ud	Regulador de presión	25,41
	1,000 ud	Estructura de fijación acero galv.	9,44
	3,000 %	Costes indirectos	18,85
		Precio total por ud .	647,32
		5.2 Grupo electrógeno	
5.2.1	ud	El concepto incluye el suministro, transporte, instalación y puesta en marcha de un grupo electrógeno diésel industrial de de 130-140 kva con depósito integrado, cabina insonorizada y silenciador. Se contempla su colocación sobre la bancada preparada, las conexiones eléctricas y de combustible, el montaje del sistema de escape, la verificación de protecciones, la carga de fluidos, las pruebas de funcionamiento y la entrega del equipo completamente operativo conforme a normativa vigente.	
	114,667 h.	Oficial 1ª Electricista	1.311,79
	114,666 h.	Ayudante-Electricista	1.210,87
	1,000 ud	Grupo electrógeno 130-140 kva	24.058,39 4
	1,000 ud	Pequeño material	0,03
	3,000 %	Costes indirectos	797,43 0
		Precio total por ud .	27.378,51
		5.3 Cableado	
5.3.1	m.	Suministro e instalación de cable de potencia de cobre tipo RZ1-K (AS), libre de halógenos y apto para 0,6/1 kV, destinado a la conexión en alterna entre inversores, cuadros eléctricos y punto de entrega. Incluye tendido en bandeja o canalización, fijaciones, identificación y pruebas de continuidad y aislamiento.	
	0,188 h.	Oficial 1ª Electricista	2,15
	0,188 h.	Oficial 2ª Electricista	2,10
	3,000 m.	Cond. ríg. 750 V 6 mm ² Cu	1,24
	1,000 m.	Cable eléctrico RZ1-K	1,57
	1,000 ud	Pequeño material	0,03
	3,000 %	Costes indirectos	0,21
		Precio total por m. .	7,30
5.3.2	m.	Suministro e instalación de cable solar unipolar tipo H1Z2Z2-K, apto para sistemas fotovoltaicos de hasta 1500 V en corriente continua, con doble aislamiento, resistencia UV y certificación para uso en exterior. Incluye tendido del cableado entre módulos e inversores, fijaciones, conectores compatibles y comprobación del correcto aislamiento y continuidad.	
	0,073 h.	Oficial 1ª Electricista	0,84
	0,073 h.	Oficial 2ª Electricista	0,81

3,000 m.	Cond. rígi. 750 V 10 mm2 Cu	0,275	0,83
1,000 m.	Cable eléctrico H1Z2Z2-K	1,570	1,57
1,000 ud	Pequeño material	0,027	0,03
3,000 %	Costes indirectos	4,080	0,12
Precio total por m. .			4,20

6. SEGURIDAD PERIMETRAL Y VIDEOVIGILANCIA

6.1	m	Suministro e instalación de cerramiento perimetral mediante malla de simple torsión galvanizada, altura según proyecto, con luz de malla 50×50 mm y alambre galvanizado de alta resistencia, fijada sobre postes metálicos cuadrados 40×40×4 mm galvanizados en caliente, colocados cada 2,5–3,0 m, incluyendo tensores, alambres de refuerzo superior e inferior, anclajes, cimentación puntual mediante dados de hormigón (si procede), alineación, tensado y remates finales, dejando el cerramiento completamente instalado y operativo.		
		0,063 h. Peón ordinario	10,240	0,65
		1,000 ud Valla obra ext. reflec.acordeón	22,538	22,54
		3,000 % Costes indirectos	23,190	0,70
		Precio total por m .		23,89
6.2	ud	Suministro e instalación de cámara de videovigilancia IP para exterior, con resolución mínima 4 MP, óptica varifocal, iluminación infrarroja de largo alcance, carcasa antivandálica IP66/IK10, alimentación PoE, detección inteligente de movimiento y análisis básico de intrusión, incluyendo soporte, fijaciones, conexión a red, configuración en grabador/NVR y pruebas de funcionamiento.		
		2,806 h. Oficial 1ª Electricista	11,440	32,10
		1,000 ud CCTV 4MP	235,950	235,95
		1,000 ud Pequeño material	0,027	0,03
		3,000 % Costes indirectos	268,080	8,04
		Precio total por ud .		276,12
6.3	ud	Suministro e instalación de cuadro de control para sistema de videovigilancia, compuesto por grabador NVR con capacidad para las cámaras instaladas, disco duro de almacenamiento, switch PoE para alimentación y comunicaciones, módulo de gestión de alarmas con salidas programables, protecciones eléctricas, fuente de alimentación estabilizada y elementos de comunicación remota, incluyendo montaje, cableado interno, configuración de red, programación de eventos y pruebas de activación de alarma.		
		16,339 h. Oficial 1ª Electricista	11,440	186,92
		1,000 ud Caja para ICP (4p), s> 10	664,627	664,63
		1,000 ud Pequeño material	0,027	0,03
		3,000 % Costes indirectos	851,580	25,55
		Precio total por ud .		877,13

ANEJO XV: EVALUACIÓN ECONÓMICA

ÍNDICE ANEJO XV. EVALUACIÓN ECONÓMICA

1.	Introducción.....	1
2.	Evaluación financiera.....	1
2.1.	Inversión.....	1
2.2.	Pagos ordinarios	2
2.2.1.	Contribución.....	2
2.2.2.	Seguros agrarios.....	2
2.2.3.	Tabla resumen de pagos ordinarios	3
2.3.	pagos extraordinarios	4
2.4.	Cobros ordinarios.....	5
2.4.1.	Venta de cosecha.....	5
2.5.	Cobros extraordinarios	5
2.5.1.	Cobros de la PAC	5
2.5.2.	Cobros venta de maquinaria	7
3.	Flujos de caja	9
4.	Criterios de evaluación	11
4.1.	Valor actual neto	11
4.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	11
4.3.	Payback (Periodo de recuperación)	12
5.	Viabilidad económica	12
5.1.	Financiación propia.....	12
5.2.	Financiación ajena	16
6.	Conclusiones	19

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo analizaremos la viabilidad económica del proyecto observando distintos parámetros e índices de modo que concluiremos la rentabilidad de la inversión.

Para ello nos serviremos de la información desarrollada en los anteriores anejos y de criterios como el VAN, el TIR y el *pay-back*.

El análisis estará condicionado por el costo total de inversión, la duración de la vida útil del proyecto y los ingresos generados a raíz de su establecimiento.

La vida útil del proyecto se establece en 25 años.

2. EVALUACIÓN FINANCIERA

2.1. INVERSIÓN

Acudiendo al Documento N°5 del presente proyecto podemos extraer el resumen presupuestario (Tabla 1) el cual muestra la inversión total que le supone al promotor la instauración del proyecto además de su descomposición general.

Tabla 1: Resumen presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	407.662,09
13% de gastos generales	52.996,07
6% de beneficio industrial	24.459,73
Suma	485.117,89
21%	101.874,76
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	586.992,65
4% Honorarios de proyecto	23.479,71
2% Honorarios dirección de obra	11.739,85
1% Coordinador S.S.	5.869,93
Suma	41.089,49
21% I.V.A. de Honorarios	8.628,79
TOTAL HONORARIOS PRESUPUESTO	49.718,28
TOTAL PRESUPUESTO	636.710,93

Fuente: Elaboración propia. (Extraído del Documento N°5)

El total de la inversión asciende a seiscientos treinta y seis mil setecientos diez euros con noventa y tres céntimos incluyendo la ejecución del material, la contrata, los honorarios y el IVA. Sin embargo, el análisis económico se valorará sin IVA, siendo el dato considerado de quinientos veintiséis mil doscientos siete euros con treinta y ocho céntimos (526.207,38 €).

2.2. PAGOS ORDINARIOS

Los pagos ordinarios de la explotación son aquellos que se prevén continuos y estables a lo largo del proceso productivo considerados necesarios para la viabilidad de dicho proceso. A continuación, se muestra una tabla resumen de pagos correspondientes a todos los cultivos anuales considerados en la rotación propuesta para las 46,6 hectáreas por año. Estos datos se extraen del Anejo 5, “Ingeniería del proceso productivo”. No obstante, en esta tabla se incluyen dos conceptos nuevos, el pago de la contribución y el pago del seguro agrario, los cuales son costes secundarios de producción.

2.2.1. Contribución

La contribución rústica, o Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI), grava anualmente la propiedad de las parcelas, con motivo del mantenimiento de los servicios municipales. Aunque la explotación cuenta con una superficie total de 64,23 ha, únicamente 46,6 ha corresponden a terreno efectivamente regado y en producción, que es la superficie considerada a efectos del cálculo económico.

En el término municipal de Valladolid, el tipo impositivo aplicable al IBI rústico es del 1,07 %. Tomando como referencia un valor catastral medio para fincas de regadío de la zona de 4.000 €/ha, el coste estimado del impuesto se sitúa en torno a 43 €/ha·año.

Aplicado a la superficie efectivamente explotada, el importe anual del IBI puede estimarse en:

$$46,6 \text{ ha} \times 43 \text{ €/ha año} \approx 2000 \text{ €/año}$$

Se estima que el pago del IBI para esta finca se encuentra entorno a los dos mil euros.

2.2.2. Seguros agrarios

Los seguros agrarios resultan esenciales para garantizar la estabilidad económica de la explotación frente a riesgos como sequías, pedrisco, incendios, no nascencia o daños cinegéticos. La explotación se basa en una rotación de patata, trigo, girasol y tres años de alfalfa, por lo que el cálculo del coste del seguro se realiza en función de la producción asegurada de cada cultivo dentro de dicha rotación.

A continuación, se presenta un resumen del coste total del seguro para cada cultivo considerado. Se aplica una subvención del 90 %, habitual en líneas de seguro combinadas para cultivos extensivos.

Tabla 2: Coste del seguro agrario

Cultivo	Producción asegurada (kg/ha)	Coste seguro (€/kg)	Subvención (%)	Coste total por ha (€)
Patata	45 000	0,022	90	99,00
Trigo blando	7 714	0,38	90	292,13
Girasol alto oleico	4 150	0,51	90	211,65
Alfalfa - Año 1	16 500	0,10	90	165,00
Alfalfa - Año 2	16 500	0,10	90	165,00
Alfalfa - Año 3	16 500	0,10	90	165,00

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Tabla resumen de pagos ordinarios

Tabla 3: Resumen completo de pagos ordinarios

CULTIVO	MAQUINARIA	MATERIA PRIMA	RIEGO	MANO DE OBRA	CONTRIBUCIÓN	SEGUROS	TOTAL
Patata	40416	74581	18519	8126	2000	4613	148255
Trigo	13147	41611	8372	3859	2000	13614	82603
Girasol	13343	30831	24300	4138	2000	9833	84445
Alfalfa	46014	15704	23143	9883	2000	7689	104433
Alfalfa (Resto de años)	43762	13354	23143	7663	2000	7689	97611

Fuente: Elaboración propia.

2.3. PAGOS EXTRAORDINARIOS

Los pagos extraordinarios son aquellos que se contemplan en un futuro concretamente para subsanar la renovación de la maquinaria agrícola, cuando ésta alcance el final de su vida útil. El análisis y previsión de estos pagos se hace en consonancia con una sustitución por maquinaria de iguales características funcionales.

El cálculo se hace en base a la proporción de la explotación que supone el área de estudio, es decir, de las 121,4 hectáreas que comprende la explotación, el estudio se realiza sobre 46,6 hectáreas, lo que supone un 39%. Procedemos a analizar el correspondiente pago proporcional al área de estudio en la tabla a continuación.

Tabla 4: Pagos extraordinarios por renovación de maquinaria

Maquinaria o apero	Valor inicial (€)	Años desde adquisición	Vida útil (años)	Año de renovación	Coste renovación	Parte proporcional a la parcela (€)
John Deere 6920 (160 CV)	95000	10	20	10	110000	42000
John Deere 6900 (135 CV)	80000	15	20	5	95000	37000
Grada de vertederillas	12000	9	17	8	15000	5850
Semichisel (1)	14000	12	17	5	16000	6240
Semichisel (2)	16000	-5	17	22	18000	7020
Cultivador (1)	10000	7	15	8	11000	4290
Cultivador (2)	11000	-8	15	23	12000	4680
Rodillo de discos	9000	5	20	15	11000	4290
Remolque basculante (10 t)	16000	10	20	10	20000	7800
Remolque monoeje (6 t)	10000	9	18	9	13000	5070

Fuente: Elaboración propia.

También se debe contemplar la renovación de las unidades de impulsión cuya vida útil queda por debajo del rango completo de la vida útil del proyecto. En la siguiente tabla se recoge la información correspondiente a la renovación de las bombas.

Tabla 5: Pago extraordinario renovación bombas

Maquinaria o aforo	Vida útil (años)	Coste renovación
Bomba sumergible (65 kW)	15	24600
Bomba horizontal (30 kW, DN100/80)	15	13500
Bomba horizontal (30 kW, DN80/65)	15	12000

Fuente: Elaboración propia.

2.4. COBROS ORDINARIOS

Pasamos a analizar los ingresos ordinarios estimados que la parcela de estudio producirá. Los cobros ordinarios son aquellos que se reciben de forma regular y recurrente como resultado de la actividad agrícola. Principalmente se contempla como cobro ordinario la venta de la cosecha.

2.4.1. Venta de cosecha

A continuación, se muestra la estimación de ingresos que supone la venta de la producción agrícola de la rotación de cultivos planteada.

Tabla 6: Cobros ordinarios

Cultivo	Producción estimada (kg/ha)	Precio (€/t)*	Precio (€/kg)	Superficie (ha)	Total (€)
Patata	45000	120	0,12	46,6	251640
Trigo blando	7714	230	0,23	46,6	82679
Girasol alto oleico	4150	525	0,525	46,6	101530
Alfalfa - Año 1	16500	230	0,23	46,6	176847
Alfalfa - Año 2	16500	230	0,23	46,6	176847
Alfalfa - Año 3	16500	230	0,23	46,6	176847

*Los precios han sido obtenidos de los últimos informes de la lonja de León a fecha de redacción del presente proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

2.5. COBROS EXTRAORDINARIOS

2.5.1. Cobros de la PAC

La PAC (Política Agraria Común) 2023-2027 concede una serie de ayudas a los agricultores si cumplen una serie de requisitos con la intención de sostener la actividad agraria, garantizar alimentos seguros y asequibles, y mantener vivo el

medio rural europeo. Con la rotación y las prácticas agrícolas planteadas los cultivos se pueden acoger a las siguientes ayudas:

Ayuda Básica a la Renta para la Sostenibilidad (ABRS)

Toda la superficie de la explotación (46,6 ha) es admisible y se encuentra ocupada por cultivos herbáceos, por lo que tiene derecho íntegro a la Ayuda Básica a la Renta. En Castilla y León, el valor medio de los derechos se sitúa en torno a 120 €/ha. Esto supone un ingreso anual aproximado de:

$$46,6 \text{ ha} \times 120 \text{ €/ha} = 5.592 \text{ €}$$

La rotación no afecta al cobro de esta ayuda, ya que todos los cultivos implantados son elegibles.

Pago Redistributivo

El pago redistributivo incrementa la ayuda en las primeras hectáreas de la explotación. Dado que la superficie total es inferior al límite superior del tramo bonificado, todas las hectáreas reciben el complemento. En Castilla y León, este pago se sitúa en torno a 60 €/ha, lo que supone:

$$46,6 \text{ ha} \times 60 \text{ €/ha} = 2.796 \text{ €}$$

Este pago se percibe independientemente del cultivo implantado.

Ecorregímen de rotación de cultivos con especies mejorantes

Este ecorregímen exige alternancia de cultivos y presencia de especies mejorantes. La rotación cumple estos requisitos:

- La alfalfa es una leguminosa fijadora de nitrógeno.
- El girasol se considera cultivo mejorante por su raíz pivotante.
- No se repite cultivo en años consecutivos.
- La diversidad de familias botánicas es elevada.

El pago asociado en Castilla y León se sitúa en torno a 60 €/ha, lo que supone:

$$46,6 \text{ ha} \times 60 \text{ €/ha} = 2.796 \text{ €}$$

Ecorregímen de agricultura de conservación

Ya que se aplican técnicas de mínimo laboreo y de mantenimiento del rastrojo, la rotación del cultivo puede acogerse a esta ayuda. A excepción del cultivo de la patata, debido a que este es un cultivo que requiere labores intensivas.

Se estima una ayuda de 50 €/ha por cultivo aplicable, suponiendo un total de:

$$46,6 \text{ ha} \times 50 \text{ €/ha} = 2.330 \text{ €}$$

Ayuda asociada

Esta ayuda fomenta la integración de cultivos mejorantes y de especial interés como es el caso de la alfalfa debido a su poder fijador de nitrógeno y a su clasificación como cultivo proteaginoso se podría acoger a dicha ayuda que se estima en Castilla y León en unos 60 €/ha. Anualmente supondría para la alfalfa un cobro extra de:

$$46,6 \text{ ha} \times 60 \text{ €/ha} = 2.796 \text{ €}$$

A continuación, se muestra una tabla resumen de las ayudas de la PAC por cultivo:

Tabla 7: Resumen cobros extraordinarios de la PAC

Cultivo	ABRS (€/ha)	Redistributivo (€/ha)	Rotación con mejorantes (€/ha)	Agricultura de conservación (€/ha)	Ayuda asociada (€/ha)	Total anual por ha	Total anual (46,6 ha)
Patata	120	60	60	-	-	240 €/ha	11184 €
Trigo blando	120	60	60	50	-	290 €/ha	13514 €
Girasol alto oleico	120	60	60	50	-	290 €/ha	13514 €
Alfalfa	120	60	60	50	60	350 €/ha	16310 €

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2. Cobros venta de maquinaria

La vida útil del proyecto se establece en 25 años, debido la vida útil aproximada de los principales elementos instalados (pivotes de riego, tuberías, paneles solares...). Al final de la vida útil de cada máquina se mantiene un valor residual que a su venta puede generar ingresos de forma extraordinaria.

En la Tabla7 se muestra el valor residual de la maquinaria que completa su vida útil y en la Tabla 8 el valor de la maquinaria que sustituye a la actual con respecto al año de vida útil en el que se encuentra al final del proyecto.

En el caso de la maquinaria o aperos que llegan al final de la vida útil se estima que se obtendrá un 5% de su valor inicial en su venta como chatarra. En el caso de aquellos que no lleguen al final, la estimación de los valores residuales se sigue un método de depreciación lineal que aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Valor residual} = \text{Valor inicial} \times \left(1 - \frac{\text{años transcurridos}}{\text{vida útil}}\right)$$

Tabla 8: Cobro por venta de maquinaria al final de su vida útil

Maquinaria o apero	Valor inicial (€)	Vida útil (años)	Años restantes (hasta fin VU)	Valor como chatarra (5% VI)	Parte proporcional a la parcela (€)
John Deere 6920 (160 CV)	95000	20	10	4750	1853
John Deere 6900 (135 CV)	80000	20	5	4000	1560
Tractor (135 CV)	95000	20	25	4750	1853
Grada de vertederillas (1)	12000	17	8	600	234
Grada de vertederillas (2)	15000	17	25	750	293
Semichisel (1)	14000	17	5	700	273
Semichisel (2)	16000	17	22	800	312
Cultivador (1)	10000	15	8	500	195
Cultivador (2)	11000	15	23	550	215
Rodillo de discos	9000	20	15	450	176
Remolque basculante (10 t)	16000	20	10	800	312
Remolque basculante (6 t)	10000	18	9	500	195

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Cobros por la venta de maquinaria al final del proyecto

Maquinaria o apero	Valor inicial (€)	Vida útil (años)	Años hasta fin de proyecto	Vida útil restante (años)	Valor (€)	Parte proporcional a la parcela (€)
Tractor (160 CV)	110000	20	15	5	27500	10725
Semichisel	18000	17	3	14	14824	5781
Cultivador	12000	15	3	12	9600	3744
Rodillo de discos	11000	20	10	10	5500	2145
Remolque basculante (10 t)	20000	20	15	5	5000	1950
Remolque monoeje (6 t)	13000	18	16	2	1444	563

Fuente: Elaboración propia.

3. FLUJOS DE CAJA

A continuación, se procede al análisis cronológico de los flujos de caja estimados a lo largo de los 25 años de vida útil del proyecto. En la siguiente tabla se observa año por año dicha progresión. Se ha simplificado la explotación en una hoja de 46,6 hectáreas.

Tanto para los pagos como los cobros se consideran sus respectivos ordinarios y extraordinarios. Los pagos ordinarios se corresponden al sumatorio de los costes de cultivo de materia prima, maquinaria, mano de obra, riego, contribuciones y seguros. Los extraordinarios se corresponden al pago de la renovación de la maquinaria. Los cobros ordinarios son los resultantes de la venta de la cosecha y los extraordinarios por la obtención de ayudas de la PAC y de la venta de maquinaria.

Tabla 10: Flujo de caja estimado para el proyecto.

AÑO	CULTIVO	COBROS		PAGOS		FLUJO
		ORDINARIOS	EXTRAORDINARIOS	ORDINARIOS	EXTRAORDINARIOS	
1	Patata	148.255	0	251.640	11.184	114.569
2	Trigo	82.603	0	82.679	13.514	13.590
3	Girasol	84.445	0	101.530	13.514	30.599
4	Alfalfa	104.433	0	176.847	16.310	88.724
5	Alfalfa	97.611	43.240	176.847	13.017	49.013
6	Alfalfa	97.611	0	176.847	13.514	92.750
7	Patata	148.255	0	251.640	13.514	116.899
8	Trigo	82.603	10.140	82.679	16.739	6.675
9	Girasol	84.445	5.070	101.530	11.379	23.394
10	Alfalfa	104.433	49.800	176.847	15.679	38.293
11	Alfalfa	97.611	0	176.847	13.514	92.750
12	Alfalfa	97.611	0	176.847	16.310	95.546
13	Patata	148.255	0	251.640	11.184	114.569
14	Trigo	82.603	0	82.679	13.514	13.590
15	Girasol	84.445	54.390	101.530	13.690	-23.615
16	Alfalfa	104.433	0	176.847	16.310	88.724
17	Alfalfa	97.611	0	176.847	11.184	90.420
18	Alfalfa	97.611	0	176.847	13.514	92.750
19	Patata	148.255	0	251.640	13.514	116.899
20	Trigo	82.603	0	82.679	16.310	16.386
21	Girasol	84.445	0	101.530	11.184	28.269
22	Alfalfa	104.433	7.020	176.847	13.826	79.220
23	Alfalfa	97.611	4.680	176.847	13.729	88.285
24	Alfalfa	97.611	0	176.847	16.310	95.546
25	Patata	148.255	0	251.640	36.385	139.770

Fuente: Elaboración propia.

El flujo medio del proyecto para el año 25 tras la venta de la maquinaria operativa es de **68.9145 €** anuales.

4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

4.1. VALOR ACTUAL NETO

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador financiero que mide la rentabilidad de un proyecto de inversión mediante la actualización a valor presente de todos los flujos de caja futuros, descontados a una tasa que refleja el costo de oportunidad del capital.

Este valor permite determinar si un proyecto genera valor por encima del rendimiento mínimo exigido.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Datos:

- F_t = Flujos de caja futuros
- k = Tipo de interés
- t = Periodo de tiempo
- n = Vida útil del proyecto

$VAN > 0$ El proyecto genera valor y es financieramente viable.

$VAN = 0$ El proyecto es indiferente (recupera exactamente el costo de capital).

$VAN < 0$ El proyecto destruye valor.

4.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero. Es decir, representa la rentabilidad implícita del

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t}$$

proyecto.

Datos:

- F_t = Flujos de caja futuros
- TIR = Tasa interna de retorno

$TIR > k$ Proyecto aceptable.

$TIR = k$ Proyecto indiferente.

$TIR < k$ Proyecto rechazado.

Siendo k la tasa mínima requerida (costo capital)

4.3. PAYBACK (PERIODO DE RECUPERACIÓN)

El Payback mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a través de los flujos de caja generados por el proyecto.

$$Payback = \frac{Inversión\ Inicial}{Flujo\ de\ Caja\ Anual}$$

Se acepta el proyecto si el periodo de recuperación es menor al máximo establecido por la empresa.

5. VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se obtiene los valores de los índices planteados. Se hace uso de Valproin, un programa desarrollado por Ernesto Casquet Morate, profesor de economía de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias en Palencia. Con esta herramienta conseguimos extraer el análisis económico del proyecto y su viabilidad.

Para el presente análisis se consideran los siguientes valores económicos:

- Inflación = 3 %
- Incremento de cobros = 1,5 %
- Incremento de pagos = 2,5 %
- Tasa de actualización mínima = 6 %, máxima = 15 %

Además, es común que la administración pública otorgue ayudas para favorecer la rentabilidad de las inversiones agrarias, por lo que se plantea una subvención correspondiente al 20% de la inversión. Esta ayuda confiere al promotor un total de 105.241,40 €.

El análisis se realiza en base a financiación propia y a financiación externa.

5.1. FINANCIACIÓN PROPIA

Se procede a presentar los flujos de caja correspondiente a los 25 años de vida útil. En la tabla a continuación se observa el incremento de flujo a lo largo del desarrollo del proyecto.

Tabla 11: Flujos de caja financiación propia

Año	COBROS		PAGOS (Incluida inversión)		FLUJOS		INCREMENTO DE FLUJO
	Ordinarios	Extraordin.	Ordinarios	Extraordin.	Final	Inicial	
0		105.241,40		526.207,38			
1	255.414,60	11.351,76	151.220,10		115.546,26	27.770,38	87.775,88
2	85.177,97	13.922,46	85.940,16		13.160,27	28.187,97	-15.027,69
3	106.167,73	14.131,30	89.613,71		30.685,31	28.611,83	2.073,48
4	187.698,96	17.310,84	113.041,64		91.968,16	29.042,07	62.926,09
5	190.514,44	260.747,97	107.770,43		343.491,99	29.478,78	314.013,21
6	193.372,16	14.776,79	109.925,84		98.223,11	29.922,05	68.301,06
7	279.281,37	14.998,44	170.298,39		123.981,42	30.371,99	93.609,43
8	93.137,28	223.457,83	96.782,58		219.812,53	30.828,70	188.983,83
9	116.088,38	182.300,95	100.919,59	6.059,12	191.410,63	31.292,27	160.118,35
10	205.238,16	301.021,08	127.303,24		378.956,00	31.762,82	347.193,18
11	208.316,74	15.918,80	121.367,01		102.868,53	32.240,44	70.628,09
12	211.441,49	19.500,53	123.794,35		107.147,67	32.725,24	74.422,43
13	305.378,34	13.572,37	191.783,65		127.167,06	33.217,33	93.949,72
14	101.840,33	16.645,95	108.992,90		9.493,37	33.716,82	-24.223,45
15	126.936,06	138.932,04	113.651,85		152.216,25	34.223,83	117.992,42
16	224.416,29	20.697,15	143.364,13		101.749,31	34.738,45	67.010,86
17	227.782,53	14.405,22	136.678,97		105.508,79	35.260,82	70.247,97
18	231.199,27	17.667,40	139.412,54		109.454,13	35.791,04	73.663,09
19	333.913,89	17.932,41	215.979,54		135.866,76	36.329,23	99.537,53
20	111.356,63	21.967,21	122.743,71		10.580,12	36.875,52	-26.295,40
21	138.797,38	15.289,17	127.990,44		26.096,11	37.430,02	-11.333,90
22	245.386,48	133.368,46	161.451,29	10.852,78	206.450,87	37.992,85	168.458,01
23	249.067,27	166.113,86	153.922,71	7.379,89	253.878,53	38.564,16	215.314,38
24	252.803,28	23.315,19	157.001,17		119.117,31	39.144,05	79.973,26
25	365.115,89	396.090,50	243.228,04		517.978,34	39.732,66	478.245,68

Fuente: Elaboración propia. Extracción programa Valproin.

Los indicadores de rentabilidad son los siguientes:

- VAN = 520.483,24 €
- TIR = 10,59 %
- Beneficio/Inversión = 1,24
- Pay-Back = 8 años

A continuación, se muestran gráficos que muestran la evolución de los flujos de caja y la relación entre el VAN y la tasa de actualización:

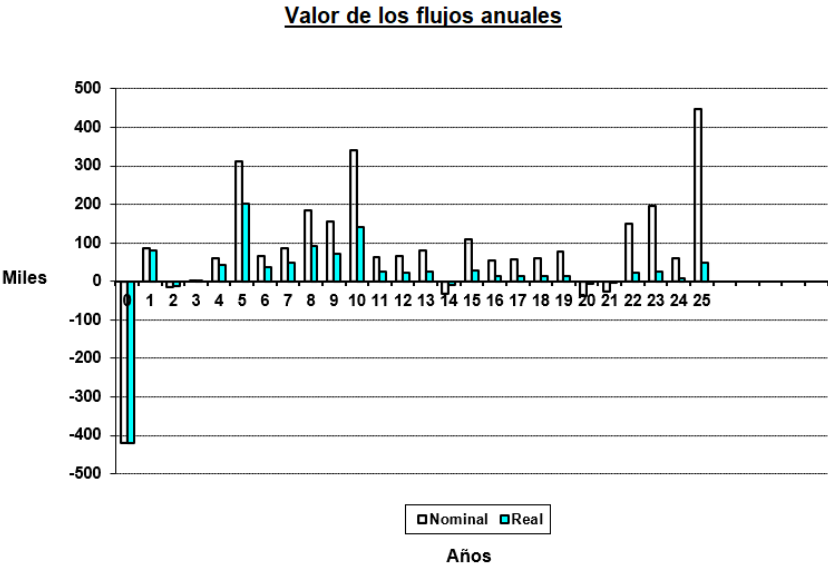


Ilustración 1: Valor de los flujos de caja a lo largo de la vida útil (Valproin).

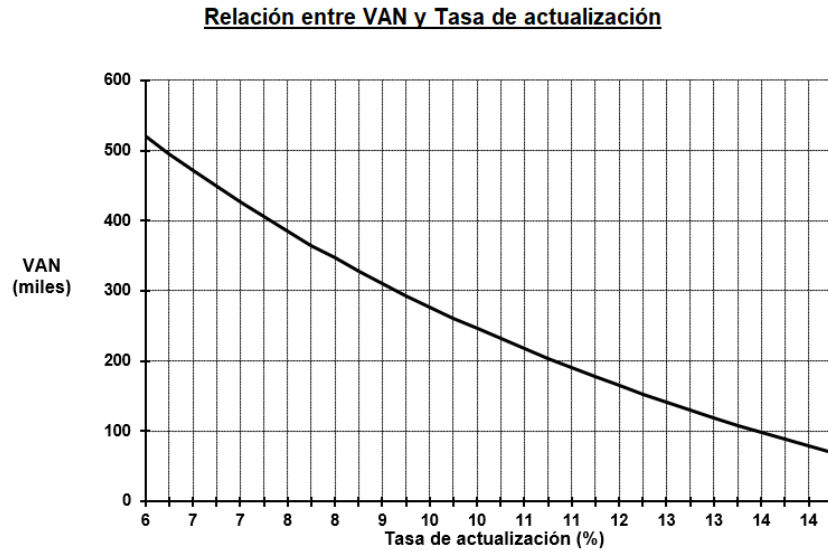


Ilustración 2: Relación VAN y tasa de actualización financiación propia (Valproin).

Análisis de sensibilidad:

Este análisis permite ver la robustez económica de la inversión ante variaciones en determinados parámetros clave como la duración productiva del proyecto. Valproin facilita un árbol de sensibilidad en el cual se observa dicha variación ante condiciones favorables y desfavorables. Se muestra a continuación:

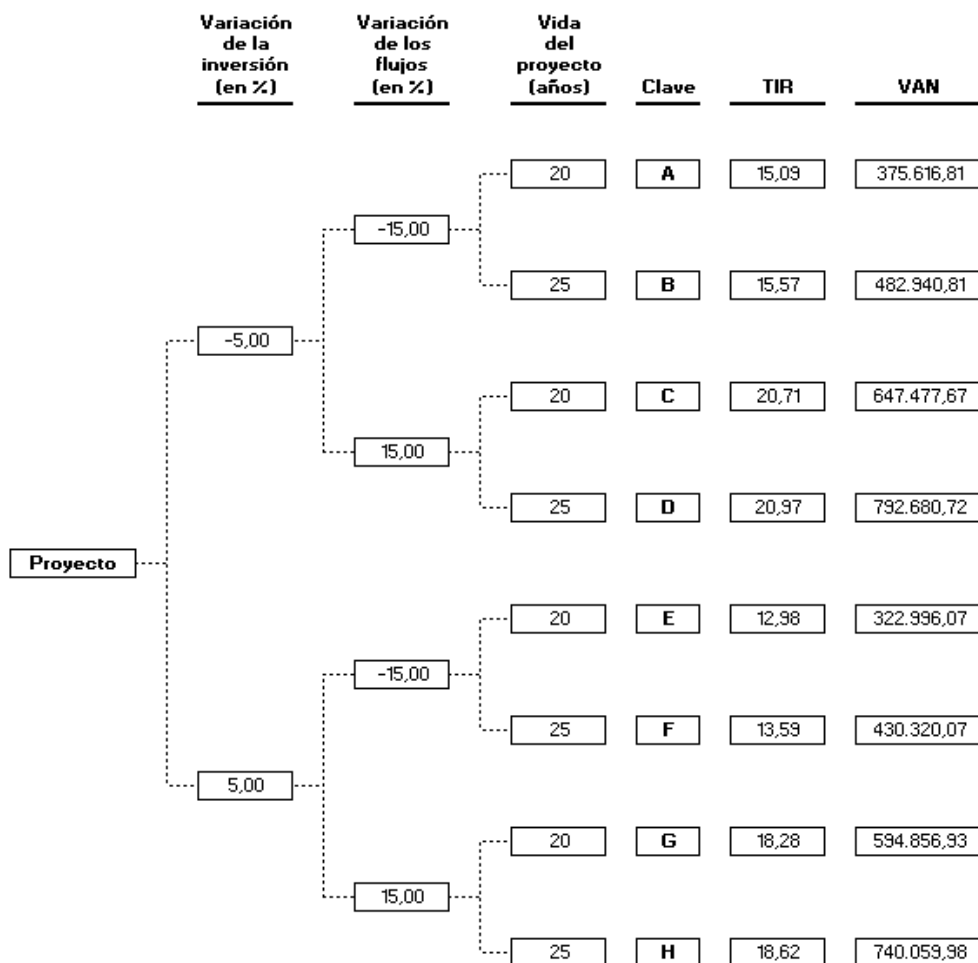


Ilustración 3: Esquema de sensibilidad con financiación propia (Valproin)

Los resultados son muy favorables ya que se observan VAN positivos incluso en la situación más desfavorable (E), por lo que la inversión es altamente segura.

5.2. FINANCIACIÓN AJENA

El empleo de financiación ajena se plantea como una opción ya que permite reducir la necesidad de capital propio en la fase inicial, facilitando así la ejecución de una inversión que, en el caso de estudio, es de una elevada cuantía. Además, el acceso a deuda mejora la estructura financiera del proyecto, al distribuir el esfuerzo económico a lo largo del tiempo y mantener la liquidez del promotor.

En este estudio se plantea la utilización de un crédito bancario que cubra el 60 % de la inversión. El crédito correspondiente es de 315.724,43 € a devolver en 10 años con un 4% de interés. Con respecto al resto de parámetros de estudio se mantendrán igual: inflación del 3 %, incremento de cobros del 1,5 %, incremento de pagos del 2,5 %, tasa de actualización mínima del 6 % y máxima del 15 %.

Los flujos de caja anuales para esta opción son los siguientes:

Tabla 12: Flujos de caja financiación ajena

Año	COBROS		PAGOS (Incluida inversión)		FLUJOS		INCREMENTO DE FLUJO
	Ordinarios	Extraordin.	Ordinarios	Extraordin.	Final	Inicial	
0		420.965,83		526.207,38			
1	255.414,60	11.351,76	151.961,38	12.628,98	102.176,01	27.770,38	74.405,63
2	85.177,97	13.922,46	86.784,78	42.462,72	-30.147,07	28.187,97	-58.335,03
3	106.167,73	14.131,30	90.938,03	42.462,72	-13.101,73	28.611,83	-41.713,56
4	187.698,96	17.310,84	115.274,49	42.462,72	47.272,58	29.042,07	18.230,51
5	190.514,44	260.747,97	110.437,89	42.462,72	298.361,81	29.478,78	268.883,03
6	193.372,16	14.776,79	113.198,83	42.462,72	52.487,40	29.922,05	22.565,34
7	279.281,37	14.998,44	176.228,61	42.462,72	75.588,49	30.371,99	45.216,49
8	93.137,28	223.457,83	100.643,73	42.462,72	173.488,65	30.828,70	142.659,95
9	116.088,38	182.300,95	105.460,23	48.794,46	144.134,65	31.292,27	112.842,37
10	205.238,16	301.021,08	133.683,07	42.462,72	330.113,45	31.762,82	298.350,63
11	208.316,74	15.918,80	128.074,09		96.161,45	32.240,44	63.921,01
12	211.441,49	19.500,53	131.275,94		99.666,08	32.725,24	66.940,84
13	305.378,34	13.572,37	204.371,15		114.579,55	33.217,33	81.362,22
14	101.840,33	16.645,95	116.715,88		1.770,40	33.716,82	-31.946,42
15	126.936,06	138.932,04	122.301,54		143.566,56	34.223,83	109.342,73
16	224.416,29	20.697,15	155.031,38		90.082,07	34.738,45	55.343,61
17	227.782,53	14.405,22	148.526,68		93.661,07	35.260,82	58.400,25
18	231.199,27	17.667,40	152.239,85		96.626,82	35.791,04	60.835,79
19	333.913,89	17.932,41	237.007,88		114.838,41	36.329,23	78.509,18
20	111.356,63	21.967,21	135.354,63		-2.030,80	36.875,52	-38.906,32
21	138.797,38	15.289,17	141.832,29		12.254,27	37.430,02	-25.175,75
22	245.386,48	133.368,46	179.788,87	12.085,43	186.880,64	37.992,85	148.887,79
23	249.067,27	166.113,86	172.245,41	8.258,38	234.677,34	38.564,16	196.113,19
24	252.803,28	23.315,19	176.551,55		99.566,93	39.144,05	60.422,88
25	365.115,89	396.090,50	274.856,48		486.349,90	39.732,66	446.617,24

Fuente: Elaboración propia. Extracción programa Valproin.

En este caso los índices son los siguientes:

- VAN = 593.167,59 €
- TIR = 27,25 %
- Beneficio/Inversión = 5,6
- Pay-Back = 5 años

A continuación, se muestran los gráficos relacionados con los flujos y con la relación entre el VAN y la tasa de actualización:

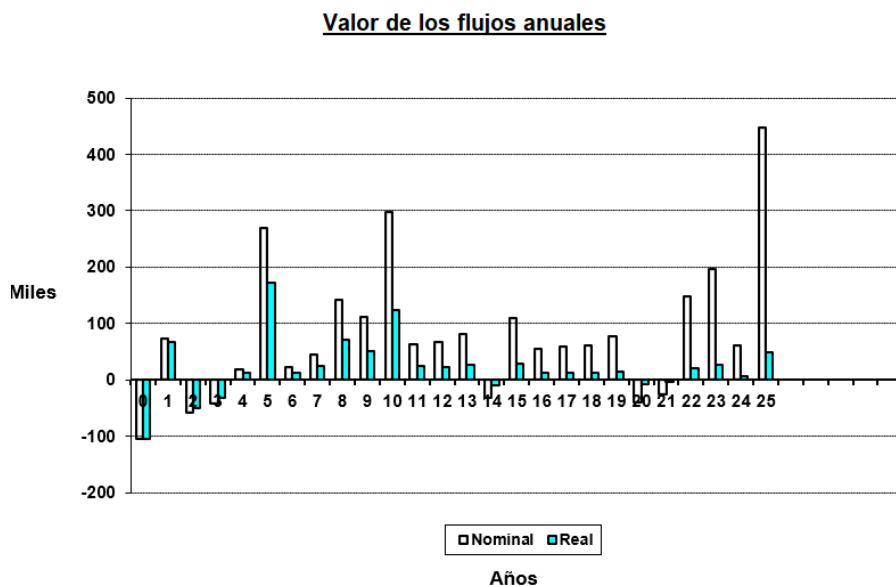


Ilustración 3: Flujos de caja financiación ajena (Valproin).

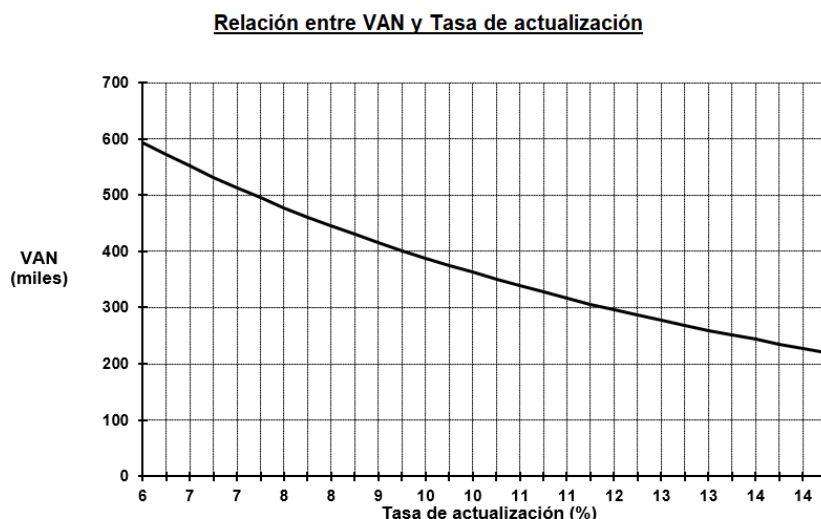


Ilustración 4: Relación VAN y tasa de actualización financiación ajena (Valproin).

Análisis de sensibilidad:

A continuación, se muestra el árbol de sensibilidad donde se corrobora la fiabilidad de la inversión frente a posibles variaciones de los parámetros económicos y productivos.

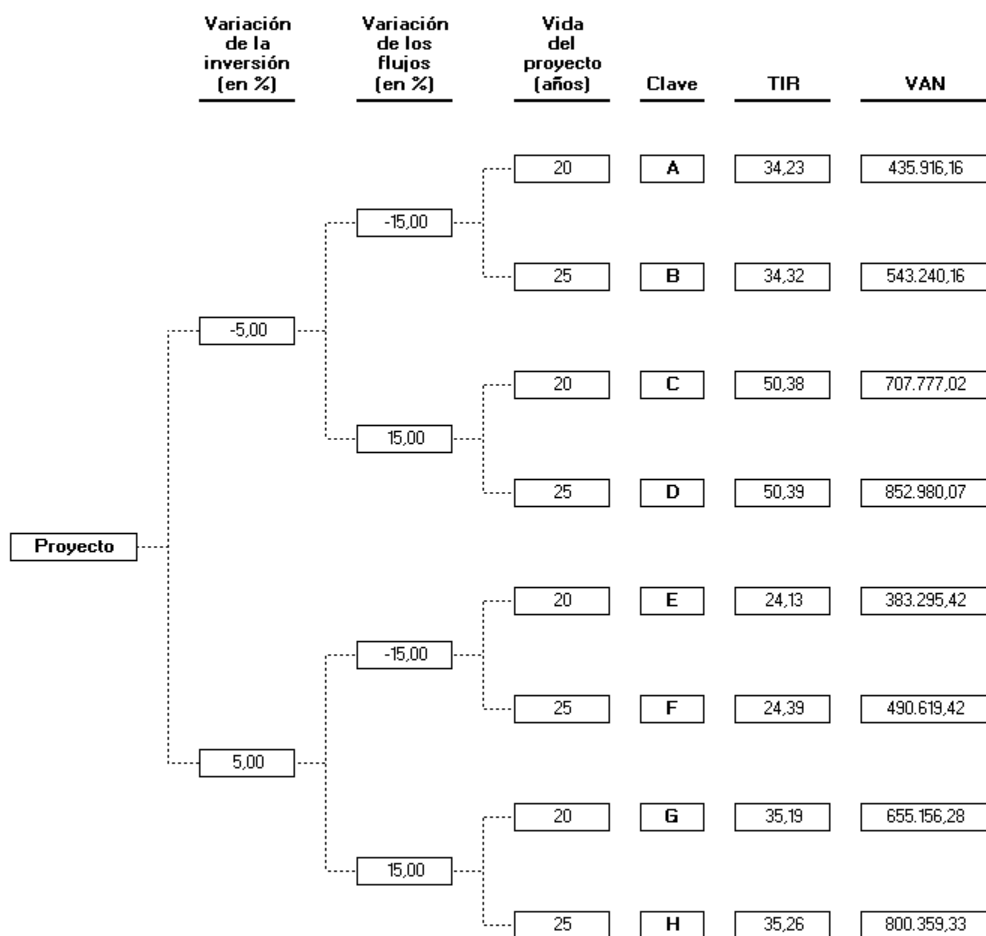


Ilustración 6: Esquema de sensibilidad con financiación ajena (Valproín)

Se puede corroborar la mejora que produce la financiación ajena sobre la seguridad de la inversión incluso planteando como peor escenario una situación muy favorable para el promotor.

6. CONCLUSIONES

El análisis económico concluye que el proyecto es económicamente viable además de fiable y seguro como se puede observar en los análisis de sensibilidad. Estos datos tan favorables son posibles gracias a que la subvención del 20% de la inversión a fondo perdido permite al promotor mantener su liquidez y acortar el tiempo de recuperación en gran medida.

En cuanto a la comparativa entre la aplicación de financiación propia o ajena, se muestra a continuación una tabla resumen que recopila los datos más relevantes.

Tabla 13: Comparativa entre financiación propia y ajena

Financiación	VAN (€)	TIR (%)	Pay-back (años)
Propia	520.483,24 €	10,59%	8
Ajena	593.167,59 €	27,25%	5

Fuente: Elaboración propia. Extracción programa Valproin.

La financiación propia ofrece una rentabilidad adecuada y un periodo de retorno razonable, mientras que la financiación ajena incrementa de forma notable la rentabilidad del capital aportado gracias al efecto del apalancamiento financiero. Esto se refleja en un TIR considerablemente superior y en un pay-back sensiblemente más corto, lo que evidencia la conveniencia de utilizar financiación ajena.

DOCUMENTO 2. PLANOS

ÍNDICE DOCUMENTO 2. PLANOS

Plano 1: Emplazamiento / Planta

Plano 2: Recinto de instalaciones / Detalles

Plano 3: Balsa. Movimiento de tierras / Perfiles

Plano 4: Balsa. Planta y secciones / Caseta de bombeo. Equipamiento

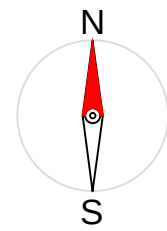
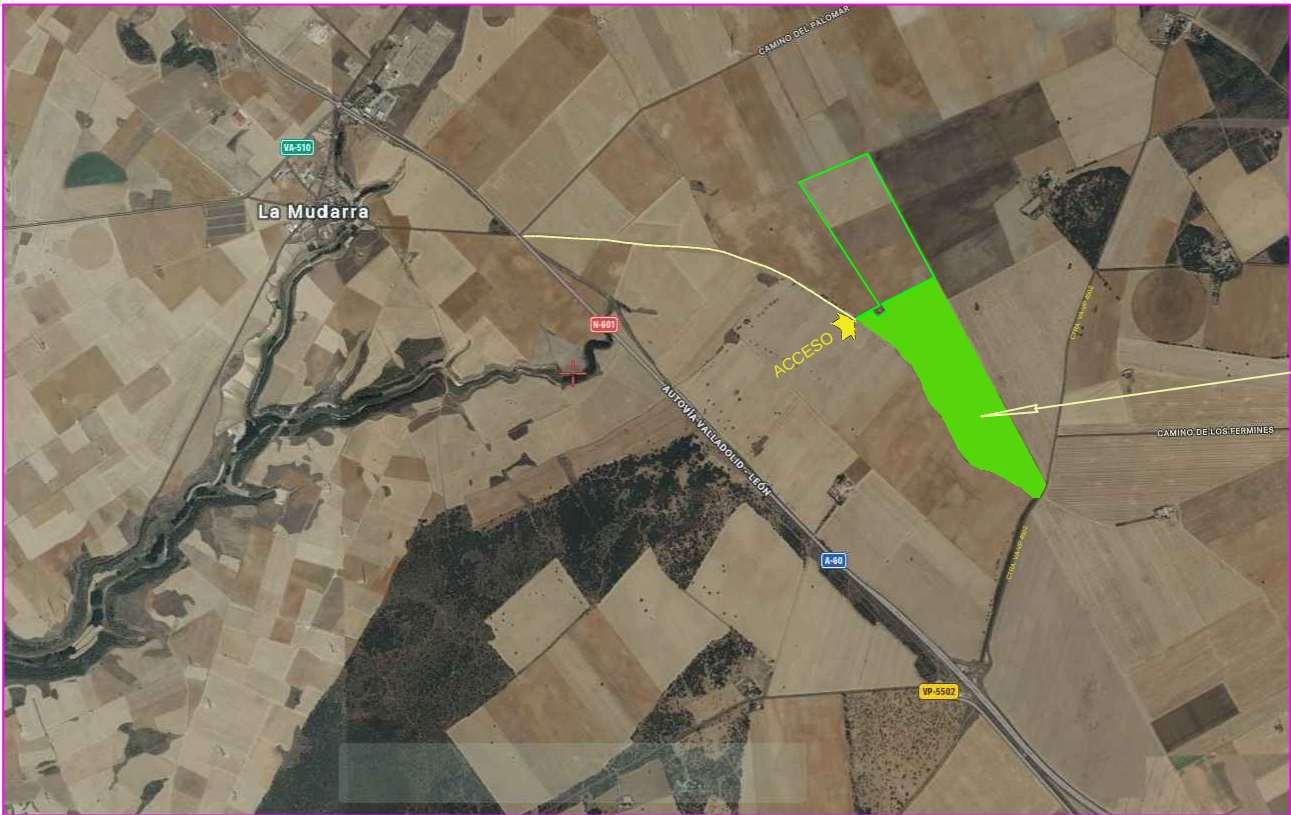
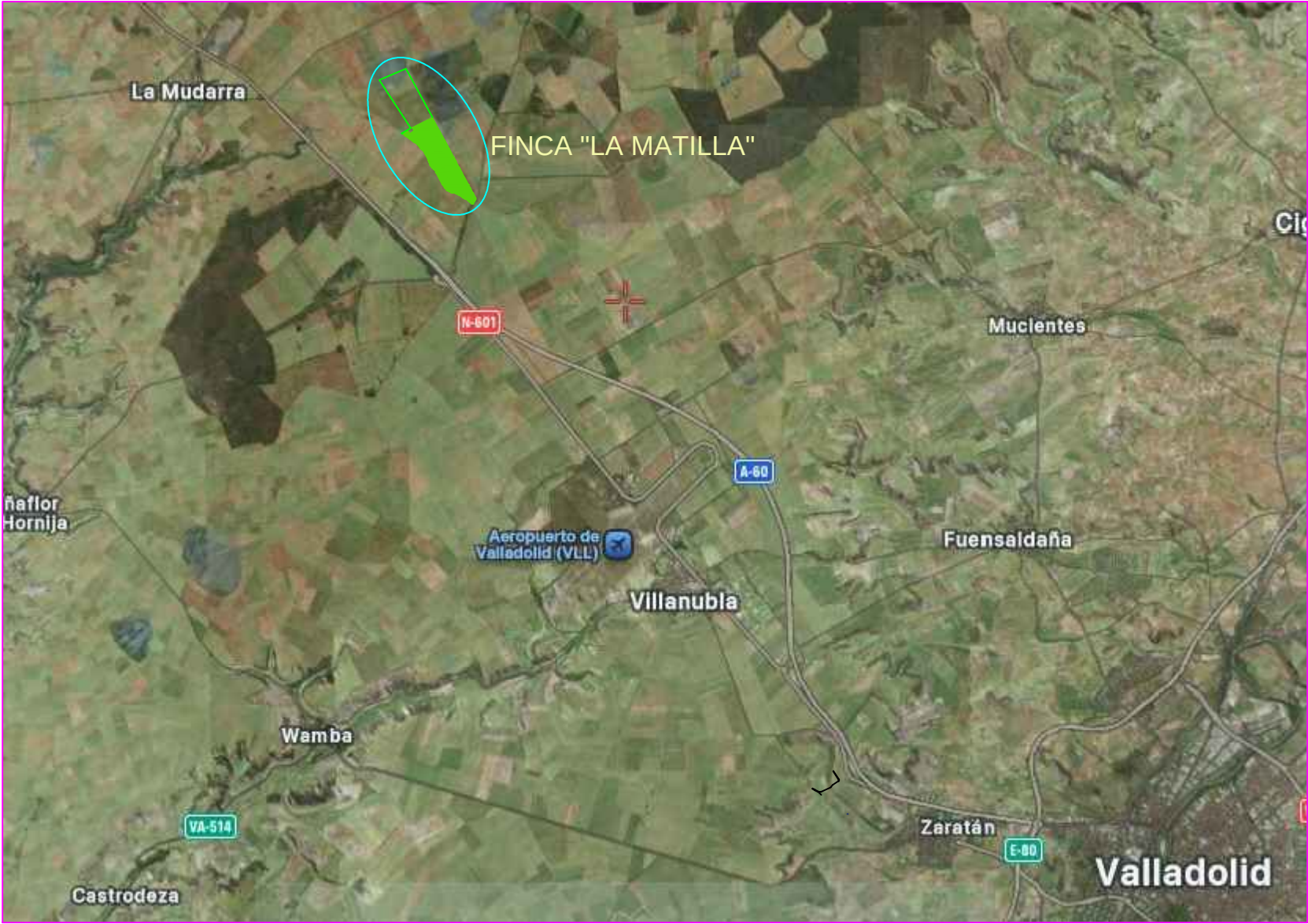
Plano 5: Caseta de pozo de captación. Equipamiento / Canalizaciones

Plano 6: Centro fotovoltaico

Plano 7: Áreas de regado. Planta / Pivotes. Alzado y detalle

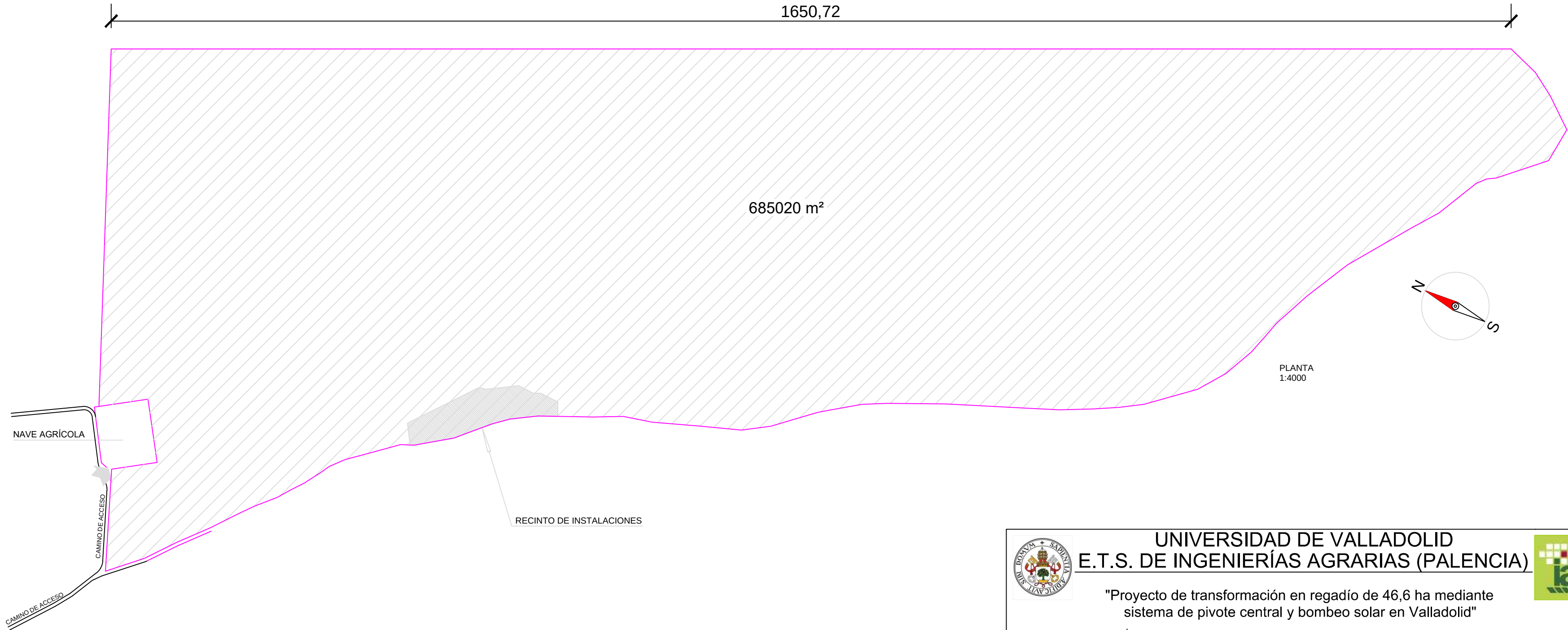
Plano 8: Instalación eléctrica / Centro fotovoltaico. Planta de distribución /

Asistencia a pozo de captación y pivote



ÁREA DE LA FINCA OBJETO DEL PROYECTO

PROVINCIA	AGREGADO	ZONA	POLÍGONO	PARCELA	SUPERFICIE (ha)
47 - VALLADOLID	0	0	28	2	122,1594
REFERENCIA CATASTRAL					
47900A028000020000YE					



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)



"Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante
sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid"

TÍTULO DEL PROYECTO

PROMOTOR
Pablo de Antonio Calvo

Emplazamiento
Planta

PLANO

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

TITULACIÓN

ESCALA
1: 100000
1: 50000
1: 4000

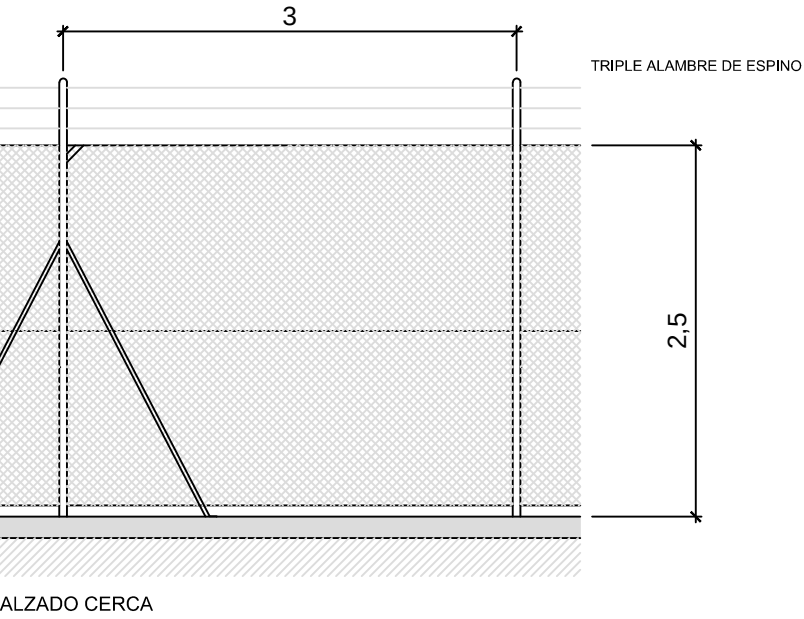
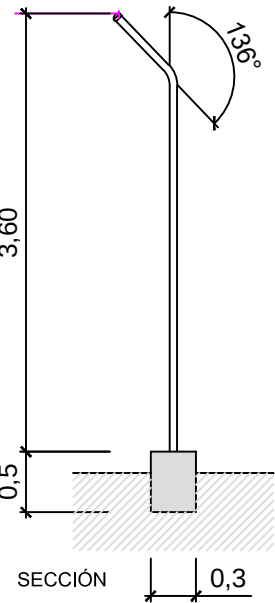
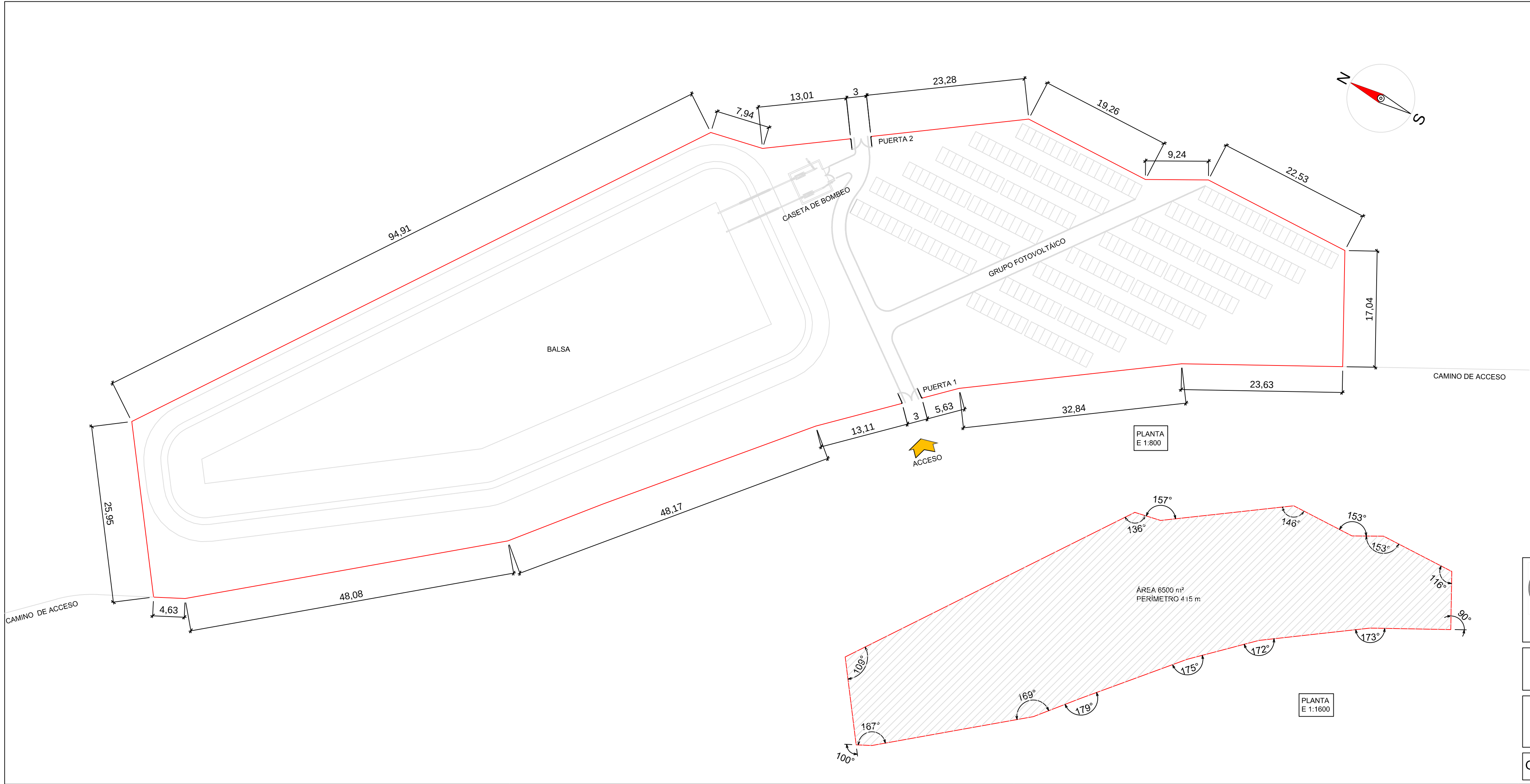
8/1

Nº PLANO

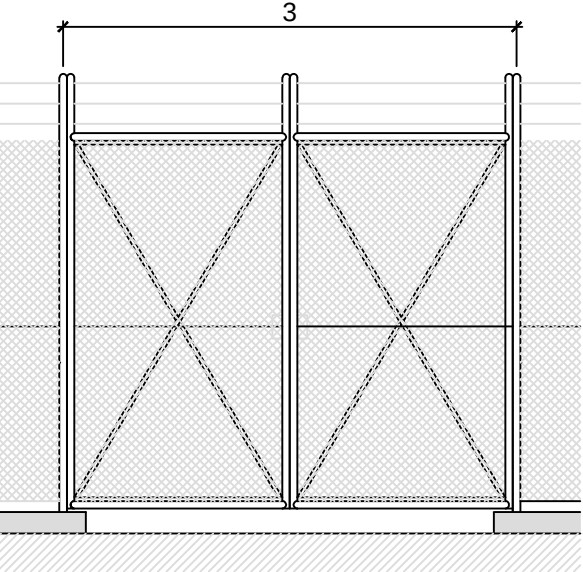
ALUMNO: Luis Álvarez Guillén

FECHA: febrero de 2026

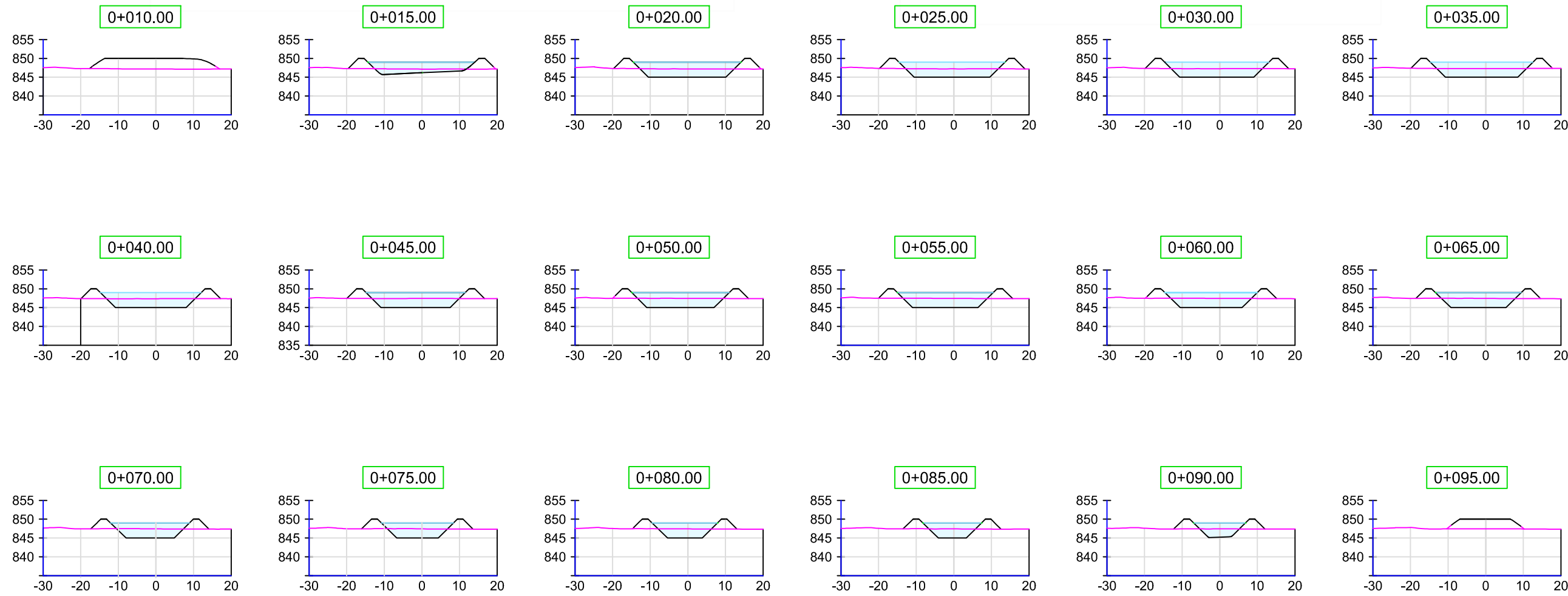
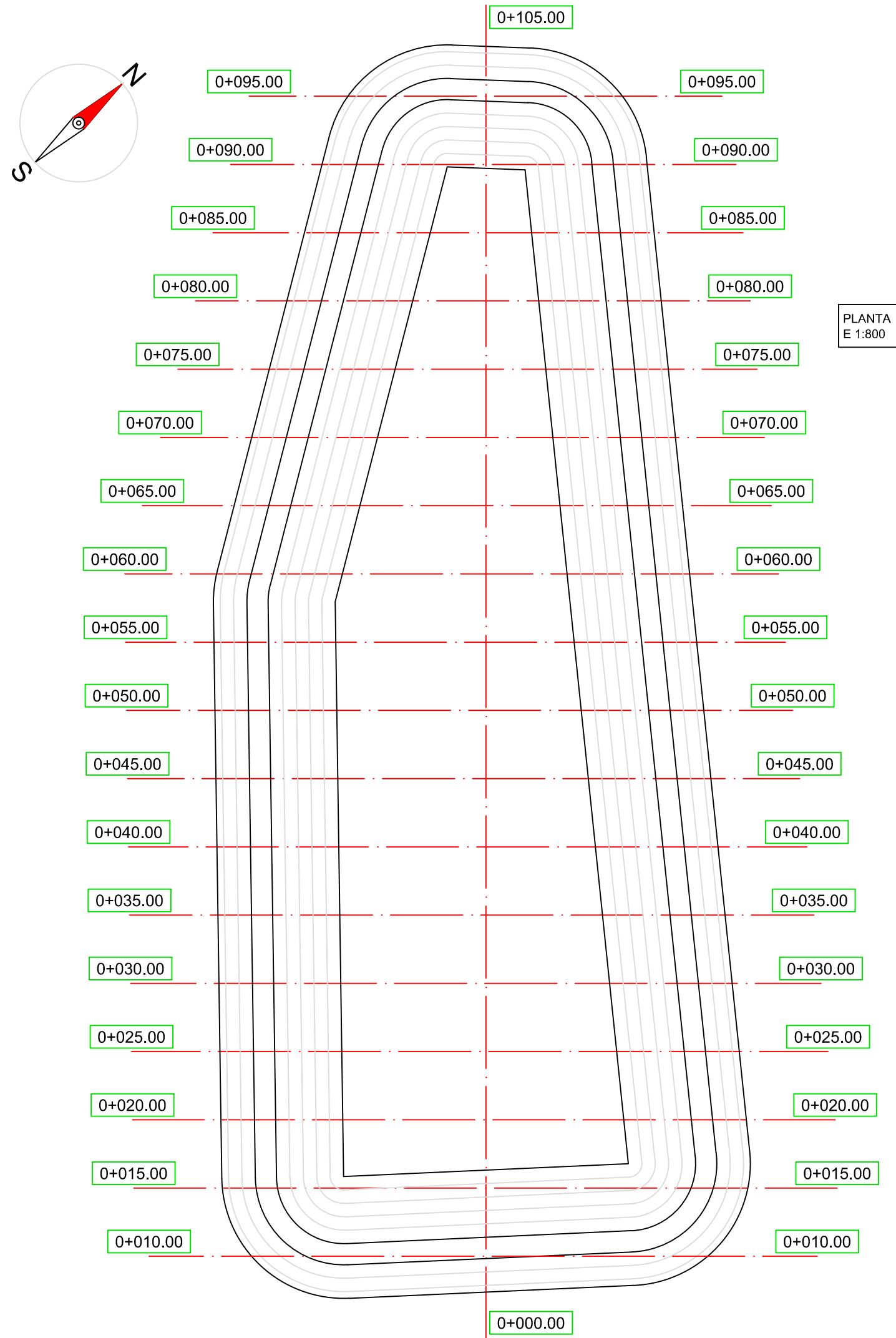
FIRMA



NOTAS:
MALLA DE SIMPLE TORSIÓN GALVANIZADA 40/40/4 mm
SOPORTES DE TUBERÍA Ø 50 mm CADA 3 m
ATIRANTADO DE SOPORTES CADA 5 TRAMOS Y EN VÉRTICES
ZAPATA CORRIDA DE 30 X 50 cm SEMIENTERRADA HORMIGÓN H25



 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA) "Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid" TÍTULO DEL PROYECTO				
PROMOTOR Pablo de Antonio Calvo		ESCALA 1: 50 1: 800 1: 1600		Nº PLANO 8/2
PLANO Recinto de instalaciones Detalles		ALUMNO: Luis Álvarez Guillén		
TITULACIÓN Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural		FECHA: febrero de 2026 FIRMA		



Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+010.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+015.00	70.96	0.00	177.41	0.00	177.41	0.00
0+020.00	98.40	0.00	423.41	0.00	600.83	0.00
0+025.00	96.61	0.00	487.52	0.00	1088.35	0.00
0+030.00	94.82	0.00	478.57	0.00	1566.92	0.00
0+035.00	93.03	0.00	469.62	0.00	2036.54	0.00
0+040.00	91.24	0.00	460.66	0.00	2497.20	0.00
0+045.00	89.45	0.00	451.71	0.00	2948.91	0.00
0+050.00	87.66	0.00	442.75	0.00	3391.66	0.00
0+055.00	85.86	0.00	433.80	0.00	3825.46	0.00
0+060.00	82.06	0.00	419.81	0.00	4245.27	0.00
0+065.00	74.87	0.00	392.32	0.00	4637.59	0.00
0+070.00	67.68	0.00	356.38	0.00	4993.97	0.00
0+075.00	60.49	0.00	320.44	0.00	5314.40	0.00
0+080.00	53.30	0.00	284.49	0.00	5598.90	0.00
0+085.00	46.12	0.00	248.55	0.00	5847.44	0.00
0+090.00	37.42	0.00	208.84	0.00	6056.29	0.00
0+095.00	0.00	0.00	93.56	0.00	6149.84	0.00



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)



"Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid"

TÍTULO DEL PROYECTO

Pablo de Antonio Calvo

PROMOTOR

1:800

ESCALA

8/3

Nº PLANO

Balsa. Movimiento de tierras
Perfiles

PLANO

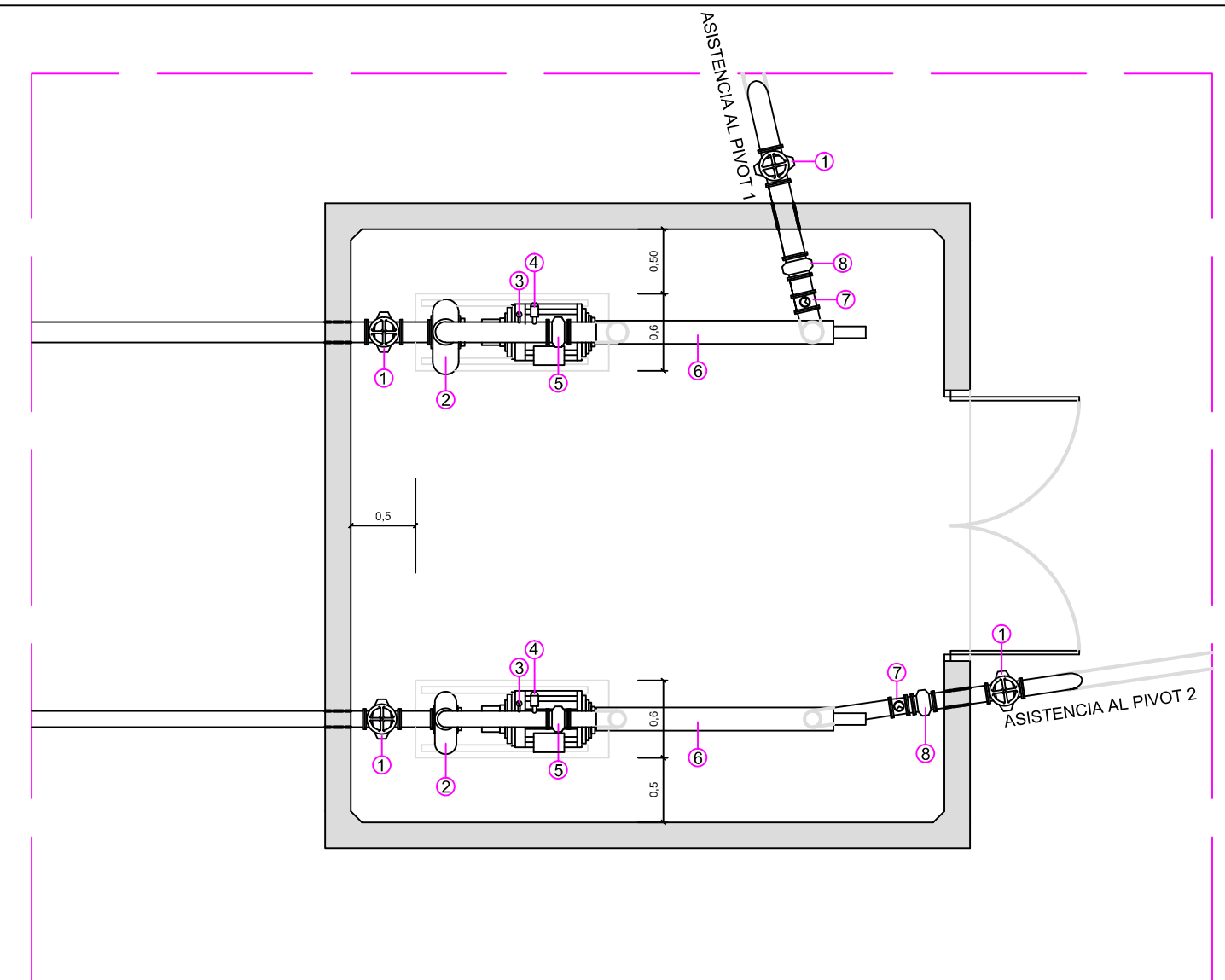
Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

TITULACIÓN

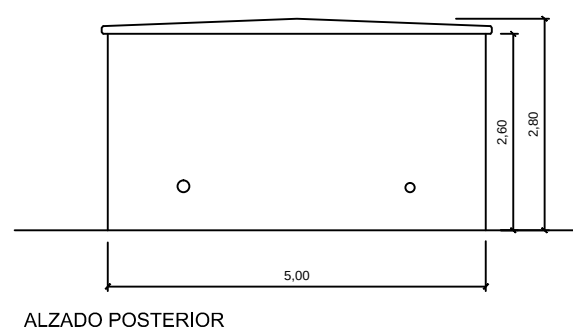
ALUMNO: Luis Álvarez Guillén

FECHA: febrero de 2026

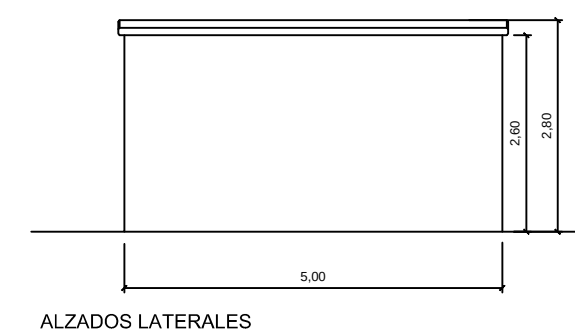
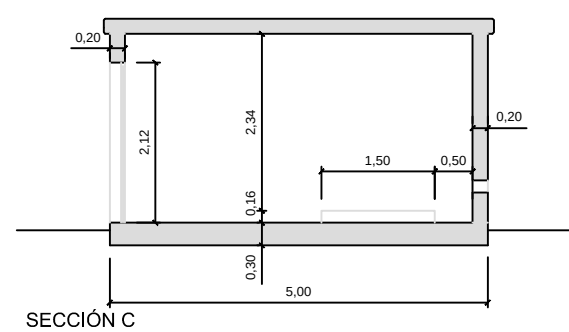
FIRMA



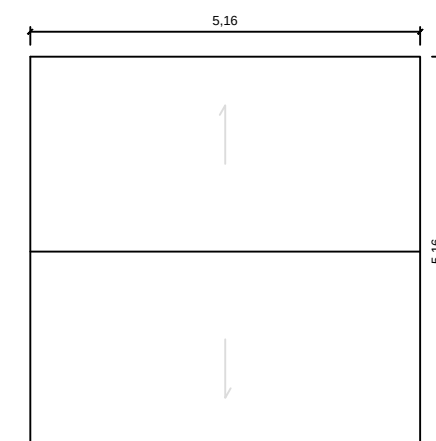
- 1 VÁLVULA DE COMPUERTA
- 2 BOMBA DE IMPULSIÓN
- 3 MANÓMETRO
- 4 VÁLVULA DE VENTOSA
- 5 VÁLVULA ANTIRRETORNO DOBLE
- 6 FILTRO DE MALLA AUTOMÁTICO
- 7 CONTADOR
- 8 VÁLVULA ANTIRRETORNO SIMPLE



PUERTA
PUERTA DE DOBLE HOJA (2 x 1 m)
CHAPA DE ACERO GALVANIZADO
REJILLAS DE AIREACIÓN

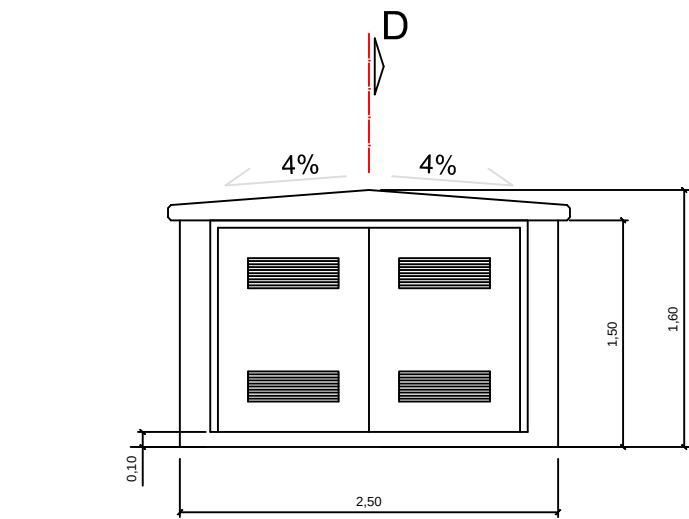


ALZADOS LATERALES

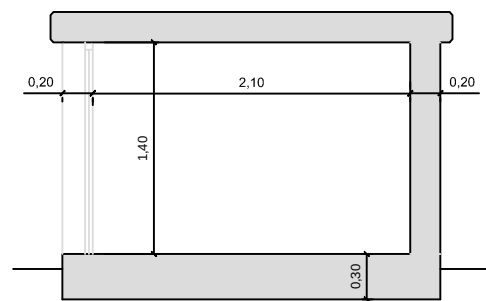


PLANTA DE CUBIERTA

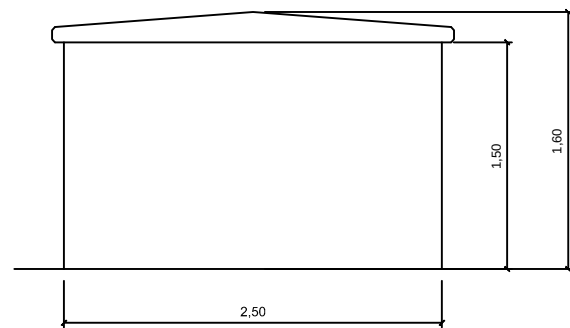
	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
	E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)		
"Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid"			
TÍTULO DEL PROYECTO			
Pablo de Antonio Calvo		1: 400 1: 50 1: 25	8/4
PROMOTOR		ESCALA	Nº PLANO
Balsa. Planta y secciones Caseta de bombeo. Equipamiento y cotas.		ALUMNO: Luis Álvarez Guillén	
PLANO		FECHA: febrero de 2026	
Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural		FIRMA	
TITULACIÓN			



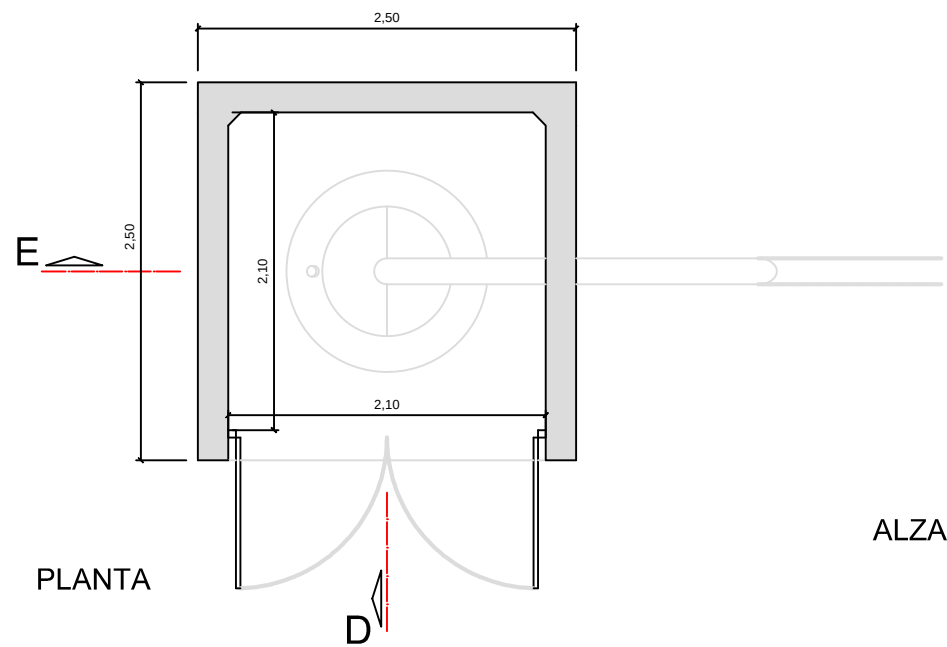
ALZADO ACCESO



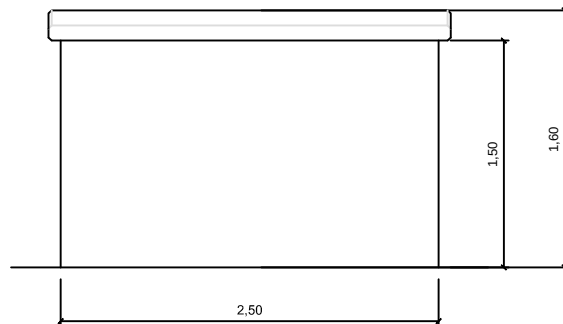
SECCIÓN D



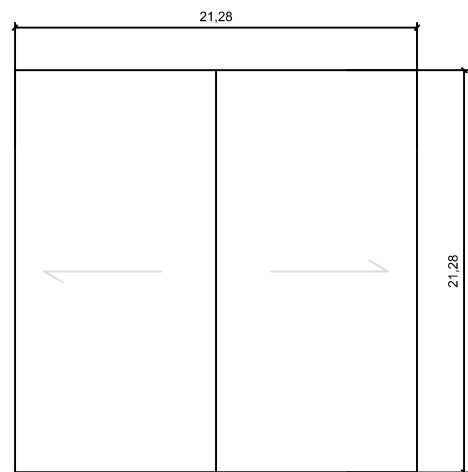
ALZADO POSTERIOR



PLANTA



ALZADOS LATERALES



PLANTA DE CUBIERTA

CASETA PREFABRICADA

SOLERA Y CABEZAL DE HORMIGÓN ARMADO HA-25
CERRAMIENTO Y CUBIERTA DE HORMIGÓN PRETENSADO
APLICACIÓN DE GEL ELASTOMÉRICO EN SUPERFICIES EXTERIORES

PUERTA

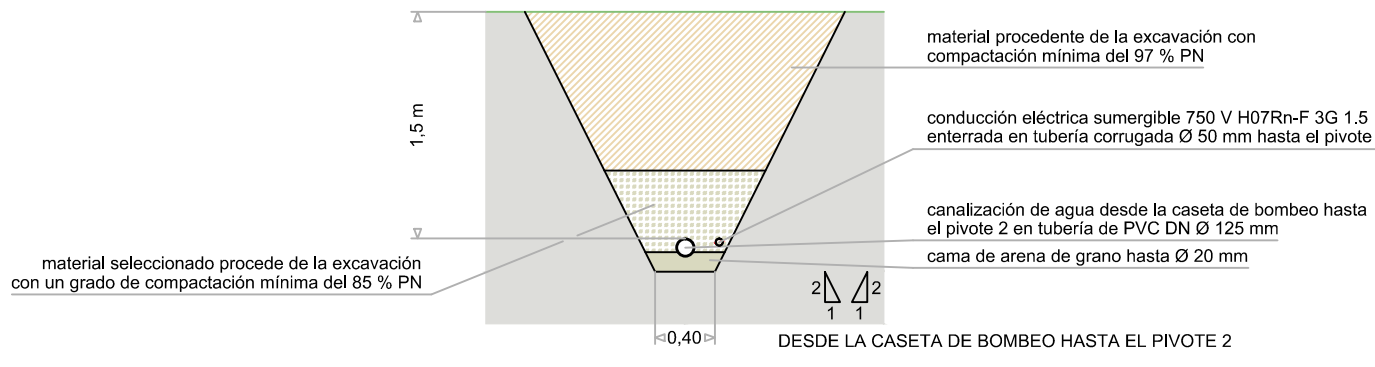
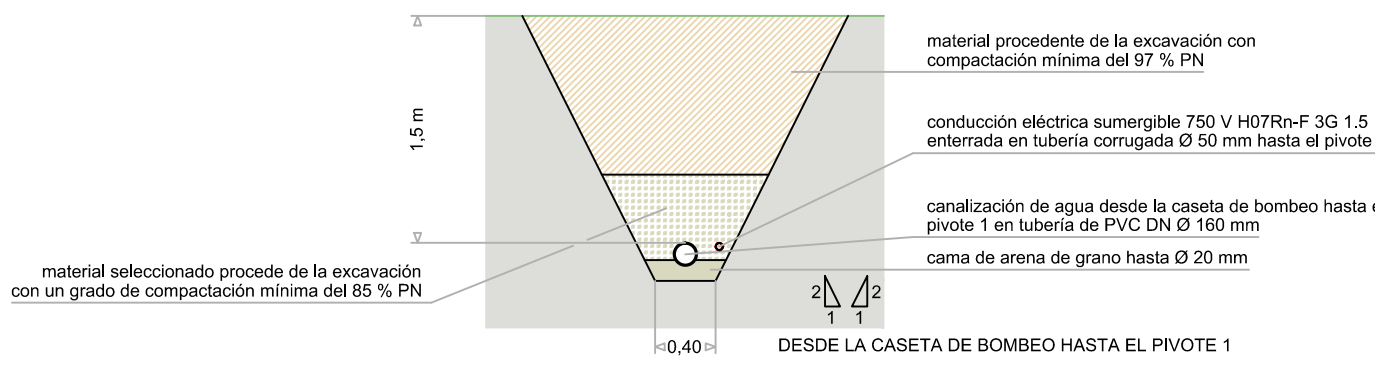
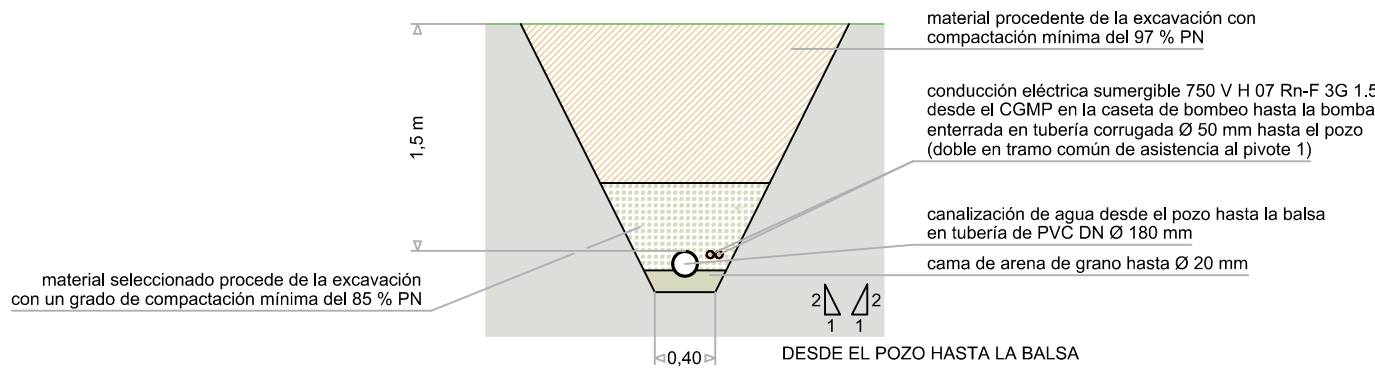
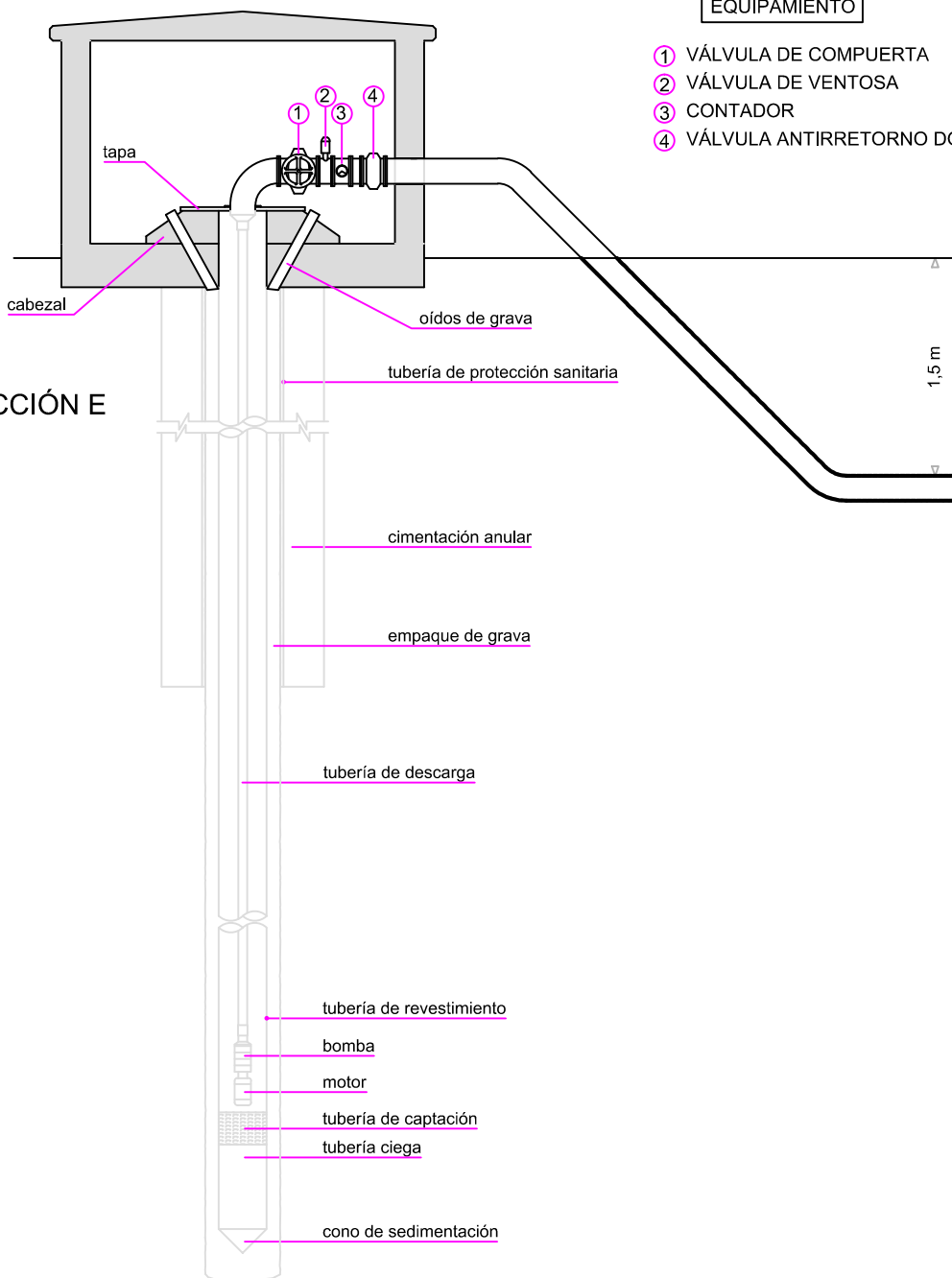
PUERTA DE DOBLE HOJA (2 x 1 m)
CHAPA DE ACERO GALVANIZADO
REJILLAS DE AIREACIÓN

CASETA DE POZO DE CAPTACIÓN

EQUIPAMIENTO

- 1 VÁLVULA DE COMPUERTA
- 2 VÁLVULA DE VENTOSA
- 3 CONTADOR
- 4 VÁLVULA ANTIRRETORNO DOBLE

SECCIÓN E



SECCIONES DE CANALIZACIONES



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)



"Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid"

TÍTULO DEL PROYECTO

Pablo de Antonio Calvo

PROMOTOR

Caseta de pozo de captación. Equipamiento
Canalizaciones enterradas

PLANO

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

TITULACIÓN

1: 50

ESCALA

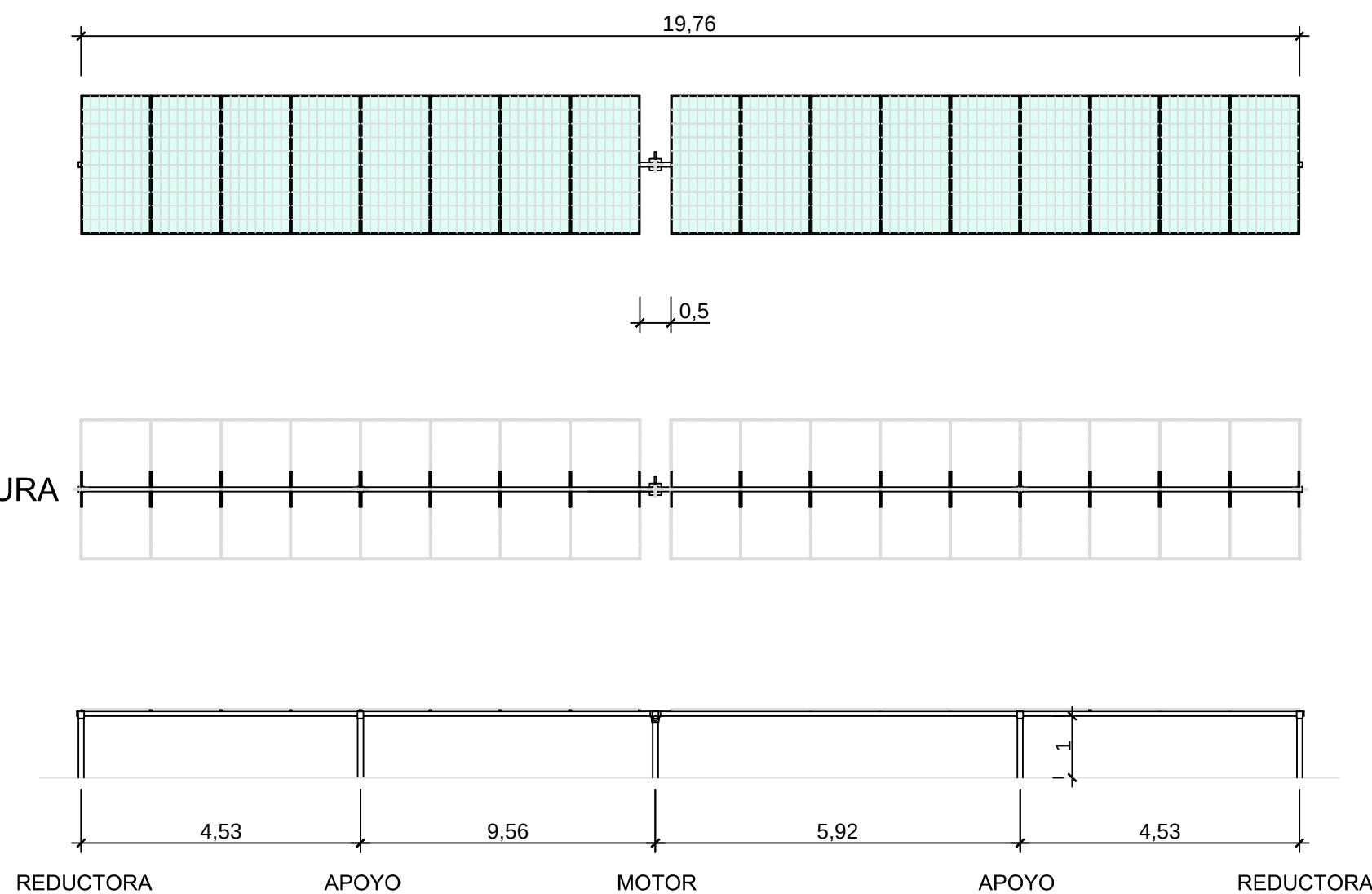
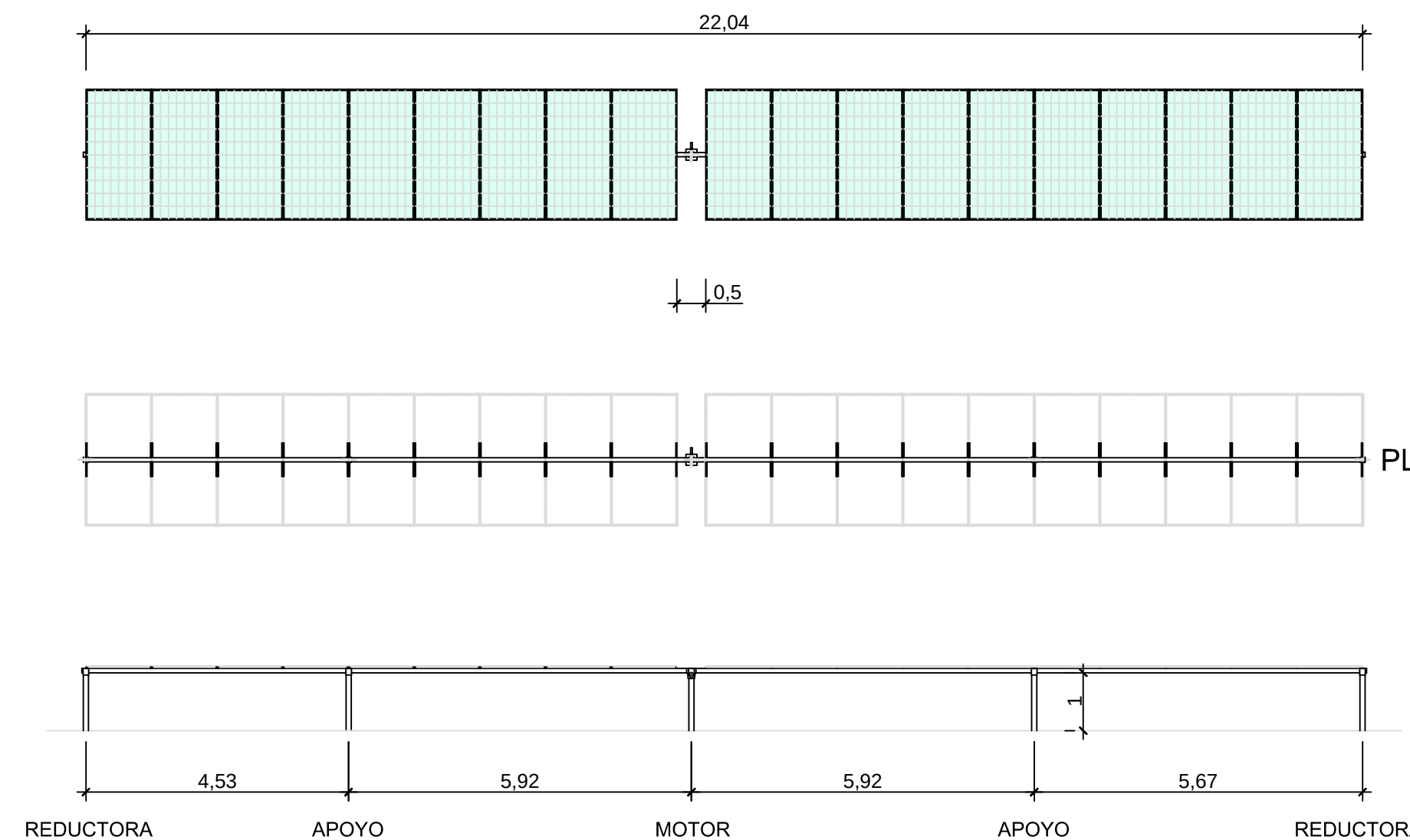
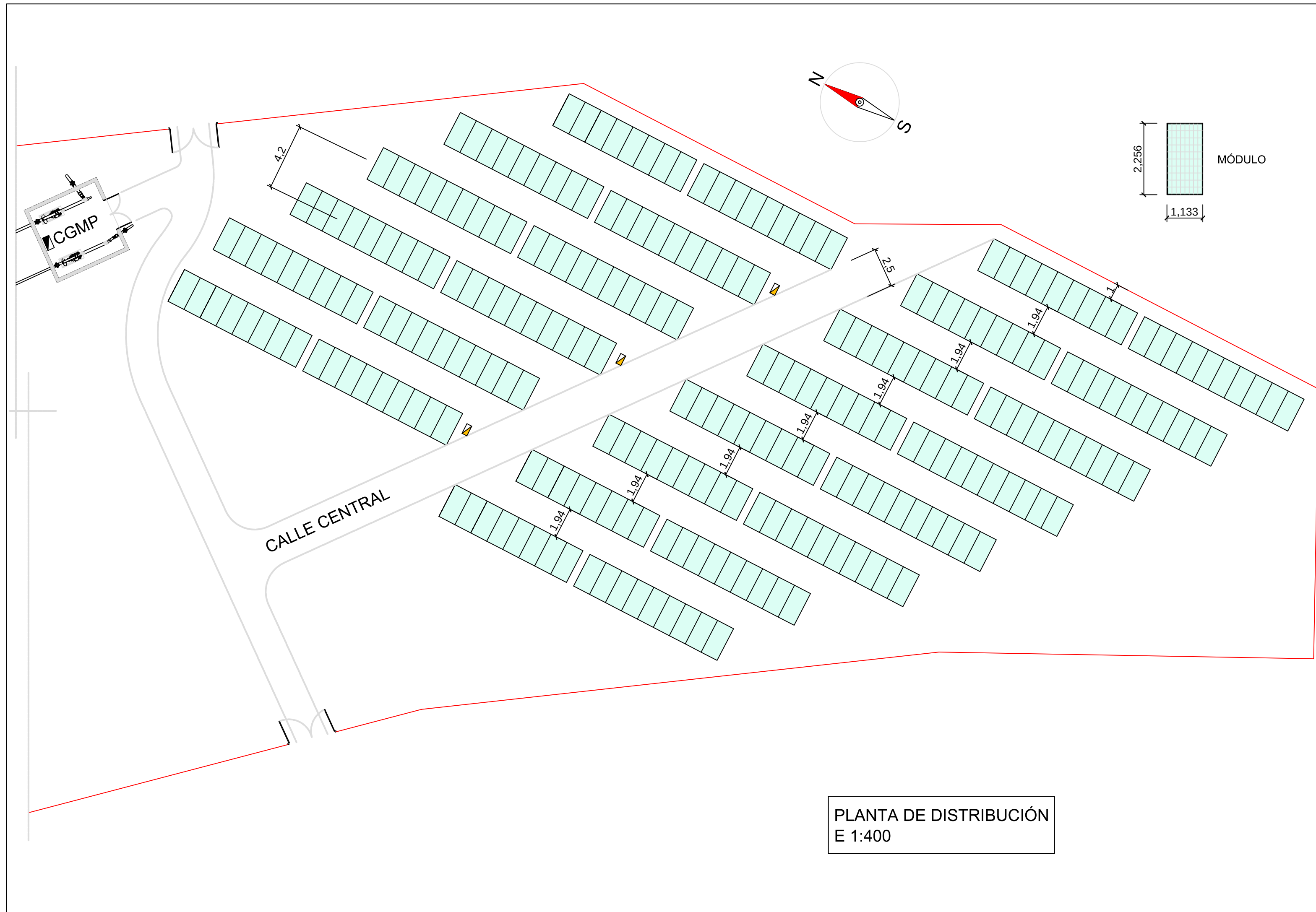
8/5

Nº PLANO

ALUMNO: Luis Álvarez Guillén

FECHA: febrero de 2026

FIRMA



- NOTAS:
- ESTRUCTURA DE HINCADO DIRECTO HASTA 2m DE PROFUNDIDAD
- INV INVERSOR (1000 X 680 X 350 mm)
 - CGMP CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)

"Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid"

TÍTULO DEL PROYECTO

Pablo de Antonio Calvo

PROMOTOR

1: 200
1: 400

ESCALA

8/6

Nº PLANO

Centro fotovoltaico
Planta de distribución. Detalles

PLANO

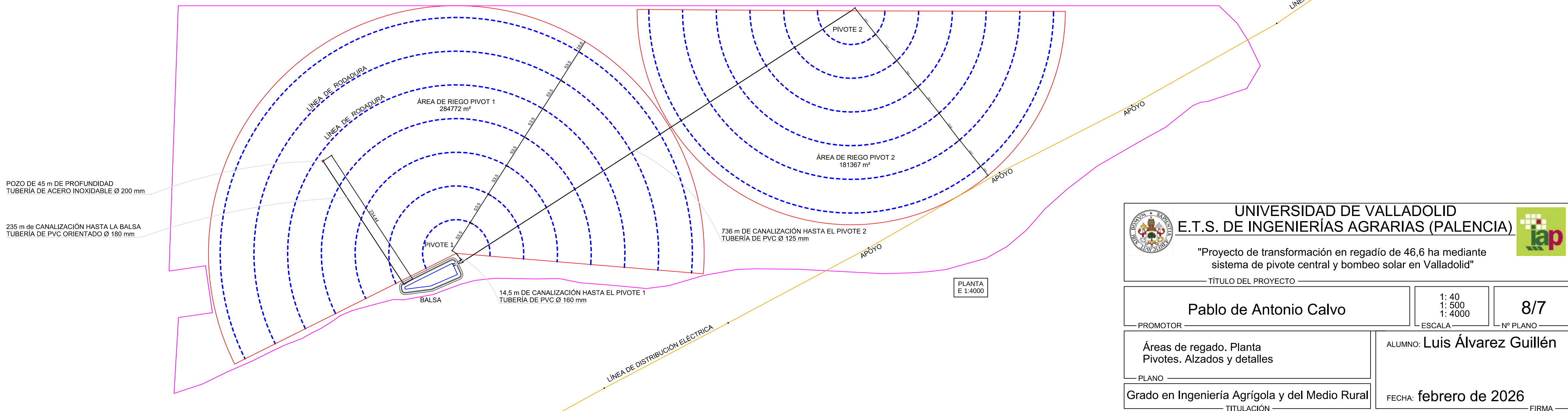
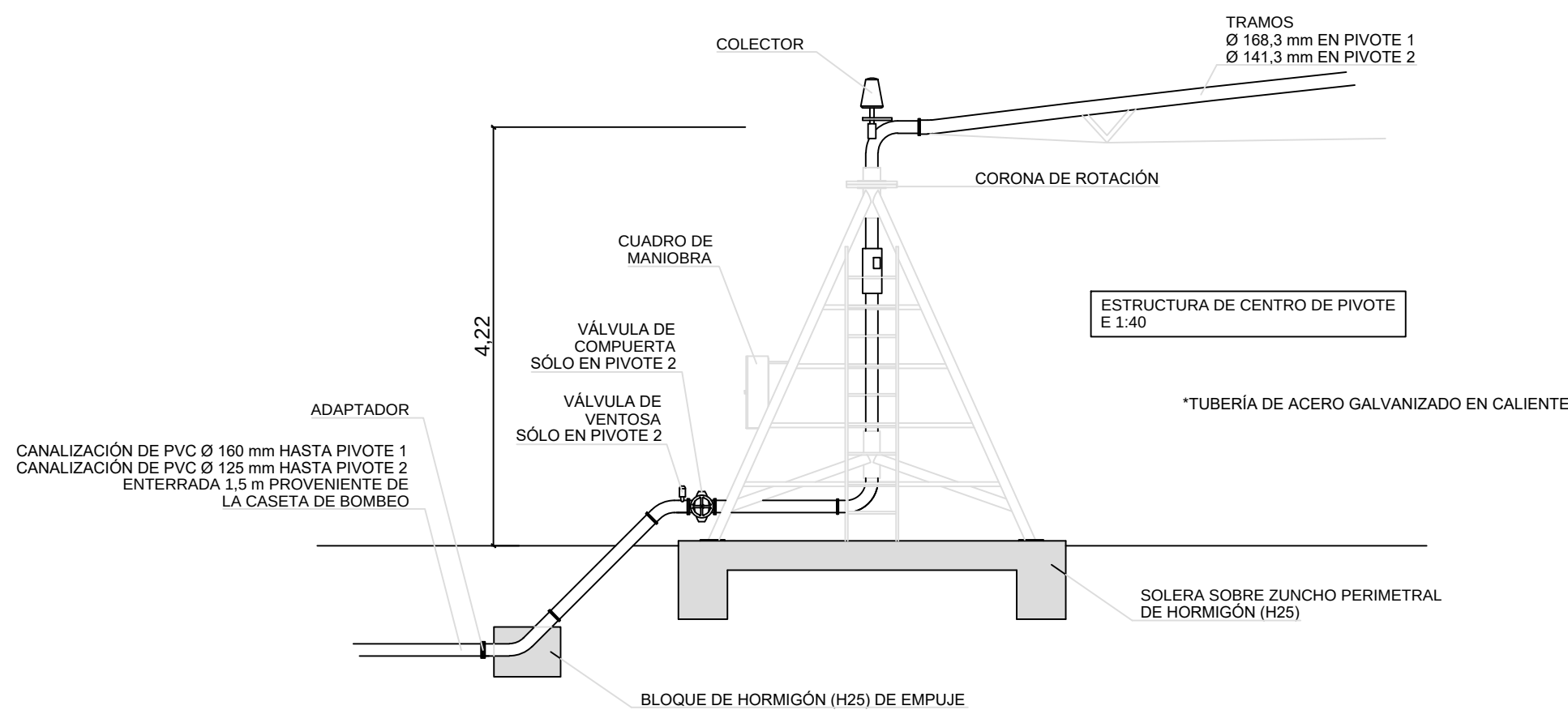
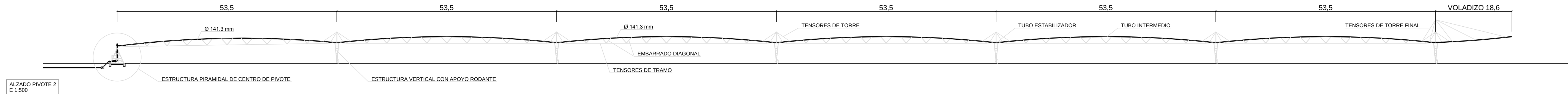
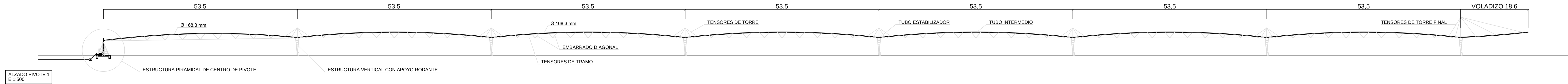
Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

TITULACIÓN

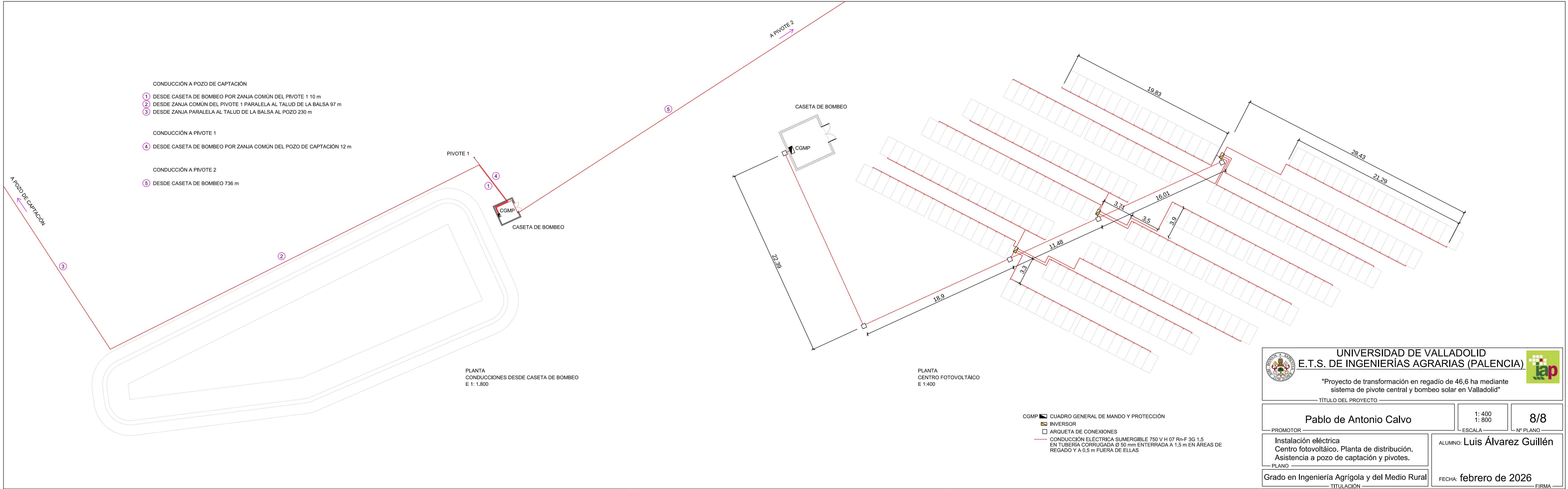
ALUMNO: Luis Álvarez Guillén

FECHA: febrero de 2026

FIRMA



 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA) "Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid"		
TÍTULO DEL PROYECTO		
PROMOTOR	Pablo de Antonio Calvo	1: 40 1: 500 1: 4000
PLANO	Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural	8/7
TITULACIÓN		ALUMNO: Luis Álvarez Guillén
		FECHA: febrero de 2026
		FIRMA





UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)



"Proyecto de transformación en regadío de 46,6 ha mediante sistema de pivote central y bombeo solar en Valladolid"

TÍTULO DEL PROYECTO

Pablo de Antonio Calvo

PROMOTOR

1: 400
1: 800

ESCALA

8/8

Nº PLANO

Instalación eléctrica
Centro fotovoltaico. Planta de distribución.
Asistencia a pozo de captación y pivotes.

PLANO

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

TITULACIÓN

ALUMNO: Luis Álvarez Guillén

FECHA: febrero de 2026

FIRMA

DOCUMENTO 3. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DOCUMENTO 3. PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS	1
1.1. Disposiciones Generales	3
1.1.1. Disposiciones de carácter general	3
1.1.1.1. <i>Objeto del Pliego de Condiciones</i>	2
1.1.1.2. <i>Contrato de obra</i>	2
1.1.1.3. <i>Documentación del contrato de obra</i>	2
1.1.1.4. <i>Proyecto Arquitectónico</i>	2
1.1.1.5. <i>Reglamentación urbanística</i>	3
1.1.1.6. <i>Formalización del Contrato de Obra</i>	3
1.1.1.7. <i>Jurisdicción competente</i>	3
1.1.1.8. <i>Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista</i>	3
1.1.1.9. <i>Accidentes de trabajo</i>	4
1.1.1.10. <i>Daños y perjuicios a terceros</i>	4
1.1.1.11. <i>Anuncios y carteles</i>	4
1.1.1.12. <i>Copia de documentos</i>	4
1.1.1.13. <i>Suministro de materiales</i>	4
1.1.1.14. <i>Hallazgos</i>	5
1.1.1.15. <i>Causas de rescisión del contrato de obra</i>	5
1.1.1.16. <i>Efectos de rescisión del contrato de obra</i>	5
1.1.1.17. <i>Omisiones: Buena fe</i>	6
1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares	6
1.1.2.1. <i>Accesos y vallados</i>	6
1.1.2.2. <i>Replanteo</i>	6
1.1.2.3. <i>Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos</i>	7
1.1.2.4. <i>Orden de los trabajos</i>	7
1.1.2.5. <i>Facilidades para otros contratistas</i>	7
1.1.2.6. <i>Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor</i>	8
1.1.2.7. <i>Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto</i>	8
1.1.2.8. <i>Prórroga por causa de fuerza mayor</i>	8
1.1.2.9. <i>Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra</i>	8
1.1.2.10. <i>Trabajos defectuosos</i>	9
1.1.2.11. <i>Responsabilidad por vicios ocultos</i>	9
1.1.2.12. <i>Procedencia de materiales, aparatos y equipos</i>	10
1.1.2.13. <i>Presentación de muestras</i>	10
1.1.2.14. <i>Materiales, aparatos y equipos defectuosos</i>	10
1.1.2.15. <i>Gastos ocasionados por pruebas y ensayos</i>	10
1.1.2.16. <i>Limpieza de las obras</i>	11
1.1.2.17. <i>Obras sin prescripciones explícitas</i>	11
1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas	11
1.1.3.1. <i>Consideraciones de carácter general</i>	11
1.1.3.2. <i>Recepción provisional</i>	12
1.1.3.3. <i>Documentación final de la obra</i>	12

1.1.3.4. <i>Medición definitiva y liquidación provisional de la obra</i>	12
1.1.3.5. <i>Plazo de garantía</i>	12
1.1.3.6. <i>Conservación de las obras recibidas provisionalmente</i>	13
1.1.3.7. <i>Recepción definitiva</i>	13
1.1.3.8. <i>Prórroga del plazo de garantía</i>	13
1.1.3.9. <i>Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida</i>	13
1.2. Disposiciones Facultativas	14
1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación	14
1.2.1.1. <i>El promotor</i>	14
1.2.1.2. <i>El proyectista</i>	14
1.2.1.3. <i>El constructor o contratista</i>	15
1.2.1.4. <i>El director de obra</i>	15
1.2.1.5. <i>El director de la ejecución de la obra</i>	15
1.2.1.6. <i>Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación</i>	15
1.2.1.7. <i>Los suministradores de productos</i>	15
1.2.2. Agentes que intervienen en la obra	16
1.2.3. Agentes en materia de seguridad y salud	16
1.2.4. Agentes en materia de gestión de residuos	16
1.2.5. La dirección facultativa	16
1.2.6. Visitas facultativas	16
1.2.7. Obligaciones de los agentes intervinientes	16
1.2.7.1. <i>El promotor</i>	16
1.2.7.2. <i>El proyectista</i>	17
1.2.7.3. <i>El constructor o contratista</i>	18
1.2.7.4. <i>La dirección facultativa</i>	21
1.2.7.5. <i>El director de obra</i>	21
1.2.7.6. <i>El director de la ejecución de la obra</i>	23
1.2.7.7. <i>Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación</i>	25
1.2.7.8. <i>Los suministradores de productos</i>	25
1.2.7.9. <i>Los propietarios y los usuarios</i>	26
1.2.8. Documentación final de obra: Libro del Edificio	26
1.2.8.1. <i>Los propietarios y los usuarios</i>	26
1.3. Disposiciones Económicas	26
1.3.1. Definición	26
1.3.2. Contrato de obra	27
1.3.3. Criterio General	27
1.3.4. Fianzas	27
1.3.4.1. <i>Ejecución de trabajos con cargo a la fianza</i>	28
1.3.4.2. <i>Devolución de las fianzas</i>	28
1.3.4.3. <i>Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales</i>	28
1.3.5. De los precios	28
1.3.5.1. <i>Precio básico</i>	28
1.3.5.2. <i>Precio unitario</i>	28
1.3.5.3. <i>Presupuesto de Ejecución Material (PEM)</i>	30
1.3.5.4. <i>Precios contradictorios</i>	30

1.3.5.5. <i>Reclamación de aumento de precios</i>	30
1.3.5.6. <i>Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios</i>	30
1.3.5.7. <i>De la revisión de los precios contratados</i>	30
1.3.5.8. <i>Acopio de materiales</i>	31
1.3.6. Obras por administración	31
1.3.7. Valoración y abono de los trabajos	31
1.3.7.1. <i>Forma y plazos de abono de las obras</i>	31
1.3.7.2. <i>Relaciones valoradas y certificaciones</i>	32
1.3.7.3. <i>Mejora de obras libremente ejecutadas</i>	32
1.3.7.4. <i>Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada</i>	32
1.3.7.5. <i>Abono de trabajos especiales no contratados</i>	32
1.3.7.6. <i>Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía</i>	33
1.3.8. Indemnizaciones Mutuas	33
1.3.8.1. <i>Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras</i>	33
1.3.8.2. <i>Demora de los pagos por parte del promotor</i>	33
1.3.9. Varios	33
1.3.9.1. <i>Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra</i>	33
1.3.9.2. <i>Unidades de obra defectuosas</i>	34
1.3.9.3. <i>Seguro de las obras</i>	34
1.3.9.4. <i>Conservación de la obra</i>	34
1.3.9.5. <i>Uso por el contratista de edificio o bienes del promotor</i>	34
1.3.9.6. <i>Pago de arbitrios</i>	34
1.3.10. Retenciones en concepto de garantía	34
1.3.11. Plazos de ejecución: Planning de obra	35
1.3.12. Liquidación económica de las obras	35
1.3.13. Liquidación final de la obra	35
2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	35
2.1. Prescripciones sobre los materiales	35
2.1.1. <i>Garantías de calidad (Marcado CE)</i>	36
2.2. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra	37
2.3. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado	42
2.4. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición	42

1. PLIEGO DE CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

1.1. Disposiciones Generales

1.1.1. Disposiciones de carácter general

1.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

1.1.1.2. Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.1.1.3. Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.1.1.4. Proyecto Arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación". En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

1.1.1.5. Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

1.1.1.6. Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

1.1.1.7. Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.1.8. Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción a las estipulaciones contenidas en el pliego de cláusulas administrativas particulares y al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la dirección facultativa de las obras diere al contratista.

Cuando las instrucciones fueren de carácter verbal, deberán ser ratificadas por escrito en el más breve plazo posible, para que sean vinculantes para las partes.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la dirección facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.1.9. Accidentes de trabajo

Es de obligado cumplimiento el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción" y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

1.1.1.10. Daños y perjuicios a terceros

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 colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.1.11. Anuncios y carteles

Sin previa autorización del promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.1.1.12. Copia de documentos

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

1.1.1.13. Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.1.14. Hallazgos

El promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del director de obra.

El promotor abonará al contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la dirección facultativa.

1.1.1.15. Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del contratista.
- b) La quiebra del contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
 - b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé 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.
- e) La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a cuatro meses.
- f) Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- g) La demora injustificada en la comprobación del replanteo.
- h) La suspensión de las obras por plazo superior a ocho meses por parte del promotor.
- i) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- j) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- k) El desistimiento o el abandono de la obra sin causas justificadas.
- l) La mala fe en la ejecución de la obra.

1.1.1.16. Efectos de rescisión del contrato de obra

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista.

Si se demorase injustificadamente la comprobación del replanteo, dando lugar a la resolución del contrato, el contratista sólo tendrá derecho por todos los conceptos a una indemnización equivalente al 2 por cien del precio de la adjudicación, excluidos los impuestos.

En el supuesto de desistimiento antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de las mismas por parte del promotor por plazo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3 por cien del precio de adjudicación, excluidos los impuestos.

En caso de desistimiento una vez iniciada la ejecución de las obras, o de suspensión de las obras iniciadas por plazo superior a ocho meses, el contratista tendrá derecho por todos los conceptos al 6 por cien del precio de adjudicación del contrato de las obras dejadas de realizar en concepto de beneficio industrial, excluidos los impuestos.

1.1.1.17. Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre el promotor y el contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al promotor por parte del contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de la obra.

1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

1.1.2.1. Accesos y vallados

El contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el director de ejecución de la obra su modificación o mejora.

1.1.2.2. Replanteo

La ejecución del contrato de obras comenzará con el acta de comprobación del replanteo, dentro del plazo de treinta días desde la fecha de su formalización.

El contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del director de ejecución de la obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el director de obra. Será responsabilidad del contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del contratista comunicar a la dirección facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El director de obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el director de la ejecución de la obra, el promotor y el contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el director de la obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.1.2.4. Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la dirección facultativa.

1.1.2.5. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la dirección facultativa.

1.1.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la dirección facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la dirección de ejecución de la obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.1.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El contratista podrá requerir del director de obra o del director de ejecución de la obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del director de ejecución de la obra, como del director de obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el contratista en contra de las disposiciones tomadas por la dirección facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminirlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del director de obra. Para ello, el contratista expondrá, en escrito dirigido al director de obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

Tendrán la consideración de casos de fuerza mayor los siguientes:

- Los incendios causados por la electricidad atmosférica.
- Los fenómenos naturales de efectos catastróficos, como maremotos, terremotos, erupciones volcánicas, movimientos del terreno, temporales marítimos, inundaciones u otros semejantes.
- Los destrozos ocasionados violentamente en tiempo de guerra, robos tumultuosos o alteraciones graves del orden público.

1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.1.2.10. Trabajos defectuosos

El contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la dirección facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el director de ejecución de la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el director de obra, quien mediará para resolverla.

1.1.2.11. Responsabilidad por vicios ocultos

El contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si la obra se arruina o sufre deterioros graves incompatibles con su función con posterioridad a la expiración del plazo de garantía por vicios ocultos de la construcción, debido a incumplimiento del contrato por parte del contratista, éste responderá de los daños y perjuicios que se produzcan o se manifiesten durante un plazo de quince años a contar desde la recepción de la obra.

Asimismo, el contratista responderá durante dicho plazo de los daños materiales causados en la obra por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad de la construcción, contados desde la fecha de recepción de la obra sin reservas o desde la subsanación de estas.

Si el director de ejecución de la obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al director de obra.

El contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el director de obra y/o el director de ejecución de obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los que se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el contratista deberá presentar al director de ejecución de la obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.1.2.13. Presentación de muestras

A petición del director de obra, el contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el director de obra, a instancias del director de ejecución de la obra, dará la orden al contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el promotor a cuenta de contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del director de obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del contratista y con la penalización correspondiente,

así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el director de obra considere necesarios.

1.1.2.16. Limpieza de las obras

Es obligación del contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

1.1.2.17. Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la dirección facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas

1.1.3.1. Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra y el director de la ejecución de la obra.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecido en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

1.1.3.2. Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el director de ejecución de la obra al promotor la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención del promotor, del contratista, del director de obra y del director de ejecución de la obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.3. Documentación final de la obra

El director de ejecución de la obra, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el director de ejecución de la obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el director de obra con su firma, servirá para el abono por el promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

1.1.3.5. Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a un año salvo casos especiales

Dentro del plazo de quince días anteriores al cumplimiento del plazo de garantía, la dirección facultativa, de oficio o a instancia del contratista, redactará un informe sobre el estado de las obras.

Si el informe fuera favorable, el contratista quedará exonerado de toda responsabilidad, procediéndose a la devolución o cancelación de la garantía, a la liquidación del contrato y, en su caso, al pago de las obligaciones pendientes que deberá efectuarse en el plazo de sesenta días.

En el caso de que el informe no fuera favorable y los defectos observados se debiesen a deficiencias en la ejecución de la obra, la dirección facultativa procederá a dictar las oportunas instrucciones al contratista para su debida reparación, concediéndole para ello un plazo durante el cual continuará encargado de la conservación de las obras, sin derecho a percibir cantidad alguna por la ampliación del plazo de garantía.

1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo del promotor y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del contratista.

1.1.3.7. Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el director de obra indicará al contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del director de obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

1.2. Disposiciones Facultativas

1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

1.2.1.1. El promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se registrarán por la "Ley 9/2017. Ley de Contratos del Sector Público" y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

1.2.1.2. El proyectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

1.2.1.3. El constructor o contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

CABE EFECTUAR ESPECIAL MENCIÓN DE QUE LA LEY SEÑALA COMO RESPONSABLE EXPLÍCITO DE LOS VICIOS O DEFECTOS CONSTRUCTIVOS AL CONTRATISTA GENERAL DE LA OBRA, SIN PERJUICIO DEL DERECHO DE REPETICIÓN DE ÉSTE HACIA LOS SUBCONTRATISTAS.

1.2.1.4. El director de obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.

1.2.1.5. El director de la ejecución de la obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estime necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

1.2.1.7. Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

1.2.2. Agentes que intervienen en la obra

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.3. Agentes en materia de seguridad y salud

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.4. Agentes en materia de gestión de residuos

La relación de agentes intervinientes en materia de gestión de residuos, se encuentra en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

1.2.5. La dirección facultativa

La dirección facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la dirección facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

1.2.6. Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la dirección facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

1.2.7. Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación aplicable.

1.2.7.1. El promotor

Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.

Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

1.2.7.2. El proyectista

Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás

permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al director de obra antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del director de obra y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del director de obra y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

1.2.7.3. El constructor o contratista

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Definir y desarrollar un sistema de seguimiento, que permita comprobar la conformidad de la ejecución. Para ello, elaborará el plan de obra y el programa de autocontrol de la ejecución de la estructura, desarrollando el plan de control definido en el proyecto. El programa de autocontrol

contemplará las particularidades concretas de la obra, relativas a medios, procesos y actividades, y se desarrollará el seguimiento de la ejecución de manera que permita comprobar la conformidad con las especificaciones del proyecto. Dicho programa será aprobado por la dirección facultativa antes del inicio de los trabajos.

Registrar los resultados de todas las comprobaciones realizadas en el autocontrol en un soporte, físico o electrónico, que estará a disposición de la dirección facultativa. Cada registro deberá estar firmado por la persona física que haya sido designada por el constructor para el autocontrol de cada actividad.

Mantener a disposición de la dirección facultativa un registro permanentemente actualizado, donde se reflejen las designaciones de las personas responsables de efectuar en cada momento el autocontrol relativo a cada proceso de ejecución. Una vez finalizada la construcción, dicho registro se incorporará a la documentación final de obra.

Definir un sistema de gestión de los acopios suficiente para conseguir la trazabilidad requerida de los productos y elementos que se colocan en la obra.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

Facilitar la labor de la dirección facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del director de obra y del director de la ejecución material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aún cuando éstos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el director de ejecución material de la obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de la ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la dirección facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

Poner a disposición del director de ejecución material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la dirección facultativa.

Auxiliar al director de la ejecución de la obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Efectuar la inspección de cada fase de la estructura ejecutada, dejando constancia documental, al objeto de comprobar que se cumplen las especificaciones dimensionales del proyecto.

Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Suscribir las garantías de obra que se señalan en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

1.2.7.4. La dirección facultativa

Constar antes del inicio de la ejecución de cada parte de la obra, que existe un programa de control para los productos y para la ejecución, que haya sido redactado específicamente para la obra, conforme a lo indicado en el proyecto y la normativa de obligado cumplimiento. Cualquier incumplimiento de los requisitos previos establecidos, provocará el aplazamiento del inicio de la obra hasta que la dirección facultativa constate documentalmente que se ha subsanado la causa que dio origen al citado incumplimiento.

Aprobar el programa de control antes de iniciar las actividades de control en la obra, elaborado de acuerdo con el plan de control definido en el proyecto, que tenga en cuenta el cronograma o plan de obra del constructor y su procedimiento de autocontrol.

Validar el control de recepción, velando para que los productos incorporados en la obra sean adecuados a su uso y cumplan con las especificaciones requeridas.

Verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE son conformes con las especificaciones indicadas en el proyecto y, en su defecto, en la normativa de obligado cumplimiento, ya que el marcado CE no garantiza su idoneidad para un uso concreto.

1.2.7.5. El director de obra

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del

dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al director de la ejecución de la obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conlleven una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo que, en el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se materializa en un ejemplar que deberá ser custodiado por el Presidente de la Comunidad de Propietarios o por el Administrador, siendo éstos los responsables de divulgar al resto de propietarios su contenido y de hacer cumplir los requisitos de mantenimiento que constan en la citada documentación.

Además de todas las facultades que corresponden al director de obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que

al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los directores de obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.7.6. El director de la ejecución de la obra

Corresponde al director de ejecución material de la obra, según se establece en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del director de obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.

Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (lex artis) y a las normativas de aplicación.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.

Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.

Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.

Informar con prontitud a los directores de obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el contratista, los subcontratistas y el personal de la obra.

Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el director de la ejecución de la obra, se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.7.7. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de la obra.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

Demostrar su independencia respecto al resto de los agentes involucrados en la obra. En consecuencia, previamente al inicio de la misma, entregarán a la propiedad una declaración firmada por la persona física que avale la referida independencia, de modo que la dirección facultativa pueda incorporarla a la documentación final de la obra.

Efectuar los ensayos pertinentes para comprobar la conformidad de los productos a su recepción en la obra, que serán encomendados a laboratorios independientes del resto de los agentes que intervienen en la obra y dispondrán de la capacidad suficiente.

Entregar los resultados de los ensayos al agente autor del encargo y, en todo caso, a la dirección facultativa, que irán acompañados de la incertidumbre de medida para un determinado nivel de confianza, así como la información relativa a las fechas de la entrada de las muestras en el laboratorio y de la realización de los ensayos.

1.2.7.8. Los suministradores de productos

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

Proporcionar, cuando proceda, un certificado final de suministro en el que se recojan los materiales o productos, de modo que se mantenga la necesaria trazabilidad de los materiales o productos certificados.

1.2.7.9. Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.8. Documentación final de obra: Libro del Edificio

De acuerdo a la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el {{Libro del Edificio}}, será entregada a los usuarios finales del edificio.

1.2.8.1. Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.3. Disposiciones Económicas

1.3.1. Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

1.3.2. Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la dirección facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la dirección facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del promotor.
- Presupuesto del contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la dirección facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

1.3.3. Criterio General

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

1.3.4. Fianzas

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

1.3.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

1.3.4.2. Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

1.3.5. De los precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

1.3.5.1. Precio básico

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

1.3.5.2. Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, se establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

1.3.5.4. Precios contradictorios

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el promotor, por medio del director de obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el director de obra y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comuniquen fehacientemente al director de obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios

Si el contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

1.3.5.7. De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el promotor y el contratista.

1.3.5.8. Acopio de materiales

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el contratista responsable de su guarda y conservación.

1.3.6. Obras por administración

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

1.3.7. Valoración y abono de los trabajos

1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (promotor y contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el director de ejecución de la obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El director de ejecución de la obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al director de ejecución de

la obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del promotor sobre el particular.

1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el promotor y el contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el director de ejecución de la obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la dirección facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la dirección facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

1.3.7.3. Mejora de obras libremente ejecutadas

Cuando el contratista, incluso con la autorización del director de obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la dirección facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

1.3.7.4. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada

El abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada se efectuará previa justificación por parte del contratista. Para ello, el director de obra indicará al contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que

ocasionen, los cuales le serán abonados por el promotor por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo, y el director de obra 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 el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- 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 contratista.

1.3.8. Indemnizaciones Mutuas

1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

Si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

1.3.8.2. Demora de los pagos por parte del promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

1.3.9. Varios

1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el director de obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

1.3.9.3. Seguro de las obras

El contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.4. Conservación de la obra

El contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.5. Uso por el contratista de edificio o bienes del promotor

No podrá el contratista hacer uso de edificio o bienes del promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

1.3.9.6. Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

1.3.10. Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que

el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

1.3.11. Plazos de ejecución: Planning de obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

1.3.12. Liquidación económica de las obras

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el director de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

1.3.13. Liquidación final de la obra

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1. Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del director de la ejecución de la obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades

serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.
- El control mediante ensayos.

Por parte del constructor o contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del director de ejecución de la obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del contratista.

El hecho de que el contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del director de la ejecución de la obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el "Reglamento (UE) N° 305/2011. Reglamento por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo".

El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- el número de identificación del organismo notificado (cuando proceda)
- el nombre comercial o la marca distintiva del fabricante
- la dirección del fabricante
- el nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica
- las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto
- el número del certificado CE de conformidad (cuando proceda)
- el número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas
- la designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada
- información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

2.2. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el director de la ejecución de la obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del director de la ejecución de la obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra.

Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

DEL SOPORTE

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

AMBIENTALES

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.

DEL CONTRATISTA

En algunos casos, será necesaria la presentación al director de la ejecución de la obra de una serie de documentos por parte del contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

PROCESO DE EJECUCIÓN

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

FASES DE EJECUCIÓN

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

PRUEBAS DE SERVICIO

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

Por ejemplo, esto es lo que ocurre en la unidad de obra ADP010, donde se indica que no está incluido en el precio de la unidad de obra el coste del ensayo de densidad y humedad "in situ".

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del director de ejecución de la obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del contratista, entendiendo que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciese a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el director de ejecución de la obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.

Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la dirección facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la dirección facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

TERMINOLOGÍA APLICADA EN EL CRITERIO DE MEDICIÓN.

A continuación, se detalla el significado de algunos de los términos utilizados en los diferentes capítulos de obra.

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Volumen de tierras en perfil esponjado. La medición se referirá al estado de las tierras una vez extraídas. Para ello, la forma de obtener el volumen de tierras a transportar, será la que resulte de aplicar el porcentaje de esponjamiento medio que proceda, en función de las características del terreno.

Volumen de relleno en perfil compactado. La medición se referirá al estado del relleno una vez finalizado el proceso de compactación.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones excavadas hubieran quedado con mayores dimensiones.

CIMENTACIONES

Superficie teórica ejecutada. Será la superficie que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que la superficie ocupada por el hormigón hubiera quedado con mayores dimensiones.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de hormigón hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de los elementos estructurales hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS METÁLICAS

Peso nominal medido. Serán los kg que resulten de aplicar a los elementos estructurales metálicos los pesos nominales que, según dimensiones y tipo de acero, figuren en tablas.

ESTRUCTURAS (FORJADOS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirá la superficie de los forjados de cara exterior a cara exterior de los zunchos que delimitan el perímetro de su superficie, descontando únicamente los huecos o pasos de forjados que tengan una superficie mayor de $X \text{ m}^2$.

En los casos de dos paños formados por forjados diferentes, objeto de precios unitarios distintos, que apoyen o empotren en una jácena o muro de carga común a ambos paños, cada una de las unidades de obra de forjado se medirá desde fuera a cara exterior de los elementos delimitadores al eje de la jácena o muro de carga común.

En los casos de forjados inclinados se tomará en verdadera magnitud la superficie de la cara inferior del forjado, con el mismo criterio anteriormente señalado para la deducción de huecos.

ESTRUCTURAS (MUROS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se aplicará el mismo criterio que para fachadas y particiones.

FACHADAS Y PARTICIONES

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando únicamente aquellos huecos cuya superficie sea mayor de $X \text{ m}^2$, lo que significa que:

Cuando los huecos sean menores de $X \text{ m}^2$ se medirán a cinta corrida como si no hubiera huecos. Al no deducir ningún hueco, en compensación de medir hueco por macizo, no se medirán los trabajos de formación de mochetas en jambas y dinteles.

Cuando los huecos sean mayores de $X \text{ m}^2$, se deducirá la superficie de estos huecos, pero se sumará a la medición la superficie de la parte interior del hueco, correspondiente al desarrollo de las mochetas.

Deduciendo todos los huecos. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando la superficie de todos los huecos, pero se incluye la ejecución de todos los trabajos precisos para la resolución del hueco, así como los materiales que forman dinteles, jambas y vierteaguas.

A los efectos anteriores, se entenderá como hueco, cualquier abertura que tenga mochetas y dintel para puerta o ventana. En caso de tratarse de un vacío en la fábrica sin dintel, antepecho ni carpintería, se deducirá siempre el mismo al medir la fábrica, sea cual fuere su superficie.

En el supuesto de cerramientos de fachada donde las hojas, en lugar de apoyar directamente en el forjado, apoyen en una o dos hiladas de regularización que abarquen todo el espesor del cerramiento, al efectuar la medición de las unidades de obra se medirá su altura desde el forjado y, en compensación, no se medirán las hiladas de regularización.

INSTALACIONES

Longitud realmente ejecutada. Medición según desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

REVESTIMIENTOS (YESOS Y ENFOSCADOS DE CEMENTO)

Deduciendo, en los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$, el exceso sobre los $X \text{ m}^2$. Los paramentos verticales y horizontales se medirán a cinta corrida, sin descontar huecos de superficie menor a $X \text{ m}^2$. Para huecos de mayor superficie, se descontará únicamente el exceso sobre esta superficie. En ambos casos se considerará incluida la ejecución de mochetas, fondos de dinteles y aristados. Los paramentos que tengan armarios empotrados no serán objeto de descuento, sea cual fuere su dimensión.

2.3. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado

De acuerdo con el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el presente pliego, por parte del constructor, y a su cargo, independientemente de las ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable, que serán realizadas por laboratorio acreditado y cuyo coste se especifica detalladamente en el capítulo de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución material (PEM) del proyecto.

2.4. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición

El correspondiente Estudio de Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, contendrá las siguientes prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de la obra:

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

- Razón social.

- Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).
- Número de teléfono del titular del contenedor/envase.
- Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de llevarla a cabo, es decir, que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.

En Valladolid, a 16 de febrero de 2026
Luis Álvarez Guillén

Alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

DOCUMENTO 4. MEDICIONES

ÍNDICE DOCUMENTO 4. MEDICIONES

1	Balsa de riego	1
2	Canalizaciones y elementos hidráulicos	2
3.	Sistemas de riego	3
4.	Sistemas de riego	4
5.	Cabezal de bombeo	5
6.	Instalaciones eléctricas y energéticas	6
7.	Seguridad perimetral y videovigilancia.....	7

1. Balsa de Riego

Nº	Ud	Descripción	Medición
1.1	M2	DESBROCE DE TERRENO DESARBOLADO	

Total m2 : 6.500,000

1.2 Movimiento de tierras

1.2	M3	DESMONTE TIERRA A CIELO ABIERTO

Total m3 : 3.700,000

1.3	M3	TERRAPLÉN

Total m3 : 2.000,000

1.3 Impermeabilización

1.4	M2	GEOTEXTIL NO TEJIDO DE POLIPROPILENO

Total m2 : 3.675,000

1.5	M2	LÁMINA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE PEAD

Total m2 : 3.675,000

2. Canalizaciones y elementos hidráulicos

Nº	Ud	Descripción	Medición
2.1 Movimiento de tierras			
2.1	M3	EXC. ZANJA Y/O POZO EN TIERRA	
			Total m3 : 982,000
2.2	M3	RELLENO LOCALIZADO ZANJAS	
			Total m3 : 491,000
2.3	M3	RELLENO DE ARENA EN ZANJAS	
			Total m3 : 491,000
2.2 Codos y tuberías			
2.4	M.	CONDOC.PVC-O JUNT.ELÁST.PN 6 D=125	
			Total m. : 743,000
2.5	M.	CONDOC.PVC-O JUNT.ELÁST.PN 6 D=180	
			Total m. : 241,000
2.6	M.	CONDOC.PVC-O JUNT.ELÁST.PN 6 D=160	
			Total m. : 20,000
2.7	M.	CONDOC.ACERO GALV. ASTM A53 GR.B SCH30 D=200	
			Total m. : 45,000
2.8	Ud	CODO PVC-O 45°/90° D=125 mm.	
			Total ud : 5,000
2.9	Ud	CODO PVC-O 45°/90° D=160 mm.	
			Total ud : 5,000
2.10	Ud	CODO PVC-O 45°/90° D=180 mm.	
			Total ud : 5,000
2.3 Elementos de seguridad y control			
2.11	Ud	VÁLV.COMPUE.CIERRE METAL D=150mm	
			Total ud : 1,000
2.12	Ud	VÁLV.COMPUE.CIERRE METAL D=100mm	
			Total ud : 2,000
2.13	Ud	VÁLV.COMPUE.CIERRE METAL D=200mm	
			Total ud : 1,000
2.14	Ud	VENTOSA/PURGADOR AUTOM. D=60mm	
			Total ud : 4,000
2.15	Ud	VÁLV. ANTIRRET. DOBLE CLAPETA D=125mm	
			Total ud : 1,000

2. Canalizaciones y elementos hidráulicos

Nº	Ud	Descripción	Medición	
2.16	Ud	VÁLV. ANTIRRET. DOBLE CLAPETA D=150mm		
			Total ud :	1,000
2.17	Ud	VÁLV. ANTIRRET. DOBLE CLAPETA D=200mm		
			Total ud :	1,000
2.18	Ud	VÁLV. ANTIRRET. SIMPLE DN125 PN10		
			Total ud :	1,000
2.19	Ud	VÁLV. ANTIRRET. SIMPLE DN150 PN10		
			Total ud :	1,000
2.20	Ud	VÁLV. ANTIRRET. SIMPLE DN200 PN10		
			Total ud :	1,000

2.4 Anclajes y refuerzos

2.21	M.	REFUERZO CONDUCC. AGUA < 250mm		
			Total m. :	1,000
2.22	Ud	ANCLAJE CODO COND.AGUA.D=60-225		
			Total ud :	1,000

3 Sistemas de riego

Nº	Ud	Descripción	Medición

3.1 Cimentación

3.1	M3	H.ARM.HA-30/B/20/IIa LOSA CIM.V.G.

Total m3 :	8,000

3.2 Estructura pivot

3.2	Ud	TRAMO PIVOT CON EMISORES

Total ud :	13,000

3.3	Ud	TORRE CENTRAL PIVOT

Total ud :	2,000

3.4	Ud	VOLADIZO PIVOT RIEGO

Total ud :	2,000

3.3 Automatismos

3.5	Ud	SISTEMA DE T.CONTROL Y POSICIONAMIENTO GPS

Total ud :	2,000

4 Cabezal de bombeo

Nº	Ud	Descripción	Medición
4.1 Infraestructura de protección			
4.1	M2	CASETA PREFABRICADA MODULAR	
			Total m2 : 5,000
4.2	M2	SOLER.HA-25/B/20/Ila 15cm.#15x15/8	
			Total m2 : 5,000
4.2 Unidades de bombeo			
4.3	Ud	ELECTROBOMBA SUMERGIBLE 60-65 KW	
			Total ud : 1,000
4.4	Ud	ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL 30KW DN100/80	
			Total ud : 1,000
4.5	Ud	ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL 30KW DN80/65	
			Total ud : 1,000
4.6	Ud	VAR. FRECUENCIA TRIFÁSICO 400V, 60KW	
			Total ud : 1,000
4.7	Ud	VAR. FRECUENCIA TRIFÁSICO 400V, 30KW	
			Total ud : 2,000
4.3 Unidades de filtrado y registro			
4.8	Ud	FILTRO DE MALLA AUTOLIMPIANTE 3"-6"	
			Total ud : 2,000
4.9	Ud	CONT. WOLTMAN DN 125	
			Total ud : 1,000
4.10	Ud	CONT. WOLTMAN DN 150	
			Total ud : 2,000

5 Instalación eléctrica y energética

Nº	Ud	Descripción	Medición
5.1 Centro fotovoltaico			
5.1	Ud	MÓDULOS SOLARES MON.CRIST. 535 WP	
			Total ud : 258,000
5.2	Ud	ESTRUCTURA PORTANTE DE MÓDULO SOLAR	
			Total ud : 258,000
5.3	Ud	INVERSOR TRIFÁSICO 175KW	
			Total ud : 3,000
5.4	Ud	CAJA GENERAL PROTECCIÓN 250A.	
			Total ud : 1,000
5.5	Ud	S.SENSORIZACIÓN Y CONTROL DE INCLINACIÓN	
			Total ud : 1,000
5.6	Ud	MOTOR REDUCTOR SEGUIDOR SOLAR	
			Total ud : 14,000
5.2 Grupo electrógeno			
5.7	Ud	GRUPO ELECTRÓGENO DIÉSEL INDUSTRIAL	
			Total ud : 1,000
5.3 Cableado			
5.8	M.	CABLE DE POTENCIA AC RZ1-K (AS)	
			Total m. : 1.082,000
5.9	M.	CABLE SOLAR DC H1Z2Z2-K	
			Total m. : 253,000

6 Seguridad perimetral y videovigilancia

Nº	Ud	Descripción	Medición
6.1	M	CERRAMIENTO VALLA S.TORSIÓN	
			Total m : 415,000
6.2	Ud	CAMARA. VID.VIGILANCIA	
			Total ud : 3,000
6.3	Ud	CUADRO CONTROL CCTV	
			Total ud : 1,000

DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO

ÍNDICE DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO

1. Cuadro de precios N°1	1
2. Cuadro de precios N°2	4
3. Presupuestos parciales.....	23
4. Resumen del presupuesto.....	33

1. CUADRO DE PRECIOS N°1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	1 Balsa de riego		
1.1	m2 DESBROCE DE TERRENO DESARROLADO	0,33 €	TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
1.2	m3 DESMONTE TIERRA A CIELO ABIERTO	1,58 €	UN EURO CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
1.3	m3 TERRAPLÉN	1,74 €	UN EURO CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.4	m2 GEOTEXTIL NO TEJIDO DE POLIPROPILENO	0,67 €	SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS
1.5	m2 LÁMINA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE PEAD	2,87 €	DOS EUROS CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS
	2 Canalizaciones y elementos hidraulicos		
2.1	m3 EXC. ZANJA Y/O POZO EN TIERRA	1,93 €	UN EURO CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.2	m3 RELLENO LOCALIZADO ZANJAS	2,75 €	DOS EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.3	m3 RELLENO DE ARENA EN ZANJAS	9,53 €	NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.4	m. CONDOC.PVC-O JUNT.ELÁST.PN 6 D=125	8,49 €	OCHO EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
2.5	m. CONDOC.PVC-O JUNT.ELÁST.PN 6 D=180	16,10 €	DIECISEIS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
2.6	m. CONDOC.PVC-O JUNT.ELÁST.PN 6 D=160	12,70 €	DOCE EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
2.7	m. CONDOC.ACERO GALV. ASTM A53 GR.B SCH30 D=200	84,10 €	OCHENTA Y CUATRO EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
2.8	ud CODO PVC-O 45°/90° D=125 mm.	95,68 €	NOVENTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS
2.9	ud CODO PVC-O 45°/90° D=160 mm.	105,33 €	CIENTO CINCO EUROS CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
2.10	ud CODO PVC-O 45°/90° D=180 mm.	117,82 €	CIENTO DIECISIETE EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
2.11	ud VÁLV.COMPUE.CIERRE METAL D=150mm	196,87 €	CIENTO NOVENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS
2.12	ud VÁLV.COMPUE.CIERRE METAL D=100mm	122,55 €	CIENTO VEINTIDOS EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.13	ud VÁLV.COMPUE.CIERRE METAL D=200mm	306,58 €	TRESCIENTOS SEIS EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
2.14	ud VENTOSA/PURGADOR AUTOM. D=60mm	586,97 €	QUINIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS
2.15	ud VÁLV. ANTIRRET. DOBLE CLAPETA D=125mm	180,44 €	CIENTO OCHENTA EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
2.16	ud VÁLV. ANTIRRET. DOBLE CLAPETA D=150mm	141,89 €	CIENTO CUARENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
2.17	ud VÁLV. ANTIRRET. DOBLE CLAPETA D=200mm	436,43 €	CUATROCIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.18	ud VÁLV. ANTIRRET. SIMPLE DN125 PN10	160,83 €	CIENTO SESENTA EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.19	ud VÁLV. ANTIRRET. SIMPLE DN150 PN10	193,24 €	CIENTO NOVENTA Y TRES EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS

2.20	ud VÁLV. ANTIRRET. SIMPLE DN200 PN10	258,60 €	DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
2.21	m. REFUERZO CONDUCC. AGUA < 250mm	21,33 €	VEINTIUN EUROS CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
2.22	ud ANCLAJE CODO COND.AGUA.D=60-225	20,42 €	VEINTE EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS
3 Sistemas de riego			
3.1	m3 H.ARM.HA-30/B/20/IIa LOSA CIM.V.G.	170,34 €	CIENTO SETENTA EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.2	ud TRAMO PIVOT CON EMISORES	9.341,02 €	NUEVE MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON DOS CÉNTIMOS
3.3	ud TORRE CENTRAL PIVOT	11.528,03 €	ONCE MIL QUINIENTOS VEINTIOCHO EUROS CON TRES CÉNTIMOS
3.4	ud VOLADIZO PIVOT RIEGO	1.577,90 €	MIL QUINIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.5	ud SISTEMA DE T.CONTROL Y POSICIONAMIENTO GPS	1.516,90 €	MIL QUINIENTOS DIECISEIS EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
4 Cabezal de bombeo			
4.1	m2 CASETA PREFABRICADA MODULAR	1.577,21 €	MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON VEINTIUN CÉNTIMOS
4.2	m2 SOLER.HA-25/B/20/IIa 15cm.#15x15/8	16,66 €	DIECISEIS EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS
4.3	ud ELECTROBOMBA SUMERGIBLE 60-65 KW	24.569,35 €	VEINTICUATRO MIL QUINIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS
4.4	ud ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL 30KW DN100/80	13.451,88 €	TRECE MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS
4.5	ud ELECTROBOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL 30KW DN80/65	11.917,46 €	ONCE MIL NOVECIENTOS DIECISIETE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS
4.6	ud VAR. FRECUENCIA TRIFÁSICO 400V, 60KW	3.117,96 €	TRES MIL CIENTO DIECISIETE EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS
4.7	ud VAR. FRECUENCIA TRIFÁSICO 400V, 30KW	1.859,12 €	MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE EUROS CON DOCE CÉNTIMOS
4.8	ud FILTRO DE MALLA AUTOLIMPIANTE 3"-6"	7.668,43 €	SIETE MIL SEISCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS
4.9	ud CONT. WOLTMAN DN 125	382,69 €	TRESCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
4.10	ud CONT. WOLTMAN DN 150	550,20 €	QUINIENTOS CINCUENTA EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS
5 Instalación eléctrica y energética			
5.1	ud MÓDULOS SOLARES MON.CRIST. 535 WP	162,08 €	CIENTO SESENTA Y DOS EUROS CON OCHO CÉNTIMOS
5.2	ud ESTRUCTURA PORTANTE DE MÓDULO SOLAR	36,78 €	TREINTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS
5.3	ud INVERSOR TRIFÁSICO 175KW	6.223,01 €	SEIS MIL DOSCIENTOS VEINTITRES EUROS CON UN CÉNTIMO
5.4	ud CAJA GENERAL PROTECCIÓN 250A.	228,51 €	DOSCIENTOS VEINTIOCHO EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMO
5.5	ud S.SENSORIZACIÓN Y CONTROL DE INCLINACIÓN	843,61 €	OCHOCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS CON SESENTA Y UN CÉNTIMO
5.6	ud MOTOR REDUCTOR SEGUIDOR SOLAR	647,32 €	SEISCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS
5.7	ud GRUPO ELECTRÓGENO DIÉSEL INDUSTRIAL	27.378,51 €	VEINTISIETE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMO
5.8	m. CABLE DE POTENCIA AC RZ1-K (AS)	7,30 €	SIETE EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS

5.9	m. CABLE SOLAR DC H1Z2Z2-K	4,20 €	CUATRO EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS
	6 Seguridad perimetral y videovigilancia		
6.1	m CERRAMIENTO VALLA S.TORSIÓN	23,89 €	VEINTITRES EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
6.2	ud CAMARA. VID.VIGILANCIA	276,12 €	DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS CON DOCE CÉNTIMOS
6.3	ud CUADRO CONTROL CCTV	877,13 €	OCHOCIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS CON TRECE CÉNTIMOS

En Valladolid, a 16 de febrero de 2026

Luis Álvarez Guillén

Alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

2. CUADRO DE PRECIOS N°2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1	1 Balsa de riego		
	m2 Desbroce y limpieza superficial de terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm., con carga sobre camión de los productos resultantes. Se incluye el área destinada al resto de instalaciones cercanas a la balsa. (Mano de obra)		
	Capataz 0,006 10,840	0,07	
	(Maquinaria)		
1.2.1	Pala carg.cadenas 130 CV/1,8m3 0,006 41,800	0,25	
	3% Costes indirectos	0,01	
			0,33
	1.2 Movimiento de tierras		
1.2.1	m3 Desmante en tierra a cielo abierto con medios mecánicos, incluso perfilado y carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación. (Mano de obra)		
	Capataz 0,010 10,840	0,11	
	(Maquinaria)		
	Excav.hidr.cadenas 310 CV 0,015 73,800	1,11	
1.2.2	Camión basculante 4x4 14 t. 0,010 30,550	0,31	
	3% Costes indirectos	0,05	
			1,58
	1.2.2		
1.2.2	m3 Terraplén con productos procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido en tongadas de 30 cms. de espesor, humectación y compactación hasta el 95% del proctor modificado, incluso perfilado de taludes, rasanteo de la superficie de coronación y preparación de la superficie de asiento, totalmente terminado. (Mano de obra)		
	Capataz 0,010 10,840	0,11	
	Peón ordinario 0,015 10,240	0,15	
	(Maquinaria)		
1.2.2	Cisterna agua s/camión 10.000 l. 0,015 25,400	0,38	
	Motoniveladora de 135 CV 0,015 41,150	0,62	
	Rodillo vibr.autopr.mixto 15 t. 0,015 28,940	0,43	
	3% Costes indirectos	0,05	
1.3			1,74
	1.3 Impermeabilización		

1.3.1	m2 Geotextil no tejido de filamentos de polipropileno "virgen", unidos mecánicamente por agujado y calandrado, estabilizados frente a los rayos UV, gramajes de 201 a 260 g/m ² , resistencia a la tracción de 20 KN/m, resistencia estática mediante ensayo tipo CBR según UNE-EN ISO 12236; a pie de obra. (Mano de obra)				
	Oficial primera	0,018	10,710	0,19	
	Ayudante	0,018	10,400	0,19	
	(Materiales)				
	Pequeño material	1,250	0,027	0,03	
	Lám.Poliprop.arm FP 1,2mm. GA	1,125	1,014	1,14	
	Thf	0,060	0,389	0,02	
	Taco fijación	5,000	0,010	0,05	
	3% Costes indirectos			0,05	
					1,67
1.3.2	m2 Lámina de polietileno de alta densidad de 1,5 mm de espesor, para impermeabilización de balsas, a pie de obra. (Mano de obra)				
	Oficial primera	0,072	10,710	0,77	
	Ayudante	0,072	10,400	0,75	
	(Materiales)				
	Lám.PEAD.arm.FV 1,2mm. PN	1,100	3,797	4,18	
	Thf	0,060	0,389	0,02	
	3% Costes indirectos			0,08	
2.1.1	2 Canalizaciones y elementos hidraulicos				5,89
	2.1 Movimiento de tierras				
	m3 Excavación en zanja y/o pozos en tierra, incluso carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación. (Mano de obra)				
	Capataz	0,025	10,840	0,27	
	(Maquinaria)				
	Excav.hidr.neumáticos 100 CV	0,025	39,650	0,99	
	Camión basculante 4x4 14 t.	0,020	30,550	0,61	
	3% Costes indirectos			0,06	
					1,93
	m3 Relleno localizado en zanjas con productos seleccionados procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado. (Mano de obra)				
2.1.2	Peón ordinario	0,120	10,240	1,23	
	(Maquinaria)				

	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,015	33,610	0,50	
	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0,015	25,400	0,38	
	Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	0,120	4,700	0,56	
	3% Costes indirectos			0,08	
2.1.3	m3 Relleno de arena en zanjas, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado. (Mano de obra)				2,75
	Peón ordinario	0,100	10,240	1,02	
	(Maquinaria)				
	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,020	33,610	0,67	
	Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	0,100	4,700	0,47	
	(Materiales)				
	Arena de río 0/5 mm.	1,000	7,090	7,09	
	3% Costes indirectos			0,28	
2.2.1	2.2 Codos y tuberías m. Tubería de PVC-O de 125 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada. (Mano de obra)				9,53
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,060	11,440	0,69	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,060	11,150	0,67	
	(Materiales)				
	Arena de río 0/5 mm.	0,110	11,340	1,25	
	Tubo PVC-O j.elásti. PN 6 D=125 mm	1,000	4,830	4,83	
	Pequeño material inst.hidráulic.	1,250	0,640	0,80	
	3% Costes indirectos			0,25	
2.2.2	m. Tubería de PVC-O de 180 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada. (Mano de obra)				8,49
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,090	11,440	1,03	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,090	11,150	1,00	
	(Materiales)				
	Arena de río 0/5 mm.	0,110	11,340	1,25	
	Tubo PVC-O j.elásti. PN 6 D=180 mm	1,000	10,430	10,43	
	Pequeño material inst.hidráulic.	3,000	0,640	1,92	
	3% Costes indirectos			0,47	

				16,10																												
2.2.3	m. Tubería de PVC-O de 160 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada. (Mano de obra) <table><tr><td>Oficial 1ª Fontanero/Calefactor</td><td>0,080</td><td>11,440</td><td>0,92</td></tr><tr><td>Oficial 2ª Fontanero/Calefactor</td><td>0,080</td><td>11,150</td><td>0,89</td></tr></table> (Materiales) <table><tr><td>Arena de río 0/5 mm.</td><td>0,110</td><td>11,340</td><td>1,25</td></tr><tr><td>Tubo PVC-O j.elásti. PN 6 D=160 mm</td><td>1,000</td><td>7,830</td><td>7,83</td></tr><tr><td>Pequeño material inst.hidráulic.</td><td>2,250</td><td>0,640</td><td>1,44</td></tr><tr><td>3% Costes indirectos</td><td></td><td></td><td>0,37</td></tr></table>	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,080	11,440	0,92	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,080	11,150	0,89	Arena de río 0/5 mm.	0,110	11,340	1,25	Tubo PVC-O j.elásti. PN 6 D=160 mm	1,000	7,830	7,83	Pequeño material inst.hidráulic.	2,250	0,640	1,44	3% Costes indirectos			0,37							
Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,080	11,440	0,92																													
Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,080	11,150	0,89																													
Arena de río 0/5 mm.	0,110	11,340	1,25																													
Tubo PVC-O j.elásti. PN 6 D=160 mm	1,000	7,830	7,83																													
Pequeño material inst.hidráulic.	2,250	0,640	1,44																													
3% Costes indirectos			0,37																													
2.2.4	m. Tubería de acero galvanizado ASTM A53 Gr. B, ASME B36.10, SCH 30, de DN 200 (8", Ø 219,1 mm), destinada a la instalación vertical en pozo, colocada sobre apoyo y alineación adecuados, incluyendo preparación, presentación y montaje de uniones según especificación, así como los medios auxiliares necesarios para su izado y colocación. No incluye excavación del pozo ni trabajos de entibación o rellenos posteriores. (Mano de obra) <table><tr><td>Oficial primera</td><td>0,324</td><td>10,710</td><td>3,47</td></tr><tr><td>Peón ordinario</td><td>0,324</td><td>10,240</td><td>3,32</td></tr><tr><td>Oficial 1ª Fontanero/Calefactor</td><td>0,147</td><td>11,440</td><td>1,68</td></tr></table> (Maquinaria) <table><tr><td>Tractor grúa hasta 1,5 t.</td><td>0,020</td><td>9,664</td><td>0,19</td></tr></table> (Materiales) <table><tr><td>Arena de río 0/5 mm.</td><td>0,110</td><td>11,340</td><td>1,25</td></tr><tr><td>Tubería fundición dúctil D=250mm</td><td>1,000</td><td>71,742</td><td>71,74</td></tr><tr><td>3% Costes indirectos</td><td></td><td></td><td>2,45</td></tr></table>	Oficial primera	0,324	10,710	3,47	Peón ordinario	0,324	10,240	3,32	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,147	11,440	1,68	Tractor grúa hasta 1,5 t.	0,020	9,664	0,19	Arena de río 0/5 mm.	0,110	11,340	1,25	Tubería fundición dúctil D=250mm	1,000	71,742	71,74	3% Costes indirectos			2,45			12,70
Oficial primera	0,324	10,710	3,47																													
Peón ordinario	0,324	10,240	3,32																													
Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,147	11,440	1,68																													
Tractor grúa hasta 1,5 t.	0,020	9,664	0,19																													
Arena de río 0/5 mm.	0,110	11,340	1,25																													
Tubería fundición dúctil D=250mm	1,000	71,742	71,74																													
3% Costes indirectos			2,45																													
2.2.5	ud Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 125mm con radio de curvatura estándar 1 × D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje. (Mano de obra) <table><tr><td>Oficial 1ª Fontanero/Calefactor</td><td>0,600</td><td>11,440</td><td>6,86</td></tr><tr><td>Oficial 2ª Fontanero/Calefactor</td><td>0,600</td><td>11,150</td><td>6,69</td></tr></table> (Materiales) <table><tr><td>Codo PVC-O i/juntas D=125mm</td><td>1,000</td><td>79,340</td><td>79,34</td></tr><tr><td>3% Costes indirectos</td><td></td><td></td><td>2,79</td></tr></table>	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,600	11,440	6,86	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,600	11,150	6,69	Codo PVC-O i/juntas D=125mm	1,000	79,340	79,34	3% Costes indirectos			2,79			84,10												
Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,600	11,440	6,86																													
Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,600	11,150	6,69																													
Codo PVC-O i/juntas D=125mm	1,000	79,340	79,34																													
3% Costes indirectos			2,79																													
				95,68																												

2.2.6	ud Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 160 mm con radio de curvatura estándar 1 × D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,564	11,440	6,45	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,564	11,150	6,29	
	(Materiales)				
	Codo PVC-O i/juntas D=160mm	1,000	89,521	89,52	
	3% Costes indirectos			3,07	
					105,33
2.2.7	ud Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 180 mm con radio de curvatura estándar 1 × D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,438	11,440	5,01	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,438	11,150	4,88	
	(Materiales)				
	Codo PVC-O i/juntas D=180mm	1,000	104,497	104,50	
	3% Costes indirectos			3,43	
					117,82
2.3 Elementos de seguridad y control					
2.3.1	ud Válvula de compuerta de fundición de 150 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,900	11,440	10,30	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,900	11,150	10,04	
	(Materiales)				
	Vál.compuerta cie/metál D=150 mm	1,000	170,800	170,80	
	3% Costes indirectos			5,73	
					196,87
2.3.2	ud Válvula de compuerta de fundición de 100 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,600	11,440	6,86	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,600	11,150	6,69	
	(Materiales)				
	Vál.compuerta cie/metál D=100 mm	1,000	105,430	105,43	

	3% Costes indirectos		3,57	
2.3.3	ud Válvula de compuerta de fundición de 200 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada. (Mano de obra)			122,55
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	1,100	11,440	12,58
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	1,100	11,150	12,27
	(Materiales)			
	Vál.compuerta cie/metál D=200 mm	1,000	272,800	272,80
	3% Costes indirectos			8,93
2.3.4	ud Ventosa/purgador automático 3 funciones, de fundición, con brida, de 60 mm. de diámetro, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada. (Mano de obra)			306,58
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,800	11,440	9,15
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,800	11,150	8,92
	(Materiales)			
	Ventosa/purgador autom.D=60 mm.	1,000	551,800	551,80
	3% Costes indirectos			17,10
2.3.5	ud Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje. (Mano de obra)			586,97
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,882	11,440	10,09
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,882	11,150	9,83
	(Materiales)			
	Válv. Antirretorno.DC/ s.D=125mm	1,000	155,259	155,26
	3% Costes indirectos			5,26
2.3.6	ud Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje. (Mano de obra)			180,44
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,800	11,440	9,15
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,800	11,150	8,92
	(Materiales)			

	Válv. Antirretorno. DC/ s.D=150mm	1,000	119,690	119,69	
	3% Costes indirectos			4,13	
					141,89
2.3.7	ud Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 16, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje. (Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	2,035	11,440	23,28	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	2,035	11,150	22,69	
	(Maquinaria)				
	Tractor grúa hasta 1,5 t.	1,200	9,664	11,60	
	(Materiales)				
	Válv. Antirretorno. DC/ s.D=200mm	1,000	366,153	366,15	
	3% Costes indirectos			12,71	
					436,43
2.3.8	ud Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje. (Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,767	11,440	8,77	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,767	11,150	8,55	
	(Materiales)				
	Vál. Antirretorno. CS/ st. D=125 mm	1,000	138,825	138,83	
	3% Costes indirectos			4,68	
					160,83
2.3.9	ud Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje. (Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,570	11,440	6,52	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,570	11,150	6,36	
	(Materiales)				
	Vál. Antirretorno. CS/ st. D=150 mm	1,000	174,732	174,73	
	3% Costes indirectos			5,63	
					193,24

2.3.10	ud Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.				
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,600	11,440	6,86	
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,600	11,150	6,69	
	(Materiales)				
	Vál. Antirretorno. CS/ st. D=200 mm	1,000	237,520	237,52	
	3% Costes indirectos			7,53	
					258,60
2.4.1	2.4 Anclajes y refuerzos				
	m. Refuerzo de conducciones de agua, de diámetro igual o menor de 250 mm., con losa de hormigón en masa HM-20/B/20/I, elaborado en central, de 30 cm. de espesor, i/cajeado, vibrado y arreglo de tierras, totalmente ejecutado.				
	(Mano de obra)				
	Oficial primera	0,200	10,710	2,14	
	Peón ordinario	0,200	10,240	2,05	
	(Maquinaria)				
	Vibrador hormigón gasolina 50 mm	0,150	2,250	0,34	
	(Materiales)				
	Hormigón HM-20/B/20/I central	0,340	47,590	16,18	
	3% Costes indirectos			0,62	
					21,33
2.4.2	ud Dado de anclaje para codo de 45° o 90° en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 60 y 225 mm., con hormigón HM-20/B/20/I, elaborado en central para relleno del dado, i/excavación, encofrado, colocación de armaduras, vibrado, desencofrado y arreglo de tierras.				
	(Mano de obra)				
	Oficial primera	0,450	10,710	4,82	
	Peón ordinario	0,450	10,240	4,61	
	Oficial 1ª Encofrador	0,194	10,810	2,10	
	Ayudante- Encofrador	0,194	10,400	2,02	
	(Maquinaria)				
	Vibrador hormigón gasolina 50 mm	0,070	2,250	0,16	
	(Materiales)				
	Madera pino encofrar 26 mm.	0,013	184,090	2,39	
	Hormigón HM-20/B/20/I central	0,057	47,590	2,71	
	Puntas 20x100	0,032	1,020	0,03	
	Alambre atar 1,30 mm.	0,065	1,200	0,08	

	Acero co. elab. y arma. B 400 S	1,400	0,670	0,94	
	(Por redondeo)			-0,03	
	3% Costes indirectos			0,59	
					20,42
	3 Sistemas de riego				
	3.1 Cimentación				
3.1.1	m3 Hormigón armado HA-30/B/20/Ila, de 30 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 20 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de losa de cimentación, incluso armadura (50 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado, curado y colocado. Según EHE. (Mano de obra)				
	Oficial primera	0,350	10,710	3,75	
	Peón ordinario	0,550	10,240	5,63	
	Oficial 1ª Ferrallista	0,500	10,710	5,36	
	Ayudante- Ferrallista	0,500	10,400	5,20	
	(Maquinaria)				
	Grúa torre automontante 40 txm.	0,200	22,060	4,41	
	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,350	2,250	0,79	
	(Materiales)				
	Hormigón HA-30/B/20/Ila central	1,100	53,000	58,30	
	Alambre atar 1,30 mm.	0,250	1,200	0,30	
	Acero corrugado B 500 S	54,000	1,510	81,54	
	(Resto obra)			0,10	
	3% Costes indirectos			4,96	
					170,34
	3.2 Estructura pivot				
3.2.1	ud Suministro e instalación de tramo de 53.5 m para pivote de riego central, formado por estructura tubular en acero galvanizado en caliente, tubería portante, torre motriz con motorreductor, transmisión y sistema de alineación. Cada tramo incorpora boquillas y emisores regulados, cableado de mando entre torres, protecciones de desalineación y elementos de seguridad del conjunto. Incluye montaje estructural, nivelación, conexionado eléctrico entre torres y pruebas de funcionamiento. No incluye cimentaciones, acometida eléctrica al pivote ni obra civil asociada. (Mano de obra)				
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	103,736	11,440	1.826,74	
	Ayudante-Fontanero/Calefactor	103,733	10,550	1.094,38	
	(Materiales)				
	Collarín toma poliprop.D=32 mm.	1,000	1.024,043	1.024,04	
	Adaptador metál.tobera difusor	1,000	1.515,306	1.515,31	
	Tobera macho metal sector fijo	1,000	1.010,204	1.010,20	
	Bobina metálica conex.apara.1/2"	1,000	3.238,189	3.238,19	
	Pequeño material inst.hidráulic.	0,150	0,143	0,02	

	3% Costes indirectos		272,07	
3.2.2	ud Suministro e instalación de torre central para pivote de riego, formada por estructura principal en acero galvanizado en caliente, junta rotativa de alimentación, tubería vertical y codo de entrada, soporte de giro y anclajes. Incluye panel de control principal, protecciones eléctricas, cableado de mando hacia las torres, sistema de seguridad y dispositivos de fin de carrera. Se contempla el montaje completo, conexionado hidráulico y eléctrico en cabecera y pruebas de funcionamiento. No incluye cimentación de hormigón ni acometida eléctrica exterior al pivote. (Mano de obra)			9.340,95
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	65,181	11,440	745,67
	Ayudante-Fontanero/Calefactor	65,182	10,550	687,67
	(Materiales)			
	Collarín toma poliprop.D=50 mm.	1,000	224,800	224,80
	Boca riego equipada	1,000	9.532,844	9.532,84
	Pequeño material inst.hidráulic.	2,000	0,143	0,29
	3% Costes indirectos			335,77
3.2.3	ud Suministro e instalación de voladizo final para pivot de riego de aproximadamente 18,6 m de longitud, compuesto por estructura metálica galvanizada, tramo final con tubería portante, cables de tracción, tirantes, ruedas y elementos de unión necesarios para su integración en el equipo existente. El concepto incluye el montaje mecánico, nivelación, conexionado hidráulico, ajuste de alineación y verificación del correcto funcionamiento del conjunto, garantizando la continuidad del riego en el extremo del pivot y la ampliación del radio de cobertura. (Mano de obra)			11.527,01
	Ayudante	6,273	10,400	65,24
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	6,273	11,440	71,76
	(Materiales)			
	Estructura tensora	18,600	47,590	885,17
	Collarín toma poliprop.D=40 mm.	1,000	44,914	44,91
	Boca riego bayoneta c/llave	1,000	1.048,842	1.048,84
	Bobina metálica conex.aparat.	1,000	299,347	299,35
	Pequeño material inst.hidráulic.	2,500	0,143	0,36
	3% Costes indirectos			45,96
3.3	3.3 Automatismos			1.576,62
3.3.1	ud Suministro e instalación de un sistema de automatización avanzado para pivot de riego, compuesto por unidad de control central, receptor GPS de alta precisión, sensores de posición y velocidad, comunicaciones inalámbricas y módulo de gestión remota. El sistema permite el control del pivot desde plataforma web o aplicación móvil, programación de sectores, ajuste de velocidades, arranque y parada remotos, monitorización de presiones y caudales, alarmas de fallo y registro de datos de operación. Incluye la instalación de los equipos electrónicos, cableado y antenas, configuración del sistema, integración con el cuadro existente del pivot y verificación del correcto funcionamiento del conjunto. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	13,948	11,440	159,57

	Ayudante-Fontanero/Calefactor	13,948	10,550	147,15	
	(Materiales)				
	Equipo mando riego.	1,000	1.159,600	1.159,60	
	Pequeño material inst.hidráulic.	10,000	0,143	1,43	
	3% Costes indirectos			44,18	
					3.033,80
	4 Cabezal de bombeo				
	4.1 Infraestructura de protección				
4.1.1	m2 Caseta prefabricada modular, medida por metro cuadrado, formada por paneles tipo sándwich con aislamiento térmico (espesor según especificación), estructura metálica galvanizada, cubierta ligera impermeabilizada, carpinterías metálicas, puerta de acceso y acabados interiores básicos. Incluye suministro, transporte, descarga, montaje en obra, nivelación y anclajes necesarios. No incluye la solera de hormigón ni las acometidas eléctricas, hidráulicas o sanitarias.				
	(Mano de obra)				
	Oficial primera	3,613	10,710	38,70	
	Ayudante	3,613	10,400	37,58	
	Peón ordinario	1,807	10,240	18,50	
	(Maquinaria)				
	Grúa telescópica s/camión 20 t.	0,200	604,671	120,93	
	Puntal telescópico 3m., 1,5 t.	0,010	171,821	1,72	
	(Materiales)				
	Carpintería aluminio	1,100	43,211	47,53	
	Paneles prefabricados de hormigón	1,000	1.140,108	1.140,11	
	(Por redondeo)			-0,01	
	3% Costes indirectos			42,15	
					1.447,21
4.1.2	m2 Solera de hormigón armado de 15 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila, de central, i/vertido, curado, colocación y armado con # 15x15/8, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado.				
	(Mano de obra)				
	Oficial primera	0,090	10,710	0,96	
	Peón ordinario	0,090	10,240	0,92	
	Oficial 1ª Ferrallista	0,018	10,710	0,19	
	Ayudante- Ferrallista	0,018	10,400	0,19	
	(Materiales)				
	Hormigón HA-25/B/20/Ila central	0,158	50,580	7,99	
	ME 15x15 A Ø 8-8 B500T 6x2.2 (4,735 kg/m2)	1,569	3,780	5,93	
	(Por redondeo)			-0,01	
	3% Costes indirectos			0,49	
					16,66

4.2 Unidades de bombeo																																															
4.2.1	ud Suministro e instalación de electrobomba sumergible multicelular de eje vertical, construida íntegramente en acero inoxidable para servicio en captaciones profundas, con cuerpo hidráulico y rodetes en acero inoxidable AISI 304 y bridas normalizadas. Equipada con motor sumergible trifásico de alta eficiencia, apto para servicio continuo S1, protección IP68, tensión 3×400 V, y potencia nominal en el entorno de 60–65 kW, adecuada para caudales elevados (~ 200–250 m³/h) y alturas manométricas medias (~ 55–70 m). El conjunto se completa con cuadro de maniobra en armario metálico para intemperie, dotado de interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico de línea, contactor de potencia, relé térmico/guardamotor y elementos auxiliares de control y señalización, cumpliendo los requisitos del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.). Se incluye la instalación completa de la electrobomba, con su montaje en pozo, conexionado en cabeza, pruebas hidráulicas y verificación de parámetros eléctricos y mecánicos. No se incluye el suministro de la válvula de retención (instalada por separado), ni el cableado eléctrico hasta el cuadro de mando, ni los medios mecánicos de izado y descenso. (Mano de obra) <table> <tr> <td>Oficial primera</td><td>10,327</td><td>10,710</td><td>110,60</td></tr> <tr> <td>Peón ordinario</td><td>10,327</td><td>10,240</td><td>105,75</td></tr> <tr> <td>Oficial 1ª Fontanero/Calefactor</td><td>9,914</td><td>11,440</td><td>113,42</td></tr> <tr> <td>Ayudante-Fontanero/Calefactor</td><td>9,914</td><td>10,550</td><td>104,59</td></tr> <tr> <td>Oficial 1ª Electricista</td><td>4,131</td><td>11,440</td><td>47,26</td></tr> </table> (Materiales) <table> <tr> <td>Electrobomba sumergible 65 KW</td><td>1,000</td><td>13.995,034</td><td>13.995,03</td></tr> <tr> <td>Cuadro mando electrobom. 60-65 KW</td><td>1,000</td><td>3.278,012</td><td>3.278,01</td></tr> <tr> <td>Válvula de pie/retención 4"</td><td>1,000</td><td>208,072</td><td>208,07</td></tr> <tr> <td>Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes</td><td>45,000</td><td>0,239</td><td>10,76</td></tr> <tr> <td>Pequeño material inst.hidráulic.</td><td>35,000</td><td>0,143</td><td>5,01</td></tr> <tr> <td>3% Costes indirectos</td><td></td><td></td><td>539,36</td></tr> </table>			Oficial primera	10,327	10,710	110,60	Peón ordinario	10,327	10,240	105,75	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	9,914	11,440	113,42	Ayudante-Fontanero/Calefactor	9,914	10,550	104,59	Oficial 1ª Electricista	4,131	11,440	47,26	Electrobomba sumergible 65 KW	1,000	13.995,034	13.995,03	Cuadro mando electrobom. 60-65 KW	1,000	3.278,012	3.278,01	Válvula de pie/retención 4"	1,000	208,072	208,07	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	45,000	0,239	10,76	Pequeño material inst.hidráulic.	35,000	0,143	5,01	3% Costes indirectos			539,36
Oficial primera	10,327	10,710	110,60																																												
Peón ordinario	10,327	10,240	105,75																																												
Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	9,914	11,440	113,42																																												
Ayudante-Fontanero/Calefactor	9,914	10,550	104,59																																												
Oficial 1ª Electricista	4,131	11,440	47,26																																												
Electrobomba sumergible 65 KW	1,000	13.995,034	13.995,03																																												
Cuadro mando electrobom. 60-65 KW	1,000	3.278,012	3.278,01																																												
Válvula de pie/retención 4"	1,000	208,072	208,07																																												
Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	45,000	0,239	10,76																																												
Pequeño material inst.hidráulic.	35,000	0,143	5,01																																												
3% Costes indirectos			539,36																																												
4.2.2	ud Suministro e instalación de electrobomba centrífuga horizontal de voluta, construida en fundición gris con impulsor de fundición equilibrado dinámicamente y eje en acero inoxidable, adecuada para bombeo de agua limpia en instalaciones agrícolas. Equipada con motor trifásico de alta eficiencia IE4 de aproximadamente 30 kW de potencia, protección IP55, montaje IM B35, y apta para servicio continuo en condiciones de trabajo exigentes. La bomba dispone de conexiones DN100 en aspiración y DN80 en impulsión, bridas PN16 según EN 1092-2, cierre mecánico tipo industrial y rendimiento hidráulico elevado para caudales en torno a 140 m³/h y alturas de 40 m. Incluye cuadro de maniobra para intemperie, con interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico, contactor y relé guardamotor, conforme al R.E.B.T. Se contempla la instalación completa, alineación bomba-motor, conexionado eléctrico en sala o caseta, y pruebas de funcionamiento. No incluye válvula de retención, ni cableado hasta el cuadro, ni medios mecánicos de manipulación. (Mano de obra) <table> <tr> <td>Oficial primera</td><td>23,366</td><td>10,710</td><td>250,25</td></tr> <tr> <td>Peón ordinario</td><td>23,366</td><td>10,240</td><td>239,27</td></tr> <tr> <td>Oficial 1ª Fontanero/Calefactor</td><td>45,358</td><td>11,440</td><td>518,90</td></tr> <tr> <td>Ayudante-Fontanero/Calefactor</td><td>45,358</td><td>10,550</td><td>478,53</td></tr> <tr> <td>Oficial 1ª Electricista</td><td>15,119</td><td>11,440</td><td>172,96</td></tr> </table> (Materiales)			Oficial primera	23,366	10,710	250,25	Peón ordinario	23,366	10,240	239,27	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	45,358	11,440	518,90	Ayudante-Fontanero/Calefactor	45,358	10,550	478,53	Oficial 1ª Electricista	15,119	11,440	172,96																								
Oficial primera	23,366	10,710	250,25																																												
Peón ordinario	23,366	10,240	239,27																																												
Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	45,358	11,440	518,90																																												
Ayudante-Fontanero/Calefactor	45,358	10,550	478,53																																												
Oficial 1ª Electricista	15,119	11,440	172,96																																												
			18.517,86																																												

	Electrob.cent.monoc.hor. 30 KW	1,000	3.652,241	3.652,24	
	Cuadro mando electrobomba 30KW	1,000	2.607,251	2.607,25	
	Válvula de pie/retención 2 1/2"	1,000	204,644	204,64	
	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	25,000	0,239	5,98	
	Pequeño material inst.hidráulic.	180,000	0,143	25,74	
	3% Costes indirectos			244,67	
4.2.3	ud Suministro e instalación de electrobomba centrífuga horizontal de voluta, construida en fundición gris con impulsor de fundición equilibrado dinámicamente y eje en acero inoxidable, adecuada para bombeo de agua limpia en instalaciones agrícolas. Equipada con motor trifásico de alta eficiencia IE4 de aproximadamente 30 kW de potencia, protección IP55, montaje IM B35, y apta para servicio continuo en condiciones de trabajo exigentes. La bomba dispone de conexiones DN80 en aspiración y DN65 en impulsión, con bridas PN16 según EN 1092-2, cierre mecánico tipo industrial y rendimiento hidráulico elevado para caudales en torno a 90 m³/h y alturas de 60 m. Incluye cuadro de maniobra para intemperie, con interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico, contactor y relé guardamotor, conforme al R.E.B.T. Se contempla la instalación completa, alineación bomba-motor, conexionado eléctrico en sala o caseta, y pruebas de funcionamiento. No incluye válvula de retención, ni cableado hasta el cuadro, ni medios mecánicos de manipulación. (Mano de obra)				8.400,43
	Oficial primera	21,037	10,710	225,31	
	Peón ordinario	21,037	10,240	215,42	
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	40,764	11,440	466,34	
	Ayudante-Fontanero/Calefactor	40,764	10,550	430,06	
	Oficial 1ª Electricista	11,835	11,440	135,39	
	(Materiales)				
	Electrob.cent.monoc.vert. 30 KW	1,000	2.858,466	2.858,47	
	Cuadro mando electrobomba 30 KW	1,000	2.201,449	2.201,45	
	Válvula de pie/retención 2"	1,000	92,404	92,40	
	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	22,000	0,239	5,26	
	Pequeño material inst.hidráulic.	160,000	0,143	22,88	
	3% Costes indirectos			199,59	
4.2.4	ud Suministro e instalación de variador de frecuencia trifásico 400 V para bomba de hasta 60 kW, con control vectorial, función PID integrada, filtro EMC categoría C3, unidad de frenado, protecciones electrónicas de motor, pantalla de parametrización y grado de protección mínimo IP20, incluyendo fijación, conexionado, programación y pruebas de funcionamiento. (Mano de obra)				6.852,57
	Oficial 1ª Electricista	11,848	11,440	135,54	
	Ayudante-Electricista	11,849	10,560	125,13	
	(Materiales)				
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03	
	Mód.prot.y medida<30A.2cont.trif	1,000	2.766,449	2.766,45	

	3% Costes indirectos		90,81	
4.2.5	ud Suministro e instalación de variador de frecuencia trifásico 400 V para bomba de hasta 30 kW, con control vectorial sensorless, regulación PID, filtro EMC integrado, unidad de frenado, protecciones térmicas y de sobrecarga, módulo de comunicación estándar y grado de protección IP20, incluyendo montaje, conexionado, parametrización y pruebas. (Mano de obra)			3.117,96
	Oficial 1ª Electricista	9,779	11,440	111,87
	Ayudante-Electricista	9,777	10,560	103,25
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	Mód.prot.y medida<30A.1cont.trif	1,000	1.589,818	1.589,82
	3% Costes indirectos		54,15	
4.3.1	4.3 Unidades de filtrado y registro ud Suministro e instalación de filtro de malla automático autolimpiante, tipo Filtomat, construido en acero al carbono con recubrimiento epoxi y malla interior en acero inoxidable 316L, adecuado para filtración de agua en instalaciones agrícolas. Sistema de limpieza hidráulico, sin necesidad de alimentación eléctrica externa, con control por presión diferencial y ciclo automático de retrolavado sin interrupción del caudal aguas abajo. El equipo dispone de grados de filtración entre 500 y 80 micras, caudales admisibles según modelo (hasta 400 m³/h en la serie M100 y hasta 800 m³/h en la serie MG), y conexiones bridadas PN16 conforme a ISO 1092-2. Incluye controlador ADI-P, con registro de ciclos, alarmas, monitorización de presión diferencial y comunicación Bluetooth® para supervisión mediante aplicación móvil. Se contempla la instalación completa, conexionado hidráulico, puesta en marcha y verificación de funcionamiento. No incluye válvulas adicionales, colectores, ni obra civil asociada (Mano de obra)			1.859,12
	Peón ordinario	9,058	10,240	103,62
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	9,058	11,440	92,75
	(Materiales)			
	Filtro de malla automat.	1,000	15.306,960	5.306,96
	3% Costes indirectos		165,10	
4.3.2	ud Contador Woltman de agua, tipo horizontal/vertical según especificación, con diámetro nominal DN 125, clase de exactitud y caudal según norma vigente (R100), construido en hierro fundido o latón, con cuerpo, turbina, eje y rodamiento según fabricante, provisto de cierre hermético y sello de garantía. Incluye suministro, transporte, instalación sobre tubería, conexión mediante bridas o racores según proyecto, alineación, puesta a nivel, fijación y pruebas de estanqueidad. No incluye protección adicional, obra civil ni accesorios auxiliares de montaje. (Mano de obra)			5.668,43
	Oficial 1ª Electricista	3,691	11,440	42,23
	Ayudante-Electricista	3,691	10,560	38,98
	(Materiales)			
	Contador Woltman DN125	1,000	281,694	281,69
	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	8,000	0,239	1,91

	3% Costes indirectos		10,94	
				375,75
4.3.3	ud Contador Woltman de agua, tipo horizontal/vertical según especificación, con diámetro nominal DN 150, clase de exactitud y caudal según norma vigente (R100), construido en hierro fundido o latón, con cuerpo, turbina, eje y rodamiento según fabricante, provisto de cierre hermético y sello de garantía. Incluye suministro, transporte, instalación sobre tubería, conexión mediante bridas o racores según proyecto, alineación, puesta a nivel, fijación y pruebas de estanqueidad. No incluye protección adicional, obra civil ni accesorios auxiliares de montaje. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	4,855	11,440	55,54
	Ayudante-Electricista	4,855	10,560	51,27
	(Materiales)			
	Contador Woltman DN150	1,000	421,960	421,96
	Pequeño mat.eléctr.inst.fuentes	5,000	0,239	1,20
	3% Costes indirectos		15,90	
				545,87
	5 Instalación eléctrica y energética			
	5.1 Centro fotovoltaico			
5.1.1	ud Suministro e instalación de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de alta eficiencia, con potencia unitaria aproximada de 535 Wp, tecnología half-cut y 144 células, eficiencia superior al 21 % y aptos para sistemas de 1500 V. Se incluyen sus dimensiones estándar de gran formato, adecuadas para maximizar la producción energética y reducir pérdidas en el cableado. El concepto contempla el montaje de los paneles sobre la estructura prevista, su conexionado en corriente continua, fijaciones, protecciones y comprobación final del correcto funcionamiento del generador fotovoltaico. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	0,500	11,440	5,72
	Ayudante-Electricista	0,500	10,560	5,28
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	Módulos solares mon.crist. 535 wp	1,000	146,330	146,33
	3% Costes indirectos		4,72	
				162,08
5.1.2	ud Estructura metálica de seguidor solar por módulo, formada por marco portamódulos en perfiles de acero galvanizado S275-S355, espesor 2,5-4 mm, con grapas de fijación y tornillería inoxidable; tramo proporcional de eje de giro en tubo estructural galvanizado de Ø80-120 mm y espesor 4-6 mm, dimensionado para cargas de viento según UNE-EN 1991; y pilar hincado de apoyo en perfil tipo C/Sigma/H de 1,8-2,5 m de longitud, hincado al terreno mediante maquinaria específica, incluyendo alineación, nivelación y fijaciones necesarias para la estabilidad del conjunto. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Cerrajero	0,124	11,440	1,42
	Ayudante-Cerrajero	0,062	10,560	0,65
	(Materiales)			
	Estructura portante mod.solar	1,000	28,144	28,14
	Premarco aluminio	4,800	1,145	5,50

	3% Costes indirectos		1,07	
				36,78
5.1.3	ud Suministro e instalación de inversor trifásico de alta potencia para sistemas fotovoltaicos, con capacidad aproximada de 175 kW, múltiples seguidores MPPT, apto para operación en exteriores y con protección IP66. El concepto incluye su montaje, conexionado en corriente continua y alterna, configuración básica, comprobación de funcionamiento y puesta en marcha del equipo (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	16,180	11,440	185,10
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	Arm. puerta opaca 12 mód.	1,000	594,028	594,03
	Inversor trifásico 175KW	1,000	2.206,227	2.206,23
	PIA (I+N) 10 A.	1,000	587,326	587,33
	PIA (I+N) 16 A	1,000	598,189	598,19
	PIA (I+N) 20 A	1,000	616,218	616,22
	PIA (I+N) 25 A	2,000	627,313	1.254,63
	3% Costes indirectos		181,25	
				6.223,01
5.1.4	ud Caja general protección 250 A. incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 250 A. para protección de la línea repartidora, situada en fachada o interior nicho mural. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	0,684	11,440	7,82
	Ayudante-Electricista	0,684	10,560	7,22
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	Caja protec. 250A(III+N)+fusib	1,000	206,777	206,78
	3% Costes indirectos		6,66	
				228,51
5.1.5	ud Suministro e instalación de sistema de control para seguidor solar, compuesto por inclinómetro/encoder de precisión =0,1°, sensor de irradiancia, anemómetro y caja de control con autómata, protecciones y comunicaciones RS-485/CANbus, con salidas de mando para actuadores. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	1,700	11,440	19,45
	Ayudante-Electricista	1,700	10,560	17,95
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	Colum.15 contadores mono.+reloj	1,000	781,610	781,61
	3% Costes indirectos		24,57	
				843,61

5.1.6	ud Suministro y montaje de motorreductor eléctrico para seguidor solar de un eje, con par nominal =1.200 Nm, protección IP65, soporte metálico, acoplamiento al eje principal y finales de carrera, incluyendo fijaciones y conexionado. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Fontanero/Calefactor	0,773	11,440	8,84
	Oficial 2ª Fontanero/Calefactor	0,773	11,150	8,62
	Oficial 1ª Electricista	0,129	11,440	1,48
	(Materiales)			
	Motor red. Seguidor solar	1,000	574,684	574,68
	Regulador de corriente	1,000	25,412	25,41
	Estructura de fijación acero galv.	1,000	9,438	9,44
	3% Costes indirectos			18,85
				647,32
	5.2 Grupo electrógeno			
5.2.1	ud El concepto incluye el suministro, transporte, instalación y puesta en marcha de un grupo electrógeno diésel industrial de 130-140 kva con depósito integrado, cabina insonorizada y silenciador. Se contempla su colocación sobre la bancada preparada, las conexiones eléctricas y de combustible, el montaje del sistema de escape, la verificación de protecciones, la carga de fluidos, las pruebas de funcionamiento y la entrega del equipo completamente operativo conforme a normativa vigente. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	114,667	11,440	1.311,79
	Ayudante-Electricista	114,666	10,560	1.210,87
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	Grup. Electrógeno 130-140 kva	1,000	24.058,394	24.058,39
	3% Costes indirectos			797,43
				27.378,51
	5.3 Cableado			
5.3.1	m. Suministro e instalación de cable de potencia de cobre tipo RZ1-K (AS), libre de halógenos y apto para 0,6/1 kV, destinado a la conexión en alterna entre inversores, cuadros eléctricos y punto de entrega. Incluye tendido en bandeja o canalización, fijaciones, identificación y pruebas de continuidad y aislamiento. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	0,188	11,440	2,15
	Oficial 2ª Electricista	0,188	11,150	2,10
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	Cond. ríg. 750 V 6 mm2 Cu	3,000	0,413	1,24
	Cable eléctrico RZ1-K	1,000	1,570	1,57
	3% Costes indirectos			0,21
				7,30

5.3.2	m. Suministro e instalación de cable solar unipolar tipo H1Z2Z2-K, apto para sistemas fotovoltaicos de hasta 1500 V en corriente continua, con doble aislamiento, resistencia UV y certificación para uso en exterior. Incluye tendido del cableado entre módulos e inversores, fijaciones, conectores compatibles y comprobación del correcto aislamiento y continuidad. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	0,073	11,440	0,84
	Oficial 2ª Electricista	0,073	11,150	0,81
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	Cond. ríg. 750 V 10 mm ² Cu	3,000	0,275	0,83
	Cable eléctrico H1Z2Z2-K	1,000	1,570	1,57
	3% Costes indirectos			0,12
				4,20
	6 Seguridad perimetral y videovigilancia			
6.1	m Suministro e instalación de cerramiento perimetral mediante malla de simple torsión galvanizada, altura según proyecto, con luz de malla 50×50 mm y alambre galvanizado de alta resistencia, fijada sobre postes metálicos cuadrados 40×40×4 mm galvanizados en caliente, colocados cada 2,5–3,0 m, incluyendo tensores, alambres de refuerzo superior e inferior, anclajes, cimentación puntual mediante dados de hormigón (si procede), alineación, tensado y remates finales, dejando el cerramiento completamente instalado y operativo. (Mano de obra)			
	Peón ordinario	0,063	10,240	0,65
	(Materiales)			
	Valla obra ext. reflec.acordeón	1,000	22,538	22,54
	3% Costes indirectos			0,70
				23,89
6.2	ud Suministro e instalación de cámara de videovigilancia IP para exterior, con resolución mínima 4 MP, óptica varifocal, iluminación infrarroja de largo alcance, carcasa antivandálica IP66/IK10, alimentación PoE, detección inteligente de movimiento y análisis básico de intrusión, incluyendo soporte, fijaciones, conexionado a red, configuración en grabador/NVR y pruebas de funcionamiento. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	2,806	11,440	32,10
	(Materiales)			
	Pequeño material	1,000	0,027	0,03
	CCTV 4MP	1,000	235,950	235,95
	3% Costes indirectos			8,04
				276,12
6.3	ud Suministro e instalación de cuadro de control para sistema de videovigilancia, compuesto por grabador NVR con capacidad para las cámaras instaladas, disco duro de almacenamiento, switch PoE para alimentación y comunicaciones, módulo de gestión de alarmas con salidas programables, protecciones eléctricas, fuente de alimentación estabilizada y elementos de comunicación remota, incluyendo montaje, cableado interno, configuración de red, programación de eventos y pruebas de activación de alarma. (Mano de obra)			
	Oficial 1ª Electricista	16,339	11,440	186,92

(Materiales)				
Pequeño material	1,000	0,027	0,03	
Caja para ICP (4p), s> 10	1,000	664,627	664,63	
3% Costes indirectos			25,55	
				877,13

En Valladolid, a 16 de febrero de 2026

Luis Álvarez Guillén

Alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

3. PRESUPUESTOS PARCIALES

Presupuesto parcial nº 1 Balsa de riego

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	M2	Desbroce y limpieza superficial de terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm., con carga sobre camión de los productos resultantes. Se incluye el área destinada al resto de instalaciones cercanas a la balsa.			
		Total m2:	6.500,000	0,33	2.145,00
<i>1.2.- Movimiento de tierras</i>					
1.2.1	M3	Desmante en tierra a cielo abierto con medios mecánicos, incluso perfilado y carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación.			
		Total m3:	3.700,000	1,58	5.846,00
1.2.2	M3	Terraplén con productos procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido en tongadas de 30 cms. de espesor, humectación y compactación hasta el 95% del proctor modificado, incluso perfilado de taludes, rasanteo de la superficie de coronación y preparación de la superficie de asiento, totalmente terminado.			
		Total m3:	2.000,000	1,74	3.480,00
		<i>Total subcapítulo 1.2.- Movimiento de tierras:</i>			<i>9.326,00</i>
<i>1.3.- Impermeabilización</i>					
1.3.1	M2	Geotextil no tejido de filamentos de polipropileno "virgen", unidos mecánicamente por agujado y calandrado, estabilizados frente a los rayos UV, gramajes de 201 a 260 g/m ² , resistencia a la tracción de 20 KN/m, resistencia estática mediante ensayo tipo CBR según UNE-EN ISO 12236; a pie de obra.			
		Total m2:	3.675,000	1,67	6.137,25
1.3.2	M2	Lámina de polietileno de alta densidad de 1,5 mm de espesor, para impermeabilización de balsas, a pie de obra.			
		Total m2:	3.675,000	5,89	21.645,75
		<i>Total subcapítulo 1.3.- Impermeabilización:</i>			<i>27.783,00</i>
		Total presupuesto parcial nº 1 Balsa de riego :			39.254,00

Presupuesto parcial nº 2 Canalizaciones y elementos hidráulicos

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
<i>2.1.- Movimiento de tierras</i>					
2.1.1	M3	Excavación en zanja y/o pozos en tierra, incluso carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación.			
		Total m3	982,000	1,93	1.895,26
2.1.2	M3	Relleno localizado en zanjas con productos seleccionados procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.			
		Total m3	491,000	2,75	1.350,25
2.1.3	M3	Relleno de arena en zanjas, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.			
		Total m3	491,000	9,53	4.679,23
<i>Total subcapítulo 2.1.- Movimiento de tierras:</i>					<i>7.924,74</i>
<i>2.2.- Codos y tuberías</i>					
2.2.1	M.	Tubería de PVC-O de 125 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada.			
		Total m.	743,000	7,85	5.832,55
2.2.2	M.	Tubería de PVC-O de 180 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada.			
		Total m.	241,000	14,56	3.508,96
2.2.3	M.	Tubería de PVC-O de 160 mm. de diámetro nominal, unión por junta de goma, para una presión de trabajo de 6 kg/cm2., colocada en zanja sobre cama de arena de 15 cm. de espesor, con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja, colocada.			
		Total m.	20,000	11,55	231,00
2.2.4	M.	Tubería de acero galvanizado ASTM A53 Gr. B, ASME B36.10, SCH 30, de DN 200 (8", Ø 219,1 mm), destinada a la instalación vertical en pozo, colocada sobre apoyo y alineación adecuados, incluyendo preparación, presentación y montaje de uniones según especificación, así como los medios auxiliares necesarios para su izado y colocación. No incluye excavación del pozo ni trabajos de entibación o rellenos posteriores.			
		Total m.	45,000	84,10	3.784,50
2.2.5	Ud	Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 125mm con radio de curvatura estándar 1 × D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		Total ud	5,000	95,68	478,40
2.2.6	Ud	Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 160 mm con radio de curvatura estándar 1 × D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		Total ud	5,000	105,33	526,65
2.2.7	Ud	Codo de PVC-O, PN 16, ángulo 45°/90°, DN 180 mm con radio de curvatura estándar 1 × D, diseñado para conducción de agua a presión. Fabricado en PVC-Oriented (PVC-O) de alta resistencia, anticorrosivo y ligero, con soldadura por electrofusión o junta elástica según normativa aplicable (EN 1452 / ISO 1452). Incluye suministro del codo, transporte a obra, alineación y montaje sobre tubería existente, colocación de juntas si procede y pruebas de estanqueidad. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		Total ud	5,000	117,82	589,10

Total subcapítulo 2.2.- Codos y tuberías: 14.951,16

2.3.- Elementos de seguridad y control

2.3.1	Ud	Válvula de compuerta de fundición de 150 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.			
		Total ud:	2,000	196,87	393,74
2.3.2	Ud	Válvula de compuerta de fundición de 100 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.			
		Total ud:	2,000	122,55	245,10
2.3.3	Ud	Válvula de compuerta de fundición de 200 mm. de diámetro interior, cierre metal/metal, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.			
		Total ud:	1,000	306,58	306,58
2.3.4	Ud	Ventosa/purgador automático 3 funciones, de fundición, con brida, de 60 mm. de diámetro, colocada en tubería de abastecimiento de agua, i/juntas y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.			
		Total ud:	4,000	586,97	2.347,88
2.3.5	Ud	Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		Total ud:	1,000	180,44	180,44
2.3.6	Ud	Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		Total ud:	1,000	141,89	141,89
2.3.7	Ud	Válvula antirretorno de doble clapeta, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, discos y ejes en acero inoxidable, sellos elastoméricos, bridas o conexión según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 16, con cierre automático y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soporte estructural ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		Total ud:	1,000	436,43	436,43
2.3.8	Ud	Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		Total ud:	1,000	160,83	160,83
2.3.9	Ud	Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			
		Total ud:	1,000	193,24	193,24
2.3.10	Ud	Válvula antirretorno de clapeta simple, tipo estándar según norma EN/ISO aplicable, con cuerpo en hierro fundido o acero, disco de cierre oscilante y eje en acero inoxidable, sellos elastoméricos, conexiones bridadas según tubería existente, diseñada para servicio hidráulico a presión hasta PN 10, con cierre automático por gravedad/flujo inverso y mínima pérdida de carga. Incluye suministro, transporte, montaje sobre tubería existente, alineación, fijación mediante bridas o racores, pruebas de estanqueidad y ajuste final. No incluye obra civil, soportes estructurales ni accesorios adicionales fuera del paquete de montaje.			

Total ud	1,000	258,60	258,60
<i>Total subcapítulo 2.3.- Elementos de seguridad y control:</i>			<u>4.664,73</u>

2.4.- Anclajes y refuerzos

2.4.1	M.	Refuerzo de conducciones de agua, de diámetro igual o menor de 250 mm., con losa de hormigón en masa HM-20/B/20/I, elaborado en central, de 30 cm. de espesor, i/cajeado, vibrado y arreglo de tierras, totalmente ejecutado.		
		Total m.:	1,000	21,33
				21,33
2.4.2	Ud	Dado de anclaje para codo de 45° o 90° en conducciones de agua, de diámetros comprendidos entre 60 y 225 mm., con hormigón HM-20/B/20/I, elaborado en central para relleno del dado, i/excavación, encofrado, colocación de armaduras, vibrado, desencofrado y arreglo de tierras.		
		Total ud	1,000	20,42
				20,42
		<i>Total subcapítulo 2.4.- Anclajes y refuerzos:</i>		<u>41,75</u>
Total presupuesto parcial nº 2 Canalizaciones y elementos hidraulicos :				<u>27.582,38</u>

Presupuesto parcial nº 3 Sistemas de riego

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1.- Cimentación					
3.1.1	M3	Hormigón armado HA-30/B/20/Ila, de 30 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 20 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de losa de cimentación, incluso armadura (50 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado, curado y colocado. Según EHE.			
		Total m3	8,000	170,34	1.362,72
		Total subcapítulo 3.1.- Cimentación:			1.362,72
3.2.- Estructura pivot					
3.2.1	Ud	Suministro e instalación de tramo de 53.5 m para pivote de riego central, formado por estructura tubular en acero galvanizado en caliente, tubería portante, torre motriz con motorreductor, transmisión y sistema de alineación. Cada tramo incorpora boquillas y emisores regulados, cableado de mando entre torres, protecciones de desalineación y elementos de seguridad del conjunto. Incluye montaje estructural, nivelación, conexionado eléctrico entre torres y pruebas de funcionamiento. No incluye cimentaciones, acometida eléctrica al pivote ni obra civil asociada.			
		Total ud	13,000	9.340,95	121.432,35
3.2.2	Ud	Suministro e instalación de torre central para pivote de riego, formada por estructura principal en acero galvanizado en caliente, junta rotativa de alimentación, tubería vertical y codo de entrada, soporte de giro y anclajes. Incluye panel de control principal, protecciones eléctricas, cableado de mando hacia las torres, sistema de seguridad y dispositivos de fin de carrera. Se contempla el montaje completo, conexionado hidráulico y eléctrico en cabecera y pruebas de funcionamiento. No incluye cimentación de hormigón ni acometida eléctrica exterior al pivote.			
		Total ud	2,000	11.527,01	23.054,02
3.2.3	Ud	Suministro e instalación de voladizo final para pivot de riego de aproximadamente 18,6 m de longitud, compuesto por estructura metálica galvanizada, tramo final con tubería portante, cables de tracción, tirantes, ruedas y elementos de unión necesarios para su integración en el equipo existente. El concepto incluye el montaje mecánico, nivelación, conexionado hidráulico, ajuste de alineación y verificación del correcto funcionamiento del conjunto, garantizando la continuidad del riego en el extremo del pivot y la ampliación del radio de cobertura.			
		Total ud	2,000	1.576,62	3.153,24
		Total subcapítulo 3.2.- Estructura pivot:			147.639,61
3.3.- Automatismos					
3.3.1	Ud	Suministro e instalación de un sistema de automatización avanzado para pivot de riego, compuesto por unidad de control central, receptor GPS de alta precisión, sensores de posición y velocidad, comunicaciones inalámbricas y módulo de gestión remota. El sistema permite el control del pivot desde plataforma web o aplicación móvil, programación de sectores, ajuste de velocidades, arranque y parada remotos, monitorización de presiones y caudales, alarmas de fallo y registro de datos de operación. Incluye la instalación de los equipos electrónicos, cableado y antenas, configuración del sistema, integración con el cuadro existente del pivot y verificación del correcto funcionamiento del conjunto.			
		Total ud	2,000	1.511,78	3.023,56
		Total subcapítulo 3.3.- Automatismos:			3.023,56
		Total presupuesto parcial nº 3 Sistemas de riego :			152.025,89

Presupuesto parcial nº 4 Cabezal de bombeo

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1.- Infraestructura de protección					
4.1.1	M2	Caseta prefabricada modular, medida por metro cuadrado, formada por paneles tipo sándwich con aislamiento térmico (espesor según especificación), estructura metálica galvanizada, cubierta ligera impermeabilizada, carpinterías metálicas, puerta de acceso y acabados interiores básicos. Incluye suministro, transporte, descarga, montaje en obra, nivelación y anclajes necesarios. No incluye la solera de hormigón ni las acometidas eléctricas, hidráulicas o sanitarias.			
		Total m2	5,000	1.447,21	7.236,05
4.1.2	M2	Solera de hormigón armado de 15 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa, de central, i/vertido, curado, colocación y armado con # 15x15/8, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado.			
		Total m2	5,000	16,66	83,30
Total subcapítulo 4.1.- Infraestructura de protección:					7.319,35
4.2.- Unidades de bombeo					
4.2.1	Ud	Suministro e instalación de electrobomba sumergible multicelular de eje vertical, construida íntegramente en acero inoxidable para servicio en captaciones profundas, con cuerpo hidráulico y rodetes en acero inoxidable AISI 304 y bridas normalizadas. Equipada con motor sumergible trifásico de alta eficiencia, apto para servicio continuo S1, protección IP68, tensión 3x400 V, y potencia nominal en el entorno de 60–65 kW, adecuada para caudales elevados (~ 200–250 m³/h) y alturas manométricas medias (~ 55–70 m). El conjunto se completa con cuadro de maniobra en armario metálico para intemperie, dotado de interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico de línea, contactor de potencia, relé térmico/guardamotor y elementos auxiliares de control y señalización, cumpliendo los requisitos del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.). Se incluye la instalación completa de la electrobomba, con su montaje en pozo, conexionado en cabeza, pruebas hidráulicas y verificación de parámetros eléctricos y mecánicos. No se incluye el suministro de la válvula de retención (instalada por separado), ni el cableado eléctrico hasta el cuadro de mando, ni los medios mecánicos de izado y descenso.			
		Total ud	1,000	18.517,86	18.517,86
4.2.2	Ud	Suministro e instalación de electrobomba centrífuga horizontal de voluta, construida en fundición gris con impulsor de fundición equilibrado dinámicamente y eje en acero inoxidable, adecuada para bombeo de agua limpia en instalaciones agrícolas. Equipada con motor trifásico de alta eficiencia IE4 de aproximadamente 30 kW de potencia, protección IP55, montaje IM B35, y apta para servicio continuo en condiciones de trabajo exigentes. La bomba dispone de conexiones DN100 en aspiración y DN80 en impulsión, bridas PN16 según EN 1092-2, cierre mecánico tipo industrial y rendimiento hidráulico elevado para caudales en torno a 140 m³/h y alturas de 40 m. Incluye cuadro de maniobra para intemperie, con interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico, contactor y relé guardamotor, conforme al R.E.B.T. Se contempla la instalación completa, alineación bomba-motor, conexionado eléctrico en sala o caseta, y pruebas de funcionamiento. No incluye válvula de retención, ni cableado hasta el cuadro, ni medios mecánicos de manipulación.			
		Total ud	1,000	8.400,43	8.400,43
4.2.3	Ud	Suministro e instalación de electrobomba centrífuga horizontal de voluta, construida en fundición gris con impulsor de fundición equilibrado dinámicamente y eje en acero inoxidable, adecuada para bombeo de agua limpia en instalaciones agrícolas. Equipada con motor trifásico de alta eficiencia IE4 de aproximadamente 30 kW de potencia, protección IP55, montaje IM B35, y apta para servicio continuo en condiciones de trabajo exigentes. La bomba dispone de conexiones DN80 en aspiración y DN65 en impulsión, con bridas PN16 según EN 1092-2, cierre mecánico tipo industrial y rendimiento hidráulico elevado para caudales en torno a 90 m³/h y alturas de 60 m. Incluye cuadro de maniobra para intemperie, con interruptor general, protección diferencial, magnetotérmico, contactor y relé guardamotor, conforme al R.E.B.T. Se contempla la instalación completa, alineación bomba-motor, conexionado eléctrico en sala o caseta, y pruebas de funcionamiento. No incluye válvula de retención, ni cableado hasta el cuadro, ni medios mecánicos de manipulación.			
		Total ud	1,000	6.852,57	6.852,57

4.2.4	Ud	Suministro e instalación de variador de frecuencia trifásico 400 V para bomba de hasta 60 kW, con control vectorial, función PID integrada, filtro EMC categoría C3, unidad de frenado, protecciones electrónicas de motor, pantalla de parametrización y grado de protección mínimo IP20, incluyendo fijación, conexionado, programación y pruebas de funcionamiento.			
		Total ud:	1,000	3.117,96	3.117,96
4.2.5	Ud	Suministro e instalación de variador de frecuencia trifásico 400 V para bomba de hasta 30 kW, con control vectorial sensorless, regulación PID, filtro EMC integrado, unidad de frenado, protecciones térmicas y de sobrecarga, módulo de comunicación estándar y grado de protección IP20, incluyendo montaje, conexionado, parametrización y pruebas.			
		Total ud:	2,000	1.859,12	3.718,24
<i>Total subcapítulo 4.2.- Unidades de bombeo:</i>					40.607,06
<i>4.3.- Unidades de filtrado y registro</i>					
4.3.1	Ud	Suministro e instalación de filtro de malla automático autolimpiante, tipo Filtomat, construido en acero al carbono con recubrimiento epoxi y malla interior en acero inoxidable 316L, adecuado para filtración de agua en instalaciones agrícolas. Sistema de limpieza hidráulico, sin necesidad de alimentación eléctrica externa, con control por presión diferencial y ciclo automático de retrolavado sin interrupción del caudal aguas abajo. El equipo dispone de grados de filtración entre 500 y 80 micras, caudales admisibles según modelo (hasta 400 m³/h en la serie M100 y hasta 800 m³/h en la serie MG), y conexiones bridas PN16 conforme a ISO 1092-2. Incluye controlador ADI-P, con registro de ciclos, alarmas, monitorización de presión diferencial y comunicación Bluetooth® para supervisión mediante aplicación móvil. Se contempla la instalación completa, conexionado hidráulico, puesta en marcha y verificación de funcionamiento. No incluye válvulas adicionales, colectores, ni obra civil asociada			
		Total ud:	2,000	5.668,43	11.336,86
4.3.2	Ud	Contador Woltman de agua, tipo horizontal/vertical según especificación, con diámetro nominal DN 125, clase de exactitud y caudal según norma vigente (R100), construido en hierro fundido o latón, con cuerpo, turbina, eje y rodamiento según fabricante, provisto de cierre hermético y sello de garantía. Incluye suministro, transporte, instalación sobre tubería, conexión mediante bridas o racores según proyecto, alineación, puesta a nivel, fijación y pruebas de estanqueidad. No incluye protección adicional, obra civil ni accesorios auxiliares de montaje.			
		Total ud:	1,000	375,75	375,75
4.3.3	Ud	Contador Woltman de agua, tipo horizontal/vertical según especificación, con diámetro nominal DN 150, clase de exactitud y caudal según norma vigente (R100), construido en hierro fundido o latón, con cuerpo, turbina, eje y rodamiento según fabricante, provisto de cierre hermético y sello de garantía. Incluye suministro, transporte, instalación sobre tubería, conexión mediante bridas o racores según proyecto, alineación, puesta a nivel, fijación y pruebas de estanqueidad. No incluye protección adicional, obra civil ni accesorios auxiliares de montaje.			
		Total ud:	2,000	545,87	1.091,74
<i>Total subcapítulo 4.3.- Unidades de filtrado y registro:</i>					12.804,35
Total presupuesto parcial nº 4 Cabezal de bombeo :					60.730,76

Presupuesto parcial nº 5 Instalación eléctrica y energética

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1.- Centro fotovoltaico					
5.1.1	Ud	Suministro e instalación de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de alta eficiencia, con potencia unitaria aproximada de 535 Wp, tecnología half-cut y 144 células, eficiencia superior al 21 % y aptos para sistemas de 1500 V. Se incluyen sus dimensiones estándar de gran formato, adecuadas para maximizar la producción energética y reducir pérdidas en el cableado. El concepto contempla el montaje de los paneles sobre la estructura prevista, su conexionado en corriente continua, fijaciones, protecciones y comprobación final del correcto funcionamiento del generador fotovoltaico.			
		Total ud:	258,000	162,08	41.816,64
5.1.2	Ud	Estructura metálica de seguidor solar por módulo, formada por marco portamódulos en perfiles de acero galvanizado S275-S355, espesor 2,5-4 mm, con grapas de fijación y tornillería inoxidable; tramo proporcional de eje de giro en tubo estructural galvanizado de Ø80-120 mm y espesor 4-6 mm, dimensionado para cargas de viento según UNE-EN 1991; y pilar hincado de apoyo en perfil tipo C/Sigma/H de 1,8-2,5 m de longitud, hincado al terreno mediante maquinaria específica, incluyendo alineación, nivelación y fijaciones necesarias para la estabilidad del conjunto.			
		Total ud:	258,000	36,78	9.489,24
5.1.3	Ud	Suministro e instalación de inversor trifásico de alta potencia para sistemas fotovoltaicos, con capacidad aproximada de 175 kW, múltiples seguidores MPPT, apto para operación en exteriores y con protección IP66. El concepto incluye su montaje, conexionado en corriente continua y alterna, configuración básica, comprobación de funcionamiento y puesta en marcha del equipo			
		Total ud:	3,000	6.223,01	18.669,03
5.1.4	Ud	Caja general protección 250 A. incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 250 A. para protección de la línea repartidora, situada en fachada o interior nicho mural.			
		Total ud:	1,000	228,51	228,51
5.1.5	Ud	Suministro e instalación de sistema de control para seguidor solar, compuesto por inclinómetro/encoder de precisión =0,1°, sensor de irradiancia, anemómetro y caja de control con autómatas, protecciones y comunicaciones RS-485/CANbus, con salidas de mando para actuadores.			
		Total ud:	1,000	843,61	843,61
5.1.6	Ud	Suministro y montaje de motorreductor eléctrico para seguidor solar de un eje, con par nominal =1.200 Nm, protección IP65, soporte metálico, acoplamiento al eje principal y finales de carrera, incluyendo fijaciones y conexionado.			
		Total ud:	14,000	647,32	9.062,48
Total subcapítulo 5.1.- Centro fotovoltaico:					80.109,51
5.2.- Grupo electrógeno					
5.2.1	Ud	El concepto incluye el suministro, transporte, instalación y puesta en marcha de un grupo electrógeno diésel industrial de de 130-140 kva con depósito integrado, cabina insonorizada y silenciador. Se contempla su colocación sobre la bancada preparada, las conexiones eléctricas y de combustible, el montaje del sistema de escape, la verificación de protecciones, la carga de fluidos, las pruebas de funcionamiento y la entrega del equipo completamente operativo conforme a normativa vigente.			
		Total ud:	1,000	27.378,51	27.378,51
Total subcapítulo 5.2.- Grupo electrógeno:					27.378,51
5.3.- Cableado					
5.3.1	M.	Suministro e instalación de cable de potencia de cobre tipo RZ1-K (AS), libre de halógenos y apto para 0,6/1 kV, destinado a la conexión en alterna entre inversores, cuadros eléctricos y punto de entrega. Incluye tendido en bandeja o canalización, fijaciones, identificación y pruebas de continuidad y aislamiento.			
		Total m.:	1.082,000	7,30	7.898,60
5.3.2	M.	Suministro e instalación de cable solar unipolar tipo H1Z2Z2-K, apto para sistemas fotovoltaicos de hasta 1500 V en corriente continua, con doble aislamiento, resistencia UV y certificación para uso en exterior. Incluye tendido del cableado entre módulos e inversores, fijaciones, conectores compatibles y comprobación del correcto aislamiento y continuidad.			
		Total m.:	253,000	4,20	1.062,60

<i>Total subcapítulo 5.3.- Cableado:</i>	8.961,20
Total presupuesto parcial nº 5 Instalación eléctrica y energética :	116.449,22

Presupuesto parcial nº 6 Seguridad perimetral y videovigilancia

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	M	Suministro e instalación de cerramiento perimetral mediante malla de simple torsión galvanizada, altura según proyecto, con luz de malla 50×50 mm y alambre galvanizado de alta resistencia, fijada sobre postes metálicos cuadrados 40×40×4 mm galvanizados en caliente, colocados cada 2,5–3,0 m, incluyendo tensores, alambres de refuerzo superior e inferior, anclajes, cimentación puntual mediante dados de hormigón (si procede), alineación, tensado y remates finales, dejando el cerramiento completamente instalado y operativo.			
		Total m:	415,000	23,89	9.914,35
6.2	Ud	Suministro e instalación de cámara de videovigilancia IP para exterior, con resolución mínima 4 MP, óptica varifocal, iluminación infrarroja de largo alcance, carcasa antivandálica IP66/IK10, alimentación PoE, detección inteligente de movimiento y análisis básico de intrusión, incluyendo soporte, fijaciones, conexión a red, configuración en grabador/NVR y pruebas de funcionamiento.			
		Total ud:	3,000	276,12	828,36
6.3	Ud	Suministro e instalación de cuadro de control para sistema de videovigilancia, compuesto por grabador NVR con capacidad para las cámaras instaladas, disco duro de almacenamiento, switch PoE para alimentación y comunicaciones, módulo de gestión de alarmas con salidas programables, protecciones eléctricas, fuente de alimentación estabilizada y elementos de comunicación remota, incluyendo montaje, cableado interno, configuración de red, programación de eventos y pruebas de activación de alarma.			
		Total ud:	1,000	877,13	877,13
Total presupuesto parcial nº 6 Seguridad perimetral y videovigilancia :					11.619,84

4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Capítulo	
Capítulo 1 Balsa de riego	39.254,00
Capítulo 2 Canalizaciones y elementos hidráulicos	27.582,38
Capítulo 3 Sistemas de riego	152.025,89
Capítulo 4 Cabezal de bombeo	60.730,76
Capítulo 5 Instalación eléctrica y energética	116.449,22
Capítulo 6 Seguridad perimetral y videovigilancia	11.619,84
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	407.662,09
13% de gastos generales	52.996,07
6% de beneficio industrial	24.459,73
Suma	485.117,89
21%	101.874,76
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	586.992,65
4% Honorarios de proyecto	23.479,71
2% Honorarios dirección de obra	11.739,85
1% Coordinador S.S.	5.869,93
Suma	41.089,49
21% I.V.A. de Honorarios	8.628,79
TOTAL HONORARIOS PRESUPUESTO	49.718,28
TOTAL PRESUPUESTO	636.710,93

La suma de presupuesto con IVA es de:
SEISCIENTOS TREINTA Y SEIS MIL SETECIENTOS DIEZ EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS

En Valladolid, a 16 de febrero de 2026

Luis Álvarez Guillén

Alumno del Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural