



POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

GRADO EN INGENIERIA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRARIA

***Plantación de pistachos en regadío de 4,14 ha en
Santa Cruz de la Zarza (Toledo)***

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor/a: Joaquín García Medina

Tutor/a: Ana Centeno Muñoz

Junio de 2025

ÍNDICE GLOBAL:

- DOCUMENTO I: Memoria y anejos a la memoria.
 - Anejo I: Análisis y diagnóstico de la situación de partida.
 - Anejo II: Objetivos, alternativas estratégicas y metas.
 - Anejo III: Ingeniería del diseño y del proceso.
 - Anejo IV: Ingeniería de las obras e instalaciones. Riego y electrificación.
 - Anejo V: Programación de la ejecución.
 - Anejo VI: Justificación de precios del presupuesto del proyecto.
 - Anejo VII: Evaluación económico-financiera.
 - Anejo VIII: Aspectos éticos, económicos, sociales y ambientales.
- DOCUMENTO II: Planos.
- DOCUMENTO III: Pliego de condiciones.
- DOCUMENTO IV: Presupuesto.

DOCUMENTO I:

MEMORIA





ÍNDICE:

1.	OBJETO DEL PROYECTO.....	1
1.1.	Naturaleza de la transformación.....	1
1.2.	Localización.....	1
1.3.	Dimensión del proyecto.....	3
2.	MOTIVACIÓN Y DIRECTRICES DEL PROYECTO.....	3
2.1.	Motivación.....	3
2.2.	Directrices del promotor.....	3
3.	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA.....	4
3.1.	Antecedentes.....	4
3.1.1.	Histórico de la parcela.....	4
3.1.2.	Situación del sector.....	4
3.1.3.	Normativa legal.....	5
3.1.4.	Estudio socioeconómico de la zona.....	6
3.2.	Condicionantes.....	6
3.2.1.	Clima.....	6
3.2.2.	Edafología.....	7
3.2.3.	Agua de riego.....	8
3.3.	Situación actual y futura.....	8
3.4.	Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO).....	9
4.	OBJETIVOS, ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS Y METAS.....	9
4.1.	Objetivos del proyecto.....	9
4.2.	Alternativas estratégicas.....	9
4.3.	Metas.....	10
5.	INGENIERÍA DEL DISEÑO Y DEL PROCESO.....	10
5.1.	Operaciones previas a la plantación.....	10
5.1.1.	Subsolado.....	10
5.1.2.	Abonado orgánico.....	11
5.2.	Plantación.....	11
5.3.	Operaciones posteriores a la plantación.....	11
5.4.	Mantenimiento de la plantación.....	12
5.4.1.	Cubierta vegetal.....	12
5.4.2.	Poda.....	12
5.4.3.	Fertilización.....	12



5.4.4.	Protección del cultivo	13
5.4.5.	Recolección	14
6.	INGENIERÍA DE LAS OBRAS E INSTALACIONES. RIEGO Y ELECTRIFICACIÓN.....	14
6.1.	Riego.....	14
6.1.1.	Captación y fuente de agua.....	14
6.1.2.	Sistema de riego por goteo	15
6.1.3.	Sectores de riego.....	15
6.1.4.	Frecuencia y tiempo de riego.....	15
6.1.5.	Cabezal de riego	16
6.2.	Caseta de riego.....	16
6.3.	Electrificación.....	16
6.3.1.	Primer sistema fotovoltaico. Alimentación de bombas	16
6.3.2.	Segundo sistema fotovoltaico. Iluminación y control	17
6.3.3.	Sistema eléctrico del programador	17
6.3.4.	Cuadro eléctrico.....	18
7.	PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN	18
8.	JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO	18
9.	EVALUACIÓN ECONÓMICO-FINANCIERA.....	19
9.1.	Inversión inicial	19
9.2.	Pagos.....	19
9.3.	Cobros.....	20
9.4.	Flujos de caja	20
9.5.	Criterios de rentabilidad	20
9.6.	Análisis de sensibilidad	21
10.	ASPECTOS ÉTICOS, ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES	21

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Municipio de Santa Cruz de la Zarza localizado en la península. Fuente: IGN, elaboración propia.	1
Figura 2. Municipio de Santa Cruz de la Zarza localizado en la provincia de Toledo. Fuente: IGN, elaboración propia.	2
Figura 3. Localización de las parcelas en el municipio. Fuente: IGN, elaboración propia.	2
Figura 4. Climodiagrama. Fuente: SIAR, elaboración propia.	7
Figura 5. Rosas de los vientos. Fuente: SIAR, elaboración propia.	7



Figura 6. Diseño del sistema de riego en la parcela, dividido por sectores. Elaboración propia.	15

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Matriz DAFO. Elaboración propia.	9
Tabla 2. Resumen plagas del pistacho. Elaboración propia.	13
Tabla 3. Resumen enfermedades del pistacho. Elaboración propia.	14
Tabla 4. Programación de las actividades del proyecto. Elaboración propia.	18
Tabla 5. Resumen justificación de precios del presupuesto. Elaboración propia.	19
Tabla 6. Resumen de pagos. Elaboración propia.	20
Tabla 7. Resumen de cobros. Elaboración propia.	20
Tabla 8. Criterios de rentabilidad. Elaboración propia.	20
Tabla 9. Resumen análisis de sensibilidad. Elaboración propia.	21

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es el establecimiento de una plantación de pistachos en régimen de regadío sobre una superficie de 4,14 hectáreas en el término municipal de Santa Cruz de la Zarza (Toledo), en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. El objetivo principal es transformar una parcela dedicada históricamente a cultivos de secano como el trigo, la cebada y algunas leguminosas, en una explotación de pistacho moderna, rentable y sostenible, utilizando riego localizado y prácticas agronómicas adecuadas.

1.1. Naturaleza de la transformación

El proyecto tiene como objetivo principal la reconversión de un terreno anteriormente destinado a cultivos con baja rentabilidad económica, en una explotación agrícola tecnificada, que permita mejorar el rendimiento del suelo y garantizar la viabilidad económica del agricultor a medio y largo plazo.

El proyecto persigue, además, optimizar el uso de los recursos naturales disponibles, como el agua procedente de un sondeo ya ejecutado y las condiciones agroclimáticas favorables de la zona. Asimismo, se plantea una correcta planificación técnica y estratégica que asegure la producción de pistachos de alta calidad, con el fin de acceder a mercados nacionales e internacionales, contribuyendo así al desarrollo rural de la zona y fomentando el relevo generacional en el sector agrícola.

1.2. Localización

Como ya se ha mencionado antes, el proyecto estará localizado en Santa Cruz de la Zarza, municipio de Toledo, en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha (Figura 1 y 2).



Figura 1. Municipio de Santa Cruz de la Zarza localizado en la península. Fuente: IGN, elaboración propia.



Figura 2. Municipio de Santa Cruz de la Zarza localizado en la provincia de Toledo. Fuente: IGN, elaboración propia.

La plantación se realizará unificando dos parcelas colindantes, las cuales son propiedad del promotor. Estas parcelas se encuentran al Sureste de la población, a una distancia de aproximadamente 8 km, en el paraje de “Rivoche”, cuyas coordenadas son:

Latitud: 39° 56' 53.04" N

Longitud: 3° 7' 30.49" O

Coord. X: 489.310,22

Coord. Y: 4.422.000,50

Altitud sobre el nivel del mar: 798 m

En la Figura 3 se muestra la localización de las parcelas en el municipio, se representa mediante una línea azul el camino a seguir desde la población hasta el único acceso que cuenta el terreno a transformar.

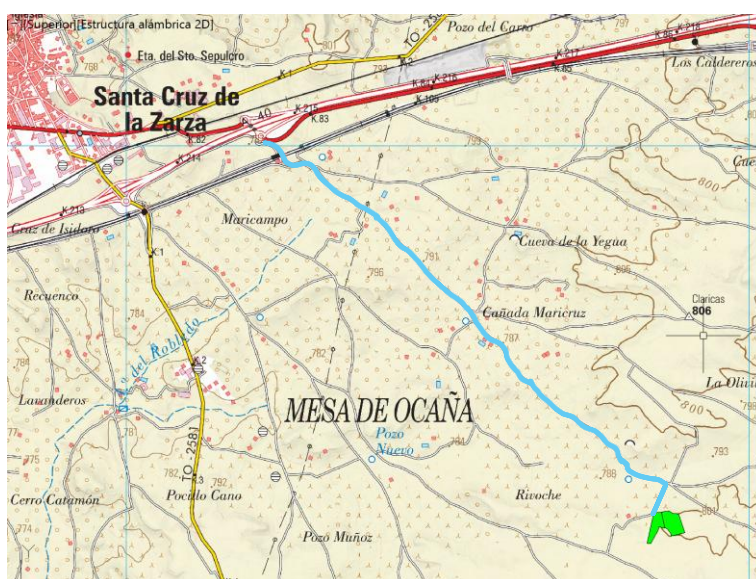


Figura 3. Localización de las parcelas en el municipio. Fuente: IGN, elaboración propia.

Se pueden encontrar las localizaciones en mayor detalle en el documento PLANOS, concretamente en los Planos nº1 y nº2, de Localización y Emplazamiento.

1.3. Dimensión del proyecto

La explotación cuenta con dos parcelas de diferentes características:

1. Polígono: 43, Parcela: 153. Referencia catastral: 45157A043001530000WY. Superficie: 1,72 ha.
2. Polígono: 43, Parcela: 151. Referencia catastral: 45157A043001510000WA. Superficie: 2,42 ha.

La unificación de estos dos terrenos hace una superficie total en la que trabajar de 4,14 ha.

2. MOTIVACIÓN Y DIRECTRICES DEL PROYECTO

2.1. Motivación

La motivación del proyecto radica en la necesidad de transformar una explotación agrícola de secano, dedicada tradicionalmente al cultivo de cereales como trigo y cebada, en una plantación más rentable y sostenible a largo plazo. Los cultivos actuales presentan una baja productividad y escasa rentabilidad económica, lo que limita el desarrollo del terreno y dificulta la viabilidad del agricultor en un entorno rural.

Ante esta situación, el promotor apuesta por la implantación del cultivo de pistacho en régimen de regadío como una alternativa estratégica que permita diversificar la producción agraria, aumentar los ingresos a medio y largo plazo y adaptarse a las nuevas demandas del mercado agrícola, cada vez más orientado hacia cultivos de alto valor añadido.

2.2. Directrices del promotor

El promotor es José Joaquín García Martínez, el cual es el propietario del terreno y tiene gran familiaridad con el sector, ya que es agricultor y propietario de una empresa de servicios agrícolas llamada Agroservicios Santa Cruz S.L.

El promotor impone una serie de condicionantes que determinan tanto el enfoque técnico como las decisiones estratégicas del proyecto. Estos condicionantes son los siguientes:

- Mecanización del cultivo: el promotor desea que la plantación sea lo más mecanizable posible, especialmente en las labores de recolección.
- Alta eficiencia en el uso del agua: teniendo en cuenta que el agua de riego procede de un sondeo ya ejecutado, el promotor requiere un sistema de riego localizado por goteo, que garantice un uso eficiente del recurso.
- Viabilidad económica y sostenibilidad: el promotor pretende que la inversión inicial en la transformación del cultivo sea recuperable a medio plazo.
- Certificación varietal y calidad del material vegetal: el promotor exige que todas las plantas procedan de un vivero certificado, con material vegetal injertado a raíz

desnuda, garantizando así uniformidad, sanidad vegetal y éxito del injerto en el campo.

3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

3.1. Antecedentes

3.1.1. Histórico de la parcela

La parcela ha sido utilizada como terreno agrícola de secano, su uso principal ha estado destinado a la siembra de cultivos herbáceos extensivos, principalmente cebada y trigo, los cuales se han cultivado de manera rotacional con leguminosas como yeros. Se realizaban labores de laboreo mecánico para la preparación del terreno antes de cada campaña, alternando con periodos de barbecho bienal. El control de malas hierbas se llevaba a cabo mediante labores de cultivador y con aplicación de herbicidas químicos selectivos.

En cuanto a la fertilización, se aplicaban abonados de fondo y de cobertera de forma anual, adaptados a las necesidades del cereal. Sin embargo, los rendimientos obtenidos eran bajos, debido a las limitaciones propias del régimen de secano. El terreno ha sido mantenido en buen estado agronómico, sin signos de degradación severa, pero con una productividad limitada.

3.1.2. Situación del sector

El cultivo del pistacho se encuentra actualmente en expansión a nivel mundial, tanto en superficie como en producción. Los principales países productores son Estados Unidos, Irán y Turquía, que concentran la mayor parte de la producción global. En los últimos años, España ha emergido como el cuarto país en superficie cultivada, alcanzando aproximadamente 70.000 hectáreas, de las cuales más del 70 % son de secano y el resto en regadío.

La producción nacional sigue creciendo, centrada principalmente en Castilla-La Mancha, que contiene cerca del 80 % de la superficie nacional dedicada a este cultivo. A pesar de ello, España no es aún autosuficiente, por lo que sigue dependiendo de importaciones para satisfacer la demanda interna.

Además, el consumo de pistacho ha aumentado significativamente en los últimos años, siendo actualmente el segundo fruto seco más consumido del mundo, lo que genera una demanda creciente y sostenida en los mercados internacionales. Este contexto ha favorecido también el incremento de las exportaciones españolas, con destinos preferentes en países del entorno europeo como Francia, Italia y Portugal.

Por otro lado, el precio del pistacho está condicionado por factores como la calidad del fruto, el calibre, la variedad, el tipo de cultivo (convencional o ecológico) y las condiciones del mercado global. En este sentido, el cultivo en ecológico alcanza precios más elevados, aunque presenta mayores exigencias técnicas y menores rendimientos.

En definitiva, el sector del pistacho en España presenta una tendencia de crecimiento, impulsada por la alta rentabilidad del cultivo, la demanda creciente y las condiciones agroclimáticas favorables en regiones como Castilla-La Mancha.

3.1.3. Normativa legal

El desarrollo del presente proyecto de plantación de pistachos en regadío debe cumplir con una serie de normativas legales que afectan tanto al uso del agua como a los aspectos agrarios, medioambientales y del suelo.

USO DEL AGUA

La parcela se encuentra dentro del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Tajo, y el riego se realizará mediante captación subterránea de un sondeo legalizado. El uso del agua debe ajustarse a:

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Directiva 2000/60/CE, sobre política comunitaria de aguas.
- Directiva 2006/118/CE, sobre protección de aguas subterráneas.
- Ley 10/2001, del Plan Hidrológico Nacional.
- Ley 2/2022, de Aguas de Castilla-La Mancha.
- Real Decreto 1085/2024, sobre reutilización y gestión del agua.

AGRARIA Y MEDIOAMBIENTAL

Para optar a subvenciones y cumplir con la Política Agraria Común (PAC), la plantación debe ajustarse a:

- Reglamentos (UE) 2021/2115, 2021/2116 y 2021/2117, que regulan ayudas, financiación y organización de mercados agrarios.
- Real Decreto 1311/2012, sobre uso sostenible de productos fitosanitarios.
- Reglamento de Ejecución (UE) nº 540/2011, sobre sustancias activas autorizadas.

SUELOS AGRÍCOLAS

- Ley de 20 de julio de 1955, sobre conservación y mejora de suelos agrícolas.
- Ley 3/2019, de espacios agrarios.

ZONAS PROTEGIDAS

La parcela se encuentra dentro del área protegida “Área esteparia de La Mancha Norte”, clasificada como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Esto implica restricciones y obligaciones conforme a:

- Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que regula el uso del suelo en zonas con alto valor ecológico y fija directrices para mantener la biodiversidad.

El cumplimiento de esta normativa garantiza que el proyecto se desarrolle de forma legal, sostenible y compatible con el entorno ambiental, permitiendo además el acceso a ayudas públicas y la obtención de certificaciones agrarias en el futuro.

3.1.4. Estudio socioeconómico de la zona

El municipio de Santa Cruz de la Zarza presenta una estructura socioeconómica marcada por una fuerte dependencia del sector agrario, especialmente de cultivos tradicionales de secano como el cereal y el olivar. La zona cuenta con una baja densidad de población y ha sufrido en las últimas décadas un proceso continuo de despoblamiento y envejecimiento demográfico, especialmente entre la población joven.

Según los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), el municipio muestra una población envejecida, con una pirámide demográfica invertida, y una actividad económica limitada, donde predominan las explotaciones agrarias familiares.

La puesta en marcha de una plantación de pistachos en regadío representa una oportunidad para dinamizar la economía local, generando empleo directo e indirecto, tanto en la fase de implantación como en el mantenimiento y comercialización. Asimismo, permite modernizar el sector agrario, introduciendo un cultivo que favorece la tecnificación, la formación de los agricultores y el relevo generacional en el campo.

3.2. Condicionantes

3.2.1. Clima

Los datos climáticos de la zona se han recopilado de la estación meteorológica de Villarrubia de Santiago, municipio que se encuentra a unos 10 km de la parcela de estudio. Los datos son sacados en un promedio de un intervalo de 24 años (2000-2024).

El clima en la zona de Santa Cruz de la Zarza (Toledo) se clasifica como mediterráneo continental semiárido, caracterizado por una marcada continentalidad térmica, con veranos secos y calurosos e inviernos fríos. Este régimen climático es especialmente favorable para el cultivo del pistacho, que requiere una combinación de horas frío en invierno y temperaturas elevadas en verano para un buen desarrollo vegetativo y una correcta floración.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 12 °C y los 14 °C, alcanzando máximas de más de 35 °C en los meses estivales (julio y agosto), y mínimas que pueden bajar de los 0 °C en invierno.

La precipitación media anual se sitúa en torno a los 370 mm, concentrándose en los meses de otoño y primavera. Sin embargo, el verano es muy seco, con escasas lluvias y elevada evaporación, lo que hace necesario el uso de riego localizado para garantizar el éxito del cultivo. En la Figura 4 se muestra el climodiagrama que representa, tanto las temperaturas, como las precipitaciones de la zona.

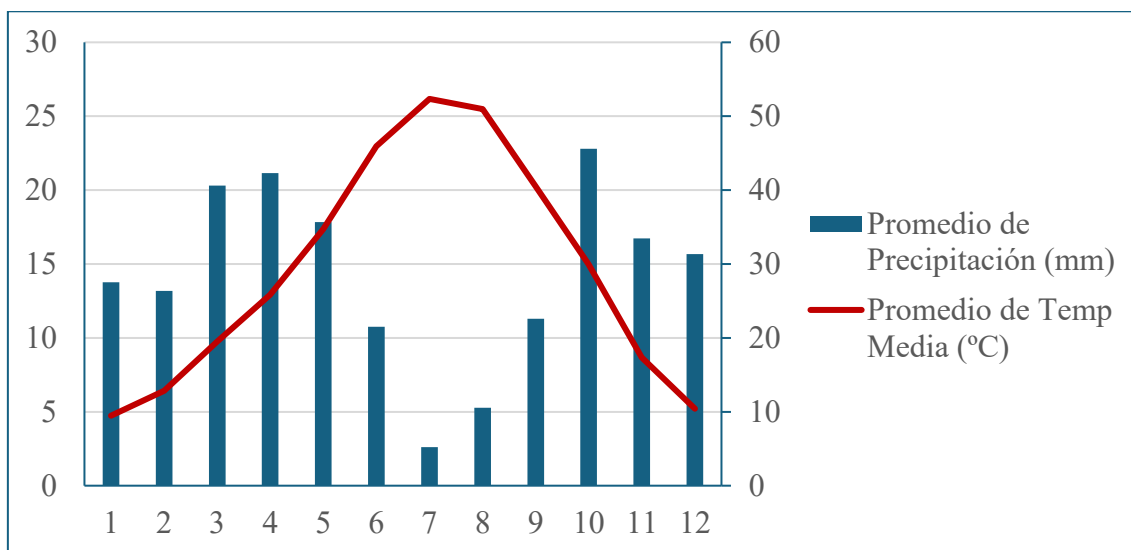


Figura 4. Climodiagrama. Fuente: SIAR, elaboración propia.

La humedad relativa es baja durante la mayor parte del año, especialmente en verano, lo que ayuda a reducir la incidencia de enfermedades fúngicas. El régimen de vientos dominantes es del oeste y suroeste, con intensidades moderadas, lo que favorece una buena aireación del cultivo. En la Figura 5 se muestran las rosas de los vientos de la zona.



Figura 5. Rosas de los vientos. Fuente: SIAR, elaboración propia.

En conjunto, estas condiciones climáticas, combinación de inviernos fríos, veranos secos y elevada radiación solar, hacen que el entorno sea idóneo para la implantación del pistacho.

3.2.2. Edafología

El suelo de la parcela donde se implantará la plantación de pistachos presenta características adecuadas para el desarrollo de este cultivo, siempre que se apliquen las prácticas correctas de manejo de cultivo.

Se trata de un suelo de textura franco-arenosa, con buena capacidad de infiltración y aireación, lo que favorece el desarrollo radicular del pistachero. Esta textura permite un buen drenaje, fundamental para evitar encharcamientos, ya que el pistacho es muy sensible al exceso de humedad en el suelo.

El pH del suelo se encuentra en valores ligeramente alcalinos (en torno a 8), lo cual es tolerado por el cultivo. En cuanto a la materia orgánica, los análisis reflejan niveles bajos (inferiores al 1 %), por lo que se contempla una aportación previa de estiércol compostado para mejorar la fertilidad y la estructura del suelo antes de la plantación.

En cuanto a la capacidad de retención de agua, es media-baja, por lo que el sistema de riego por goteo debe estar bien diseñado para aportar el agua de forma eficiente. Además, el contenido en sales es relativamente alto en el agua de riego, lo que obliga a tener un buen control del lavado de sales y evitar acumulaciones que puedan afectar al desarrollo del cultivo.

En resumen, el suelo presenta condiciones edáficas adecuadas para el cultivo del pistacho, siempre que se lleve a cabo una gestión adecuada de las actividades que tengan relación directa con el suelo a lo largo de la vida de la plantación.

3.2.3. Agua de riego

El agua destinada al riego de la plantación de pistachos procede de un sondeo ya ejecutado en la propia parcela, el cual está inscrito en la Confederación Hidrográfica del Tajo y cuenta con una dotación autorizada de 10.000 m³/ha al año, lo que supone un volumen suficiente para cubrir las necesidades del cultivo.

Los análisis realizados indican que se trata de un agua con elevada salinidad, clasificada según Riverside como C4 S1, es decir, muy salina, pero con bajo riesgo de sodicidad, lo que implica que puede utilizarse para el riego de cultivos tolerantes a las sales, como el pistacho.

La conductividad eléctrica del agua es de 2,5 dS/m, un valor que requiere la aplicación de una fracción de lavado del 31,2 % para evitar la acumulación de sales en la zona radicular y asegurar la sanidad del cultivo a largo plazo.

Además, el análisis detecta una dureza considerable y ciertos niveles de iones como cloruros, sodio y bicarbonatos, lo que refuerza la necesidad de un sistema de riego localizado eficiente y de mantener una buena estructura del suelo, mediante el uso de abonos orgánicos y cubiertas vegetales que favorezcan la infiltración y eviten la salinización superficial.

En conclusión, aunque el agua presenta limitaciones por su salinidad, es apta para el riego del pistacho si se maneja correctamente mediante fertirrigación, fracciones de lavado y una planificación precisa del calendario de riegos.

3.3. Situación actual y futura

La parcela se dedica actualmente a cultivos de secano, principalmente trigo, cebada y leguminosas, con un manejo tradicional basado en barbechos y laboreo mecánico. A pesar de su mantenimiento adecuado, la productividad es baja y la rentabilidad limitada.

Si no se ejecuta el proyecto, la parcela continuará explotándose como cultivo de secano con bajos rendimientos, manteniéndose la escasa rentabilidad. Esta situación dificultará la sostenibilidad económica, y no se generarán nuevas oportunidades de desarrollo agrario ni de empleo local.

3.4. Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO)

Se realiza una matriz DAFO (Tabla 1) con el objetivo de analizar la viabilidad del proyecto y definir estrategias que potencien sus ventajas y minimicen sus riesgos.

Tabla 1. Matriz DAFO. Elaboración propia.

<u>FORTALEZAS</u> • Clima favorable • Baja necesidad de agua • Alta rentabilidad • Baja competencia española • Larga vida productiva	<u>DEBILIDADES</u> • Gran inversión inicial • Entrada en producción • Riesgos de heladas primaverales. • Polinización • Requerimientos de mano de obra formada
<u>OPORTUNIDADES</u> • Creciente demanda mundial • Posibilidades de exportación • Ayudas y subvenciones • Alternativa a cultivos tradicionales • Posibilidad de transformación local	<u>AMENAZAS</u> • Cambio climático • Plagas y enfermedades • Costos adicionales • Grandes competencias • Oscilaciones en la demanda

4. OBJETIVOS, ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS Y METAS

4.1. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto es implantar una plantación de pistachos en regadío que sea rentable, eficiente y sostenible, adaptada a las condiciones agroclimáticas de la zona. Se busca aprovechar los recursos disponibles para obtener un cultivo de alta calidad con buen rendimiento económico.

En el ámbito productivo, se pretende seleccionar el material vegetal más adecuado, garantizar una buena polinización y establecer un sistema de riego eficiente. A nivel económico, el objetivo es minimizar costes, asegurar la viabilidad financiera y acceder a ayudas públicas.

Desde el punto de vista medioambiental, se prioriza el uso eficiente del agua, la reducción de agroquímicos y la incorporación de energías renovables. Por último, en el plano técnico, se busca un manejo agronómico preciso y planificado que facilite la producción y comercialización del pistacho.

4.2. Alternativas estratégicas

Para garantizar el éxito técnico y económico del proyecto, se analizaron varias alternativas estratégicas en tres aspectos clave: el patrón, la variedad y el mantenimiento del suelo. La elección final se hizo a través de un análisis multicriterio, que permitió comparar las distintas opciones en función de criterios técnicos, económicos y agronómicos.

Este análisis consistió en asignar puntuaciones del 1 al 5 a cada alternativa según distintos criterios de valor (como adaptabilidad al clima, resistencia a enfermedades, producción o eficiencia nutricional), y aplicar coeficientes de ponderación según la importancia de cada criterio. Así, se seleccionaron las opciones con mejor resultado global.

- Patrón (portainjerto): Se evaluaron Cornicabra, Atlántica, PGI y UCB1. Tras el análisis, se eligió UCB1 por su alta productividad, vigor y buena resistencia a enfermedades del suelo.
- Variedad: Se seleccionó *Sirora* como variedad femenina por su buen rendimiento, calidad de fruto y baja vecería. Como variedad polinizadora se eligió *Peters*, distribuyéndose estratégicamente en el marco de plantación para asegurar una fecundación efectiva.
- Mantenimiento del suelo: Se valoraron diferentes métodos (laboreo, uso de herbicidas, mulching y cubierta vegetal espontánea o sembrada). Finalmente, se optó por una cubierta vegetal natural permanente, por su efecto positivo en la estructura del suelo, el control de la erosión, la mejora de la biodiversidad y la sostenibilidad agronómica del sistema.

4.3. Metas

Las metas del proyecto están orientadas a alcanzar una producción rentable, sostenible y de alta calidad a lo largo del tiempo. En cuanto a la productividad, se busca lograr una densidad equilibrada de árboles, una correcta polinización y una producción estable desde la entrada en fase adulta, con pistachos de buen calibre y bajo porcentaje de frutos vanos.

Desde el punto de vista económico, la meta es alcanzar la rentabilidad a partir del sexto año, con una recuperación progresiva de la inversión y un flujo de caja positivo, accediendo además a mercados nacionales e internacionales con un producto competitivo.

A nivel medioambiental, se pretende minimizar el uso de agua y productos químicos, conservar el suelo mediante técnicas como la cubierta vegetal, y utilizar energía renovable para reducir el impacto ambiental.

Finalmente, en el ámbito técnico, se establecen metas como implementar un sistema de riego eficiente, mantener una fertilización equilibrada adaptada al estado del cultivo, y aplicar un manejo agronómico que asegure la estabilidad y vida útil de la plantación.

5. INGENIERÍA DEL DISEÑO Y DEL PROCESO

5.1. Operaciones previas a la plantación

5.1.1. Subsulado

Esta labor se realizará a una profundidad de entre 50 y 55 cm, en condiciones de suelo seco, con el fin de romper capas compactadas, mejorar la infiltración del agua y facilitar el desarrollo radicular en profundidad.

5.1.2. Abonado orgánico

Dado que los análisis de suelo muestran bajos niveles de materia orgánica, se aplicará estiércol compostado de oveja, el cual se distribuirá a razón de 30 t por hectárea en las líneas de plantas, con una anchura de 1,5 m. Posteriormente, el estiércol será incorporado al suelo mediante un pase de gradas a una profundidad de entre 10 y 15 cm. Esta operación contribuirá a mejorar la fertilidad del suelo, su estructura y capacidad de retención de agua.

5.2. Plantación

La superficie total del terreno es de 4,14 ha, sin embargo, una vez descontadas las franjas de seguridad respecto a los lindes y la zona ocupada por la caseta de riego y el pozo, la superficie efectiva de plantación se estima en aproximadamente 3 hectáreas.

Para optimizar el aprovechamiento del terreno, se ha proyectado un marco de plantación de 7 × 7 metros, lo que permite un equilibrio adecuado entre densidad, productividad y manejabilidad, este marco es compatible con el uso de maquinaria agrícola y con la recolección mecanizada. Además, se ha optado por una orientación noreste-suroeste, que se adapta mejor a la morfología de la parcela.

El número total de árboles a plantar será de 643, de los cuales un 6 % serán árboles masculinos (variedad *Peters*) y el resto femeninos (variedad *Sirora*). Esta proporción garantiza una adecuada polinización cruzada. Los árboles masculinos se distribuirán estratégicamente y de forma regular en la parcela para asegurar una fecundación eficaz de todas las plantas femeninas.

La plantación se llevará a cabo con plantas de pistacho injertadas a raíz desnuda, procedentes de vivero certificado, lo que garantiza mayor uniformidad y sanidad. Se llevará a cabo a finales de invierno o comienzos de primavera, cuando hayan pasado las heladas.

La colocación de las plantas se hará mediante una plantadora guiada por GPS. Junto a cada planta se instalarán tutores de bambú y protectores de polipropileno reciclable para facilitar el desarrollo vertical y proteger frente a roedores. Las plantas se enterrarán dejando visible la zona del injerto, y se sujetarán al tutor con cinta elástica.

La disposición de la plantación con sus distancias medidas se puede encontrar en el documento PLANOS, en el Plano nº3 Plantación.

5.3. Operaciones posteriores a la plantación

Tras la plantación, se realizarán una serie de tareas para asegurar el buen arraigo y desarrollo de las plantas:

- Riego de plantación: se aplicarán 30 litros por árbol en las primeras 48 horas mediante cuba cisterna, formando un alcorque para facilitar la infiltración del agua.
- Reposición de marras: se repondrán las plantas que no hayan sobrevivido en las primeras semanas, garantizando una plantación homogénea.

- Instalación del sistema de riego: una vez finalizado el riego de plantación, se instalarán las tuberías portagoteros sobre las líneas de plantación, completando el sistema previamente preparado.

5.4. Mantenimiento de la plantación

5.4.1. Cubierta vegetal

Durante la vida de la plantación, se mantendrá una cubierta vegetal natural permanente entre las líneas de plantación, lo que favorece la estructura del suelo, reduce la erosión, mejora la infiltración de agua y aumenta la biodiversidad.

Para controlar su desarrollo y evitar la competencia con el cultivo, se realizarán tres siegas anuales (primavera, verano y otoño) con desbrozadora de martillos. Además, se eliminará la vegetación en las líneas de plantación mediante aplicaciones localizadas de herbicidas, prestando especial atención los primeros años para evitar dañar los árboles jóvenes.

5.4.2. Poda

La poda es esencial para formar la estructura del árbol, favorecer su sanidad y maximizar la producción. Se realizarán tres tipos:

- Poda de formación (años 1 a 5): da forma al árbol en vaso por pisos, adaptado a la recolección mecanizada y al clima de la zona.
- Poda de producción (desde año 7): mantiene la estructura, mejora la aireación e iluminación y favorece la fructificación.
- Poda de rejuvenecimiento (etapa final): se aplica si el árbol pierde vigor o calidad productiva.

Las podas se realizarán durante la parada vegetativa, en invierno, para evitar daños y facilitar la recuperación del árbol.

5.4.3. Fertilización

La estrategia de fertilización está diseñada para cubrir las necesidades nutricionales del pistachero en cada etapa de su desarrollo, garantizando un crecimiento equilibrado y una producción de calidad. Se divide en fertilización orgánica y fertilización mineral.

Para la fertilización orgánica se aplicará estiércol compostado de oveja cada dos años, a razón de 14 t/ha, con el objetivo de mejorar la estructura del suelo, aumentar el contenido de materia orgánica y favorecer la actividad microbiana. Esta práctica contribuye a una nutrición más sostenible y mejora la capacidad de retención de agua del suelo.

La fertilización mineral se realizará a partir del primer año se aplican abonos minerales a través del sistema de fertirrigación, adaptando las dosis a la fase fenológica del árbol y diferenciando entre años ON (alta producción) y años OFF (baja producción). Los productos utilizados incluyen:

- Nitrato amónico (N 25%).
- DAP (fosfato diamónico).
- Sulfato potásico cristalino.

- Abono cristalino con microelementos.

En fase adulta, se complementa con tratamientos foliares en momentos clave como la floración y el cuajado, utilizando microelementos como boro y zinc.

Se realizarán también análisis foliares anuales para un manejo eficiente y preciso, permitiendo ajustar las dosis de fertilizantes y prevenir deficiencias nutricionales, garantizando así un desarrollo óptimo del cultivo.

5.4.4. Protección del cultivo

La protección del cultivo se enfoca en prevenir y controlar tanto factores abióticos (como heladas, estrés hídrico o salinidad) como factores bióticos (plagas y enfermedades).

Los principales riesgos abióticos considerados son:

- Heladas tardías: se evita la plantación durante periodos de riesgo y se selecciona un patrón y una variedad con brotación tardía para reducir daños.
- Exceso de salinidad: el sistema de riego está diseñado para aplicar una fracción de lavado adecuada, y se elige un portainjerto tolerante (UCB1) según el análisis del agua.
- Estrés hídrico y altas temperaturas: se implementa un sistema de riego por goteo con diseño eficiente, programado para mantener una humedad constante en la zona radicular sin provocar encharcamientos.
- Viento: se colocan tutores y protectores para evitar el daño mecánico a las plantas jóvenes.

En cuanto a los factores bióticos, se establece un plan de vigilancia y monitoreo continuo. Se aplicarán tratamientos fitosanitarios localizados únicamente cuando sea necesario, siguiendo principios de gestión integrada de plagas (GIP) para minimizar el uso de productos químicos.

Se prioriza el uso de productos autorizados, respetando los calendarios de aplicación y teniendo en cuenta la sensibilidad del entorno, especialmente por tratarse de una zona ZEPA.

En las Tablas 2 y 3 quedan reflejadas a modo de resumen las principales plagas y enfermedades y sus correspondientes métodos de control.

Tabla 2. Resumen plagas del pistacho. Elaboración propia.

PLAGA	Medida de control
<i>Meloidogyne spp.</i> (nematodos)	Elección de portainjerto resistente (UCB1), control preventivo y análisis del suelo.
<i>Clitra</i> (escarabajo defoliador)	Monitoreo visual y aplicación puntual de insecticidas autorizados si se detecta infestación.
Chinche verde (<i>Nezara viridula</i>)	Control mediante productos específicos y seguimiento del ciclo biológico.
Psila (<i>Agonoscena pistaciae</i>)	Tratamientos dirigidos en estados larvarios iniciales; control biológico si es posible.

Tabla 3. Resumen enfermedades del pistacho. Elaboración propia.

ENFERMEDAD	Medida de control
<i>Verticillium dahliae</i> (verticilosis)	Elección de patrón tolerante (UCB1), evitar encharcamientos y vegetación en exceso.
Botriosfera (<i>Botryosphaeria spp.</i>)	Poda en seco, eliminación de ramas afectadas, uso de cicatrizantes con cobre.
Roya (<i>Puccinia spp.</i>)	Tratamientos fungicidas preventivos en condiciones húmedas; mejora de ventilación.
Septoria (<i>Septoria pistaciarum</i>)	Reducción del follaje infectado, aplicaciones fungicidas específicas si es necesario.
Alternaria (<i>Alternaria spp.</i>)	Control de humedad, eliminación de hojas afectadas, tratamientos específicos.
Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>)	Poda para aumentar aireación, evitar exceso de humedad, control químico si es preciso.

5.4.5. Recolección

La recolección se realizará de forma mecanizada mediante un paraguas invertido acoplado al tractor, lo que permite mayor eficiencia y rapidez, minimizando pérdidas y reduciendo la necesidad de mano de obra. Esta técnica es compatible con el marco de plantación de 7×7 metros, que ha sido diseñado para facilitar el acceso de maquinaria.

La operación se llevará a cabo cuando el fruto alcance su madurez óptima, procurando evitar daños en la piel del pistacho y en las ramas del árbol.

6. INGENIERÍA DE LAS OBRAS E INSTALACIONES. RIEGO Y ELECTRIFICACIÓN

6.1. Riego

Para garantizar el correcto desarrollo de la plantación de pistachos en régimen de regadío, se ha proyectado un sistema de riego localizado por goteo. Este sistema ha sido diseñado para proporcionar agua de forma eficiente y controlada, ajustándose a las necesidades hídricas del cultivo en cada etapa de su desarrollo.

6.1.1. Captación y fuente de agua

El agua utilizada en el sistema de riego proviene de un sondeo previamente ejecutado en la parcela. Dicho sondeo, inscrito en la Confederación Hidrográfica del Tajo, cuenta con una dotación autorizada de 10.000 m³/ha/año, lo que supone un volumen máximo anual de 11.835 m³ y un volumen máximo mensual de 3.550 m³. El pozo tiene un diámetro de 200 mm, una profundidad de 66 metros y un caudal máximo instantáneo de 4,66 L/s, características que permiten satisfacer sobradamente las necesidades hídricas del cultivo.

6.1.2. Sistema de riego por goteo

Se ha optado por un sistema de riego localizado, consistente en la colocación de dos líneas de tubería con goteros autocompensantes por cada fila de árboles. Cada planta contará con 10 emisores de 4 L/h, 5 a cada lado del tronco, con una separación de 0,75 m entre goteros. Esta configuración asegura una distribución homogénea del agua en la zona radicular, favoreciendo el desarrollo de un bulbo húmedo continuo y reduciendo el riesgo de salinización del suelo.

6.1.3. Sectores de riego

La plantación se dividirá en tres sectores de riego, diseñados en función de la superficie total y el caudal disponible. Esta sectorización permite una gestión eficiente del riego, evitando excesos de presión en las tuberías y asegurando una aplicación homogénea en toda la parcela. Cada sector se activará de forma independiente mediante electroválvulas automatizadas. Tras un análisis de los posibles diseños del sistema de riego de la plantación, se ha optado por el que se encuentra reflejado en la Figura 6.

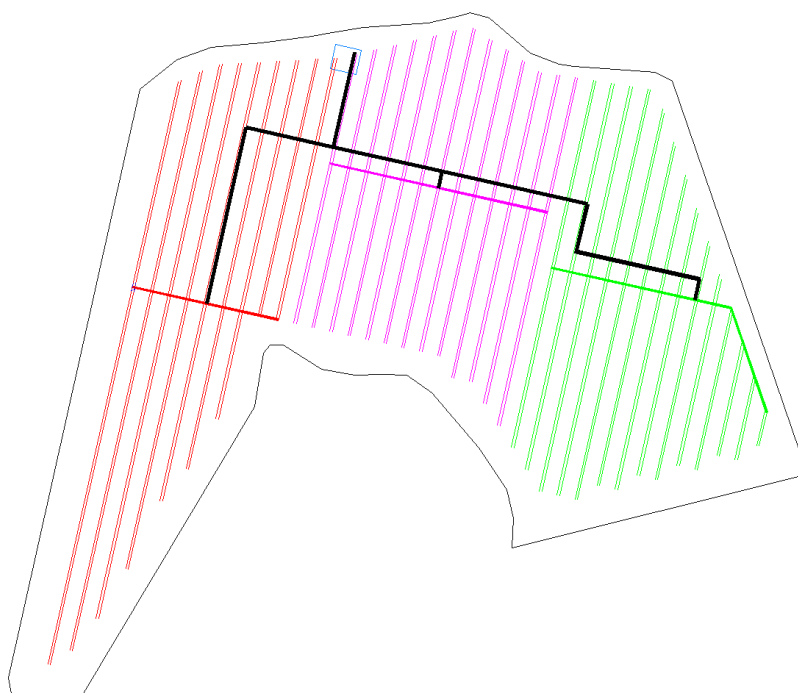


Figura 6. Diseño del sistema de riego en la parcela, dividido por sectores. Elaboración propia.

En el documento PLANOS, se representa la disposición del riego con mayor detalle, en el plano nº4 de Riego.

6.1.4. Frecuencia y tiempo de riego

La duración del riego ha sido calculada teniendo en cuenta la edad de la plantación, el caudal por emisor y las necesidades hídricas mensuales estimadas. Se establecen los siguientes tiempos de riego:

- Años 0–3: riegos cada 5 días en mayo y septiembre (3,5 h), y cada 2 días en junio, julio y agosto (3,5–4,5 h por turno).
- Años 4–5: riegos cada 3 días en mayo y septiembre (3,9 h), y diarios en los meses de máxima demanda (junio-agosto) con duraciones entre 2,5 y 3,5 horas por día.
- Años 6 en adelante (fase adulta): riegos cada 2 días en mayo y septiembre (3,5 h), y riegos diarios en junio, julio y agosto, con duraciones que alcanzan entre 4 y 5,5 horas por día, en función de las condiciones climáticas.

6.1.5. Cabezal de riego

El cabezal de riego estará ubicado en el interior de una caseta de riego y estará compuesto por los siguientes elementos principales:

- Sistema de filtrado: compuesto por un hidrociclón para separación de arenas y dos filtros automáticos de anillas de 100 micras, para proteger los emisores de posibles obstrucciones.
- Sistema de fertirrigación: con bomba dosificadora, colector de aspiración y depósitos de abono, que permitirán aplicar fertilizantes disueltos junto al riego de forma precisa.
- Elementos de control y seguridad: incluyendo válvulas antirretorno, ventosas de triple efecto, transductores de presión, caudalímetro y un programador electrónico que automatiza los turnos de riego por sectores y el fertirriego.

6.2. Caseta de riego

Se instalará una caseta prefabricada tipo contenedor destinada a albergar el cabezal de riego, el cuadro eléctrico, la batería y el sistema de iluminación. Sus dimensiones serán de 6 x 3 x 2,8 metros, y dispondrá de dos ventanas y una puerta con cerradura.

La caseta se colocará sobre una base nivelada y compactada, anclada mediante tacos químicos o placas metálicas, sin ejecución de losa de hormigón.

Estará equipada con aislamiento térmico y acústico, suelo técnico reforzado, tomas de corriente de 230 V y dos luminarias de 16 W con protección IP65, garantizando la visibilidad en el interior durante tareas de supervisión o mantenimiento.

6.3. Electrificación

La electrificación del sistema de riego se basa en el aprovechamiento de energía solar mediante dos sistemas fotovoltaicos independientes, diseñados para cubrir todas las necesidades energéticas de la plantación sin dependencia de la red eléctrica convencional. Esta solución garantiza la autosuficiencia energética, reduce costes operativos y favorece la sostenibilidad del proyecto. Se representan los esquemas unifilares y multifilares de la electrificación en el documento PLANOS.

6.3.1. Primer sistema fotovoltaico. Alimentación de bombas

El primer sistema fotovoltaico tiene como finalidad abastecer energéticamente la bomba del sondeo y la bomba del sistema de fertirrigación. Para ello, se instalan un total de 30 paneles solares de 550 Wp, distribuidos en dos grupos:

- 28 paneles conectados a la bomba del sondeo (5,5 kW).
- 2 paneles conectados a la bomba de fertirrigación (0,37 kW).

Estos paneles se montan sobre una estructura elevada a 3,5 m del suelo, con orientación sur e inclinación de 30°, óptima para la captación solar en la provincia de Toledo. Cada bomba cuenta con su propio variador de frecuencia solar, que permite transformar la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna y regular su funcionamiento de forma eficiente.

El sistema dispone de fusibles MC4, cableado dimensionado según criterios térmicos y de caída de tensión, y protecciones magnetotérmicas específicas para cada línea. Las conducciones se ejecutan mediante sistemas tipo B1 en el exterior y tipo B2 en el interior de la caseta.

6.3.2. Segundo sistema fotovoltaico. Iluminación y control

El segundo sistema fotovoltaico se encarga de suministrar energía a los elementos de control e iluminación de la caseta, así como a las tomas de corriente. Se instalan 2 paneles solares de 550 Wp en la cubierta de la caseta, orientados al sur e inclinados 30°.

La energía generada se almacena en 3 baterías de litio de 12 V y 25 Ah, conectadas en serie para proporcionar una tensión total de 36 V. Estas baterías están gestionadas por un regulador de carga MPPT, y la energía almacenada se convierte en corriente alterna mediante un inversor, el cual contiene este regulador MPPT integrado.

El sistema dispone de fusible MC4 y ANL, cableado dimensionado según criterios térmicos y de caída de tensión, y protecciones magnetotérmicas específicas para cada línea. Las conducciones se ejecutan mediante sistemas tipo B2 en el interior de la caseta.

Este sistema da servicio a:

- Dos luminarias de 16 W.
- Tomas de corriente de 230 V.
- El programador de riego y otros elementos electrónicos de control.

6.3.3. Sistema eléctrico del programador

El programador de riego (modelo Agrónic 2500 o similar) permite el control automatizado de:

- Electroválvulas de los tres sectores de riego.
- Electroválvula del sistema de fertirrigación.
- Sensores de presión y caudal, así como el seguimiento del funcionamiento de las bombas.

Los cables que conectan el programador con las electroválvulas recorren largas distancias, por lo que han sido dimensionados con secciones de hasta 4 mm², empleando sistema de conducción tipo D2, es decir, cable enterrado en tubo con protección frente a humedad y rayos UV. Para el resto de los elementos, se utilizan conducciones tipo B2, empotradas y con aislamiento XPLE.

6.3.4. Cuadro eléctrico

En el interior de la caseta se instalará un cuadro eléctrico mural estanco IP65, fabricado en material plástico resistente, con capacidad suficiente para alojar:

- Los dispositivos de protección en corriente continua y alterna.
- El programador de riego y conexiones a sensores.
- Las salidas a luminarias y tomas de corriente.
- El sistema de distribución energética de ambos sistemas fotovoltaicos.

7. PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN

La programación de las actuaciones previstas para garantizar el adecuado desarrollo del proyecto se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Programación de las actividades del proyecto. Elaboración propia.

AÑO	ACTIVIDADES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	Subsolado												
	Fertilización orgánica												
1	Entrega de plantas												
	Plantación												
	Riego post-plantación												
	Instalación del riego												
	Riego												
2-6	Reposición de mallas												
	Poda de formación												
	Fertilización												
	Siegas												
	Herbicida en línea												
	Riego												
	Control de plagas y enfermedades												
7-FINAL	Poda de producción												
	Fertilización												
	Siegas												
	Herbicida en línea												
	Riego												
	Control de plagas y enfermedades												

8. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Se procede a desglosar y justificar técnicamente los precios unitarios del presupuesto del proyecto. La estimación de costes se basa en bases de datos oficiales (como la de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha), precios de mercado y análisis de rendimientos, considerando además costes indirectos y medios auxiliares. En la Tabla 5 se muestra un resumen de la justificación de precios del presupuesto del proyecto.

Tabla 5. Resumen justificación de precios del presupuesto. Elaboración propia.

Apartado	Descripción breve	Total estimado (€)
Mano de obra	Coste de operarios por categoría (oficiales, peones, etc.)	21.795,70
Maquinaria	Coste por hora de uso de la maquinaria utilizada en el proyecto	2.366,89
Materiales	Coste detallado de materiales agrícolas, eléctricos, hidráulicos, solares, etc.	33.974,23
Precios auxiliares	Composición y coste unitario de hormigón, mortero, etc.	Variable
Justificación de precios	Fichas completas de costes por unidad de obra: instalación, conexión, montaje	Variable

Los apartados de precios auxiliares y justificación de precios no incluyen un importe total cerrado, ya que recogen precios unitarios de distintas unidades de obra. Estos precios dependen de la cantidad real ejecutada en el proyecto, por lo que su suma final se integra en el presupuesto general, el cual se encuentra en el documento PRESUPUESTO. Se presentan como apoyo técnico y económico para justificar las partidas incluidas en dicho presupuesto.

9. EVALUACIÓN ECONÓMICO-FINANCIERA

Se evalúan costes e ingresos a lo largo de 40 años de vida útil mediante los principales indicadores financieros: VAN, TIR, PRI y B/I. El estudio considera la inversión inicial, los gastos de explotación y los ingresos por la venta de pistachos y ayudas públicas, permitiendo determinar si el proyecto es rentable y sostenible económicamente.

9.1. Inversión inicial

La inversión total asciende a 83.711,21 € e incluye la preparación del terreno, plantación, riego, caseta y sistema fotovoltaico. Se financiará mediante autofinanciación, evitando así préstamos y costes financieros, lo que proporciona mayor autonomía y estabilidad en los primeros años del proyecto.

9.2. Pagos

Los pagos a lo largo de la vida útil del proyecto se dividen en pagos ordinarios y pagos extraordinarios, en función de su frecuencia e impacto económico. En la Tabla 6 se muestran los pagos de manera resumida.

Tabla 6. Resumen de pagos. Elaboración propia.

Tipo de pago	Concepto	Frecuencia	Importe estimado (€)
Ordinario	Mantenimiento del suelo	Anual	1529,08
	Podas	Anual, según etapa	1286–3215
	Fertilización orgánica (estiércol)	Bianual desde año 5	1671,6
	Fertilización mineral	Según etapa y año ON-OFF	74,59-3361,63
	Fertilización foliar	Anual desde año 6	52,8
	Análisis foliar	Anual	45
	Control de plagas	Anual	316,2
	Recolección	Anual desde año 6	126
	Seguro agrícola	Anual, según etapa	289,8-455,4
Extraordinario	Reposición de marras	Años 1–3	300
	Sustitución sistema de riego	Año 20	2500
	Renovación sistema solar	Año 30	2000
	Mantenimiento estructural	Cada 5 años	250

9.3. Cobros

Los ingresos de la explotación se dividen en cobros ordinarios, provenientes de la venta del pistacho, y cobros extraordinarios, derivados principalmente de ayudas públicas. En la Tabla 7 se muestran los cobros de manera resumida.

Tabla 7. Resumen de cobros. Elaboración propia.

Tipo de cobro	Concepto	Inicio	Importe estimado (€)
Ordinario	Venta de pistacho (2,10 €/kg verde)	Según etapa	11226,6-46777,5
Extraordinario	Ayuda PAC (130 €/ha)	Anual	538,2

9.4. Flujos de caja

Se han calculado anualmente, considerando que la inversión se realiza en el año 0.

9.5. Criterios de rentabilidad

En la Tabla 8 se muestran los criterios de rentabilidad utilizados y sus respectivos valores.

Tabla 8. Criterios de rentabilidad. Elaboración propia.

Indicador	Valor	Interpretación
VAN	280.819,43 €	Rentabilidad positiva
TIR	13,13%	Superior a la tasa de descuento (5%)
PRI	12 años	Recuperación razonable
B/I	3,35	Cada € invertido genera 3,35 € de beneficio

9.6. Análisis de sensibilidad

Se han considerado 3 escenarios que pueden afectar negativamente a la economía de la plantación. En la Tabla 9 se adjunta un resumen de los resultados para estos tres escenarios negativos.

Tabla 9. Resumen análisis de sensibilidad. Elaboración propia.

Escenario	VAN (€)	TIR (%)	PRI (años)	B/I	Viabilidad
Producción -10%	232.803,05	12,15	12	2,78	✓ Rentable
Precio 1,4 €/kg	119.463,22	9,32	15	1,43	✓ Rentable
Tasa actualización 7%, precio 1,75 €/kg	105.192,07	11,42	13	1,26	✓ Rentable

El proyecto es económicamente viable y rentable, incluso en escenarios adversos. Presenta alta resistencia frente a variaciones en precios, producción y tasas financieras.

10. ASPECTOS ÉTICOS, ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES

Se analizan los efectos éticos, económicos, sociales y ambientales derivados del proyecto, el cual se plantea desde un enfoque de sostenibilidad, eficiencia en el uso de recursos, y compromiso con el desarrollo rural.

Desde el punto de vista económico, la plantación de pistacho representa una inversión rentable y viable a medio y largo plazo. Se cuenta con indicadores positivos como VAN y TIR, y un periodo de recuperación moderado. Además, el proyecto contribuye a la economía local al generar empleo y dinamizar sectores como viveros, transporte, energía solar y maquinaria agrícola.

En cuanto a los aspectos sociales, la plantación actúa como motor contra la despoblación rural, promoviendo el empleo y atrayendo a jóvenes al sector agrario. Facilita además la profesionalización del agricultor mediante conocimientos técnicos especializados y favorece la inclusión social al diseñarse como una explotación accesible y mecanizada.

En el plano ambiental, se han tomado importantes medidas de sostenibilidad. El sistema de riego por goteo, alimentado por energía solar, optimiza el uso del agua y elimina emisiones. Se fomenta una cubierta vegetal que protege el suelo frente a la erosión y mejora su estructura, al tiempo que se minimiza el laboreo y el uso de químicos. Estas prácticas son especialmente relevantes al ubicarse la plantación en una zona ZEPA, donde se prioriza la conservación de la biodiversidad y la protección de especies esteparias.

En conjunto, el proyecto se presenta como una iniciativa agraria viable, ética y responsable, alineada con los objetivos de sostenibilidad, desarrollo rural y conservación del medio natural.



Madrid, junio de 2025

FIRMADO: JOAQUÍN GARCÍA MEDINA

ANEJO I:
ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA
SITUACIÓN DE PARTIDA



ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ANTECEDENTES	1
2.1.	Localización e histórico de la parcela.....	1
2.2.	Situación del sector.....	5
2.2.1.	Superficie.....	5
2.2.2.	Producción	5
2.2.3.	Consumo	6
2.3.	Exportaciones	7
2.4.	Importaciones	7
2.5.	Precios del pistacho	7
2.6.	Normativa legal	8
2.6.1.	Permisos de uso de agua.....	8
2.6.2.	Normativa agraria y medioambiental	9
2.6.3.	Legislación sobre suelos agrarios	10
2.6.4.	Zonas protegidas.....	10
2.7.	Situación socioeconómica de la zona	11
3.	ÁREA DEL PROYECTO	12
3.1.	Condicionantes externos.....	12
3.1.1.	Geología	12
3.1.2.	Hidrología.....	13
3.2.	Condicionantes internos	15
3.2.1.	Preferencias del promotor.....	15
3.2.2.	Datos climáticos	15
3.2.3.	Datos edafológicos	21
3.2.4.	Calidad del agua del riego	24
4.	SITUACIÓN ACTUAL.....	26
5.	SITUACIÓN FUTURA SIN PROYECTO	26
6.	ANÁLISIS DE DEBILIDADES, AMENAZAS, FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES: DAFO.....	27
7.	BIBLIOGRAFÍA	28



ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Localización del municipio en el mapa de España. Fuente: IGN, elaboración propia.	1
Figura 2. Localización del municipio en la provincia de Toledo. Fuente: IGN, elaboración propia.	2
Figura 3. Localización de las parcelas en el municipio de Santa Cruz de la Zarza. Fuente: IGN, elaboración propia.	2
Figura 4. Localización y acceso. Fuente: IGN, elaboración propia.	3
Figura 5. Parcela 1.	3
Figura 6. Parcela 2.	3
Figura 7. Localización de sondeo realizado por el promotor.	4
Figura 8. Superficie mundial de pistacho 2024. Fuente: elEconomista, elaboración propia.	5
Figura 9. Producción mundial de pistacho 2024. AGRONEWS CASTILLA Y LEÓN, elaboración propia.	6
Figura 10. Consumo mundial de pistacho 2023. Fuente: agróptimum, elaboración propia.	6
Figura 11. Área esteparia de La Mancha norte. Fuente: IGME, elaboración propia.	10
Figura 12. Población en Santa Cruz de la Zarza. Fuente: Instituto Nacional de Estadística, elaboración propia.	11
Figura 13. Pirámide poblacional de Santa Cruz de la Zarza. Fuente: Citypopulation, elaboración propia.	12
Figura 14. Geología de la zona a proyectar. Fuente: IGME, elaboración propia.	13
Figura 15. Cuencas hidrográficas de Castilla-La Mancha. Fuente: IGME, elaboración propia.	14
Figura 16. Curso del Río Tajo. Fuente: IGN, elaboración propia.	14
Figura 17. Climodiagrama. Fuente: SIAR, elaboración propia.	20
Figura 18. Rosas de los vientos. Fuente: SIAR, elaboración propia.	21
Figura 19. Triángulo de texturas. Fuente propia.	22
Figura 20. Matriz DAFO. Elaboración propia.	27

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Precios al agricultor en Talavera de la Reina 2024. Fuente: Mister Pistacho.	8
Tabla 2. Precios al agricultor en Albacete 2024. Fuente: Mister Pistacho.	8
Tabla 3. Régimen termométrico. Fuente: SIAR, elaboración propia.	16
Tabla 4. Horas frío según Weinberger. Fuente: El Cultivo del Pistacho.	16
Tabla 5. Calendario régimen de heladas. Elaboración propia.	18
Tabla 6. Régimen pluviométrico. Fuente: SIAR, elaboración propia.	19
Tabla 7. Régimen de humedad relativa. Fuente: SIAR, elaboración propia.	20
Tabla 8. Datos edafológicos. Fuente: Promotor.	22
Tabla 9. Datos de agua de riego. Fuente: Vecino del promotor.	25

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objetivo realizar un análisis exhaustivo de la situación de partida para el establecimiento de una plantación de pistachos en régimen de regadío en una superficie de 4,14 hectáreas ubicada en el término municipal de Santa Cruz de la Zarza (Toledo), dentro de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. Este diagnóstico inicial constituye un paso fundamental para la planificación y el desarrollo sostenible del proyecto agrícola, permitiendo valorar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la explotación.

El documento aborda aspectos clave como las características de la parcela, antecedentes de uso agrícola, condiciones edafoclimáticas, calidad del agua de riego, marco legal aplicable, así como el contexto socioeconómico de la zona. También se incluye un análisis DAFO que identifica las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del proyecto.

Este anejo proporciona una base sólida sobre la que se asienta la propuesta de implantación del cultivo de pistacho, enmarcada en una estrategia de diversificación agraria y mejora de la rentabilidad del terreno, frente a la baja productividad y rentabilidad de los cultivos tradicionales de cereal en secano.

2. ANTECEDENTES

2.1. Localización e histórico de la parcela

La plantación se localiza en la provincia de Toledo (Castilla-La Mancha), concretamente en el municipio de Santa Cruz de la Zarza, como viene representado en la Figura 1 y 2:

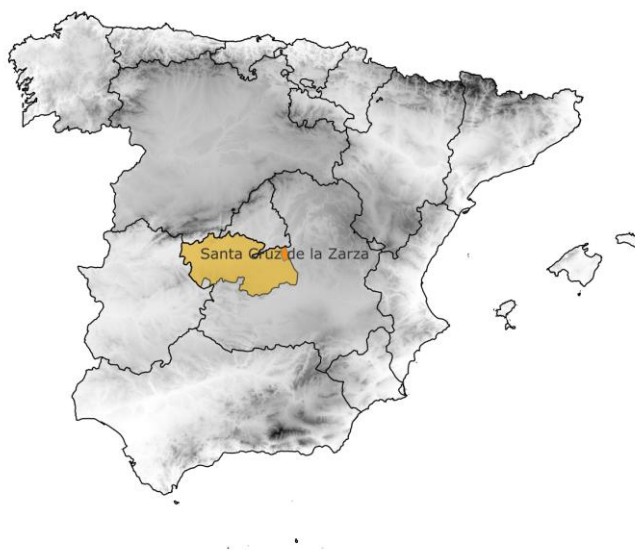


Figura 1. Localización del municipio en el mapa de España. Fuente: IGN, elaboración propia.



Figura 2. Localización del municipio en la provincia de Toledo. Fuente: IGN, elaboración propia.

El proyecto se llevará a cabo en dos parcelas colindantes, concretamente en el paraje de “Rivoche”, al Sureste del municipio, a una distancia de unos 8 km, como viene representado en la Figura 3.

Las coordenadas exactas son:

Latitud: 39° 56' 53.04" N

Longitud: 3° 7' 30.49" O

Coord. X: 489.310,22

Coord. Y: 4.422.000,50

Altitud sobre el nivel del mar: 798 m

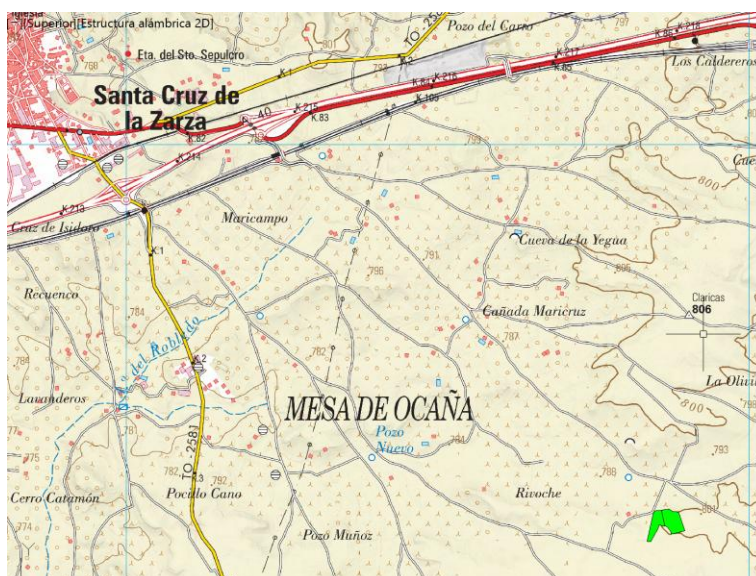


Figura 3. Localización de las parcelas en el municipio de Santa Cruz de la Zarza. Fuente: IGN, elaboración propia.

Estas parcelas tienen una extensión de 4,14 ha y cuentan con un único acceso, próximo al conocido por la población como el “Pozo de las Mulas”, Figura 4:



Figura 4. Localización y acceso. Fuente: IGN, elaboración propia.

Los datos exactos de las parcelas son los siguientes:

Parcela 1: Polígono: 43, Parcela: 153. Referencia catastral: 45157A043001530000WY. Superficie: 1,72 ha. Figura 5.



Figura 5. Parcela 1.

Parcela 2: Polígono: 43, Parcela: 151. Referencia catastral: 45157A043001510000WA. Superficie: 2,42 ha. Figura 6.



Figura 6. Parcela 2.

Ambas parcelas han sido de uso agrario durante muchos años, específicamente, se han utilizado para la siembra de cebada y trigo de secano, intercalando algunos años con leguminosas como los yeros.

La tierra ha sido sometida durante estos años a numerosas labores, dejándola en barbecho cada dos años. Se han sometido a control de malas hierbas mediante laboreo y escarda química y se han mantenido en buen estado aplicándoles sus abonados de fondo y cobertera correspondientes cada año.

Por los alrededores se localizan terrenos dedicados también al cereal de secano y viñedos en regadío; los agricultores de la zona ya cuentan con algunos pozos propios realizados para abastecer de agua a sus viñedos.

El promotor con vistas a realizar la plantación dejó ejecutado un sondeo en la parcela 2 (Figura 7). Esta captación será la que se utilizará para abastecer de agua para el riego de los pistacheros.

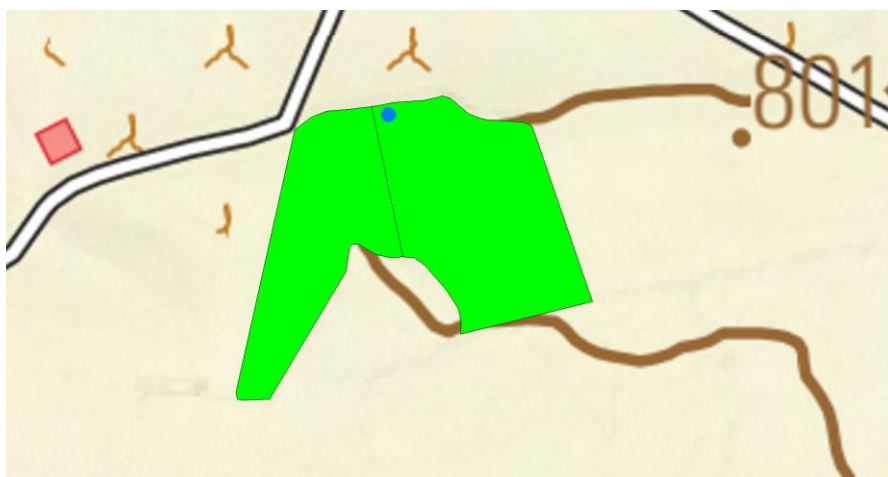


Figura 7. Localización de sondeo realizado por el promotor.

Las coordenadas exactas son:

Latitud: 39° 56' 54.97" N

Longitud: 3° 7' 30.14" O

Coord. X: 489.318,68

Coord. Y: 4.422.060,19

El sondeo se encuentra dentro de la Confederación Hidrográfica del Tago con una dotación de 10.000 m³/ha, volumen máximo anual de 11.835 m³ y volumen máximo mensual de 3.550 m³. Tiene un diámetro de sondeo de 200 mm con una profundidad de 66 m y un caudal máximo instantáneo de 4,66 L/s.

2.2. Situación del sector

2.2.1. Superficie

Globalmente, la superficie mundial de este cultivo sobrepasa el millón de ha (datos 2024). De este total, Turquía contiene la mayor superficie con un total de 389.000 ha, siguiéndole Estados Unidos con 165.500 ha e Irán con 125.500 ha, aproximadamente.

En los últimos años, España ha alcanzado la cuarta posición en cuanto a superficie en el mundo con unas 70.000 ha, de las cuales cuentan con más del 70% de secano, y el resto de regadío. Estos datos vienen simplificados en la Figura 8:

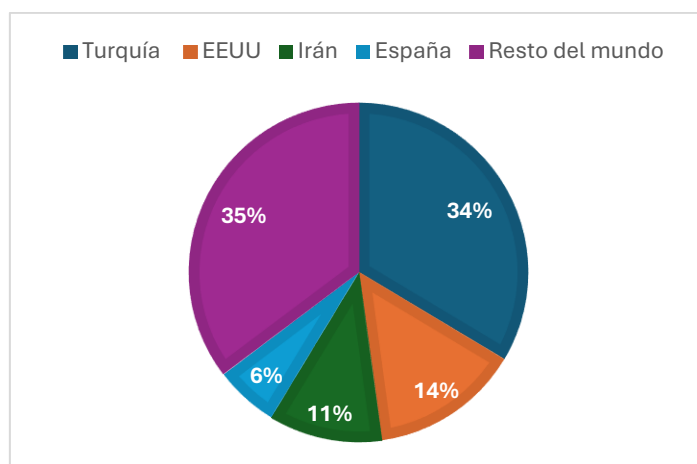


Figura 8. Superficie mundial de pistacho 2024. Fuente: *elEconomista*, elaboración propia.

2.2.2. Producción

La producción mundial del pistacho se ha visto ligeramente condicionada por la disminución en Turquía, pero ha sido compensada por Estados Unidos e Irán, con un incremento del 40% de producción. En su totalidad, el pistacho ha alcanzado unas cifras de 1,1 millones de toneladas. La producción en Estados Unidos es la más destacable con 676.000 t, Irán con 180.000 t y, finalmente, Turquía con 175.000 t.

La producción española de pistacho se encuentra en continuo crecimiento, obteniendo unos valores aproximados de 7.500 t, centrándose sobre todo en la comunidad autónoma de Castilla La Mancha, que concentra el 80% de la superficie nacional. En la Figura 9 se muestran estos datos resumidos:

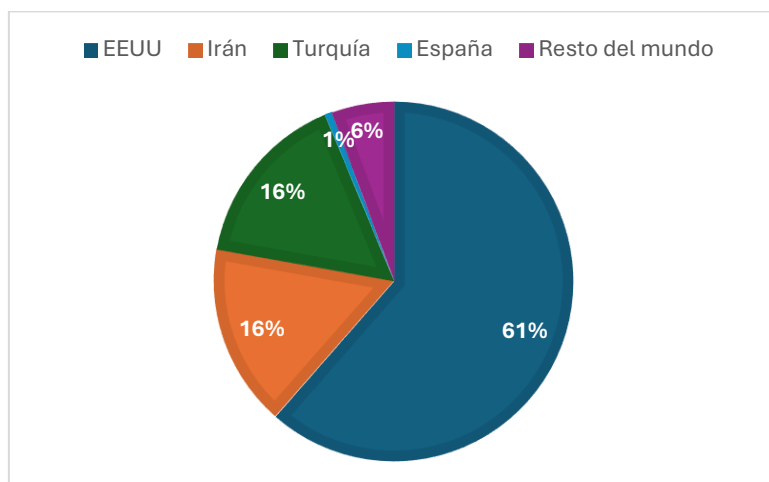


Figura 9. Producción mundial de pistacho 2024. AGRONEWS CASTILLA Y LEÓN, elaboración propia.

Como se ha mencionado anteriormente, Turquía ha sufrido un descenso en la producción bastante significativo. Esta situación es debida principalmente a la alerta sanitaria emitida por la Unión Europea por encontrar niveles de aflatoxinas, las cuales son toxinas producidas por hongos patógenos, que tienen riesgo de producir ciertos cánceres. Además de esto, en Estados Unidos, el cultivo del pistacho ha crecido drásticamente, por lo que la competencia ocasionada por este país es también considerable.

2.2.3. Consumo

El pistacho es el segundo fruto seco más consumido en el mundo, alcanzando casi el millón de toneladas. Estas cifras demuestran la creciente popularidad de este fruto seco y la variabilidad de usos que se le están dando. Entre los países más consumidores se encuentra Estados Unidos con casi 500.000 t, Turquía con 250.000 t, e Irán con 90.000 t.

España se encuentra entre los principales consumidores de pistacho internacionalmente con 3.000 t métricas consumidas, que resulta bastante insignificante en comparación con los números de los países anteriormente citados. En la Figura 10 se observa el consumo del pistacho de forma resumida:

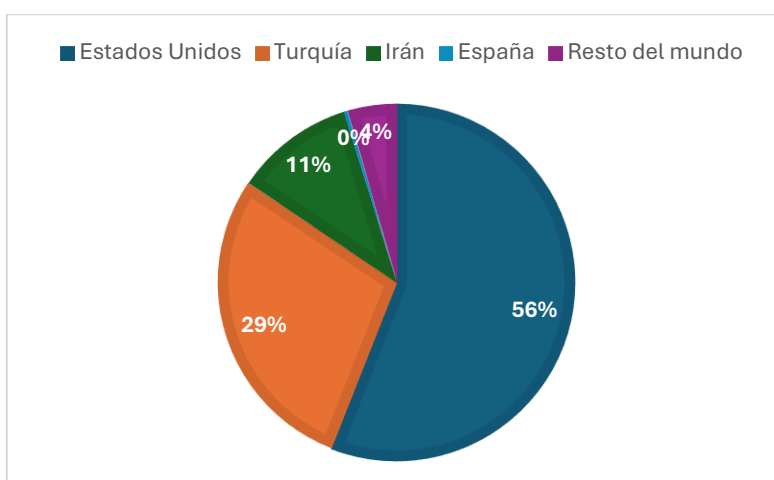


Figura 10. Consumo mundial de pistacho 2023. Fuente: agróptimum, elaboración propia.

2.3. Exportaciones

La gran demanda del pistacho ha dado lugar a un incremento de las exportaciones en el mundo. Irán, Estados Unidos y Turquía permanecen como los más representativos en cuanto a este aspecto de mercado. En total se han alcanzado unas cifras de 634.000 t, en la cuales Estados Unidos alcanza las 435.000 t, e Irán representa 135.000 t debido a las exportaciones realizadas a India, China y la Unión Europea.

La situación en España no es muy distinta, debido al continuo aumento de las producciones, también están creciendo las exportaciones. Las cifras llegar a alcanzar las 3.000 t exportadas en estos últimos años, teniendo como principales destinos de comercio Francia, Italia y Portugal.

2.4. Importaciones

En cuanto a importaciones, el país considerado como el mayor importador en el mundo es China, que representa un 52% de las exportaciones de Estados Unidos. Detrás de China, se engloban el conjunto de la Unión Europea como los siguientes, ya que, independientemente, no se acercan a unos números tan elevados, en su totalidad llegan a concentrar un 31% de las exportaciones estadounidenses.

Las producciones españolas no llegan a ser las suficientes como para abastecerse a sí misma, por lo que necesita comprar a otros países este producto. España se encuentra el tercero como importador en Europa. Las compras de pistacho van destinadas al consumo y a la industria.

2.5. Precios del pistacho

Los precios del pistacho cambian dependiendo de diversos factores como la oferta y demanda mundial, costes de producción, calidad y calibre del pistacho, variedad del pistachero, condiciones climáticas del año, especulación y mercados de futuro, transporte y logística, etc.

Otro factor también determinante en el precio de este fruto es el cultivo en ecológico, en el cual el pistacho tiene un precio mayor que en convencional. Este aumento de precio es debido a distintos aspectos como:

- Menor rendimiento en ecológico, debido a la prohibición del uso de abonos sintéticos y fitosanitarios químicos, lo que hace que haya un descenso en la productividad del árbol.
- Certificado como cultivo ecológico, para que la plantación sea considerada como ecológica tiene que pasar por distintos procesos administrativos que conllevan costas adicionales.
- Alta demanda en los mercados de la Unión Europea y Estados Unidos.
- La producción de cultivos ecológicos es más limitada que la de los convencionales, debido a que hay más plantaciones convencionales.

También se debe diferenciar entre los precios para el agricultor y el precio en mercado. En cuanto al precio al agricultor que, en un principio, es el que más interesa, se van a

comparar dos precios en dos zonas distintas que son las más cercanas al lugar del proyecto, estas son Talavera de la Reina y Albacete (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Precios al agricultor en Talavera de la Reina 2024. Fuente: Mister Pistacho.

PRECIOS DE VENTA AGRICULTOR					
			PRECIO ANTERIOR	PRECIO ACTUAL	Unidad
PISTACHO CONVENCIONAL					
TIPO KERMAN, SIRORA, LOST_HILL, GOLDEN_HILL,....	ABIERTO LIMPIO	Calibre 18 - 20	6,30	6,60	€/Kg
		Calibre 21 - 22	5,80	6,20	€/Kg
		Calibre 23 - 25	5,20	5,60	€/Kg
		Calibre 25 - 28	S/C		€/Kg
	GRANO		8,80	10,00	€/Kg
	EN VERDE		S/C	2,10	€/Kg
TIPO LARNAKA	GRANO		9,30	11,50	€/Kg
PISTACHO ECOLÓGICO					
TIPO KERMAN, SIRORA, LOST_HILL, GOLDEN_HILL,....	ABIERTO LIMPIO	Calibre 18 - 20	6,70	7,10	€/Kg
		Calibre 20 - 22	6,20	6,60	€/Kg
		Calibre 23 - 25	5,60	6,00	€/Kg
		Calibre 25 - 28	S/C		€/Kg
	GRANO		9,20	10,50	€/Kg
	EN VERDE		S/C	2,60	€/Kg
TIPO LARNAKA	GRANO		9,70	12,00	€/Kg
Comentario: Subida del precio por la limitada oferta de pistacho y la elevada demanda de los plantas procesadoras.					

Tabla 2. Precios al agricultor en Albacete 2024. Fuente: Mister Pistacho.

PISTACHO		calibre	€/kg
Convencional			
Tipo Kerman	Pistacho abierto limpio	18 - 19	9,00
		20 - 22	8,50
		23 - 25	8,00
	Pistacho grano		15,00
Tipo Larnaka	Pistacho grano		16,00
Ecológico			
Tipo Kerman	Pistacho abierto limpio	18 - 19	9,50
		20 - 22	9,00
		23 - 25	8,50
	Pistacho grano		15,50
Tipo Larnaka	Pistacho grano		16,50
Precios para pistacho procesado (clasificado y terminado)			
S.C.: Sin cotización			
S.O.: Sin operaciones			

2.6. Normativa legal

Para la realización del proyecto, se deben cumplir una serie de requisitos legales para garantizar una óptima agricultura sostenible y legal.

2.6.1. Permisos de uso de agua

El sistema de riego de la plantación debe estar regularizado y seguir una serie de pautas y normativas para un uso adecuado de este recurso. Se debe cumplir una normativa municipal en la cual, el ayuntamiento del municipio dictaminará las ordenanzas correspondientes sobre cuando utilizar el agua y las prácticas de riego.

El área del proyecto contiene aguas correspondientes a la confederación hidrográfica del Tajo, además, el agua para regar será suministrada a través de captación subterránea, por lo que el riego en el proyecto vendrá dictado por la normativa correspondiente a estas

características. La legislación básica de aguas de la confederación hidrográfica del Tajo es la siguiente:

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.
- Ley 10/2001 de 5 de julio del Plan Hidrológico Nacional.

Por otra parte, también se deben respetar aspectos autonómicos y nacionales, regulaciones que comprende Castilla-La Mancha y el Gobierno de España. Hay dos de estas destacables:

- Ley 2/2022, de 18 de febrero, de Aguas de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.
- Real Decreto 1085/2024, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de reutilización de agua y se modifican diversos reales decretos que regulan la gestión de agua.

Por último, también se deben cumplir normativas europeas que, garantizando su cumplimiento, se puede acceder a diversas ayudas y subvenciones. Cabe resaltar:

- Reglamento Delegado (UE) 2024/1765 de la Comisión, de 11 de marzo de 2024, por el que se completa el Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a las especificaciones técnicas de los elementos clave de la gestión del riesgo.

2.6.2. Normativa agraria y medioambiental

Primero de todo, hay que tener en cuenta la condicionalidad de la PAC (Política Agraria Común) por la cual se debe tener en cuenta para poder contar con ayudas para el mantenimiento de la plantación:

- Reglamento (UE) 2021/2115 del Parlamento Europeo y del Consejo de 2 de diciembre de 2021 por el que se establecen normas en relación con la ayuda a los planes estratégicos que deben elaborar los Estados miembros en el marco de la política agrícola común (planes estratégicos de la PAC), financiada con cargo al Fondo Europeo Agrícola de Garantía (FEAGA) y al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader), y por el que se derogan los Reglamentos (UE) n.o 1305/2013 y (UE) n.o 1307/2013.
- Reglamento (UE) 2021/2116 del Parlamento Europeo y del Consejo de 2 de diciembre de 2021 sobre la financiación, la gestión y el seguimiento de la política agrícola común y por el que se deroga el Reglamento (UE) n.o 1306/2013.
- Reglamento (UE) 2021/2117 del Parlamento Europeo y del Consejo de 2 de diciembre de 2021 que modifica los Reglamentos (UE) n.o 1308/2013, por el que

se crea la organización común de mercados de los productos agrarios, (UE) n.º 1151/2012, sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios.

También se debe tener en cuenta el reglamento relacionado con el uso de productos químicos en la agricultura, teniendo en cuenta que el gobierno ha aprobado la voluntariedad del cuaderno digital de explotación:

- Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios.
- Reglamento de Ejecución (UE) n.º 540/2011 de la Comisión, de 25 de mayo de 2011, por el que se aplica el Reglamento (CE) n.º 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la lista de sustancias activas autorizadas.

2.6.3. Legislación sobre suelos agrarios

Los suelos agrarios no quedan exentos de cumplir unos requisitos legales para su utilización como suelo cultivable y sostenible:

- Ley de 20 de julio de 1955 sobre conservación y mejora de suelos agrícolas.
- Ley 3/2019, de 17 de junio, de los espacios agrarios.

2.6.4. Zonas protegidas

Como se puede observar en la Figura 11, la parcela está restringida por una zona protegida llamada “Área esteparia de La Mancha norte”. Esta zona se caracteriza por ser un área de gran importancia ecológica en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, con paisajes donde predominan las estepas cerealistas, los pastizales y los matorrales, que han ido moldeándose por agricultores y ganaderos a lo largo de los años.

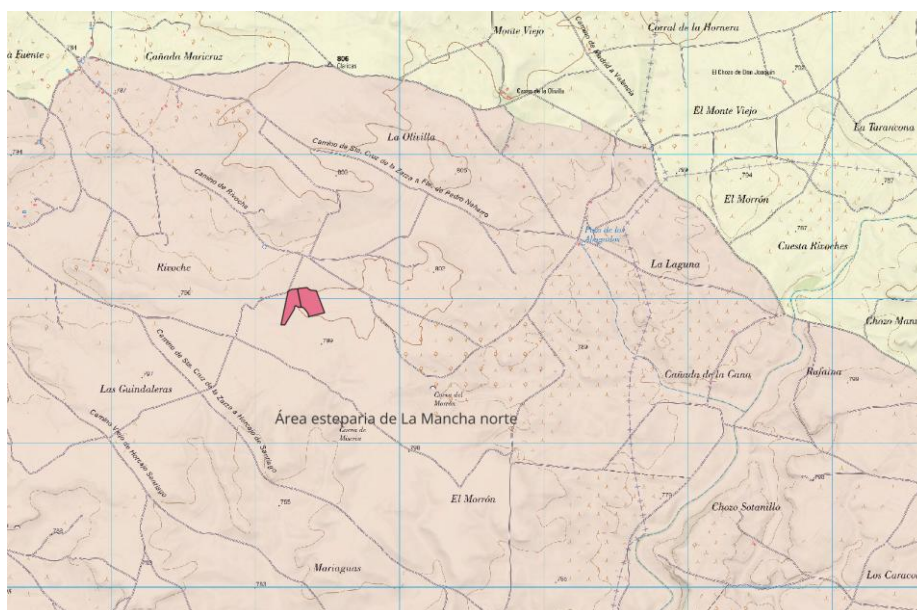


Figura 11. Área esteparia de La Mancha norte. Fuente: IGME, elaboración propia.

Esta zona está considerada como un Área Importante para la Conservación de Aves (IBA), formando parte de la Red Natura 2000, con Zonas de Especial Protección de Aves, o también llamado como zona ZEPA. La normativa vigente para este tipo de zonas es:

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Esta ley da las pautas a seguir en este tipo de zonas de aves protegidas y establece unas normas generales para el mantenimiento de la biodiversidad en España y para mantener la integridad ecológica.

2.7. Situación socioeconómica de la zona

Como se ha hecho mención anteriormente, Santa Cruz de la Zarza es un municipio localizado en la provincia de Toledo, en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, España. La superficie total declarada del municipio es de 264,5 Km² de superficie, con

una densidad poblacional de 15,82 habitantes/Km². La población santacruzera ha ido en declive estos últimos años y, actualmente, cuenta con 4.100 habitantes en total, según el Instituto Nacional de Estadística. En la Figura 12 se muestra la evolución demográfica de la localidad:

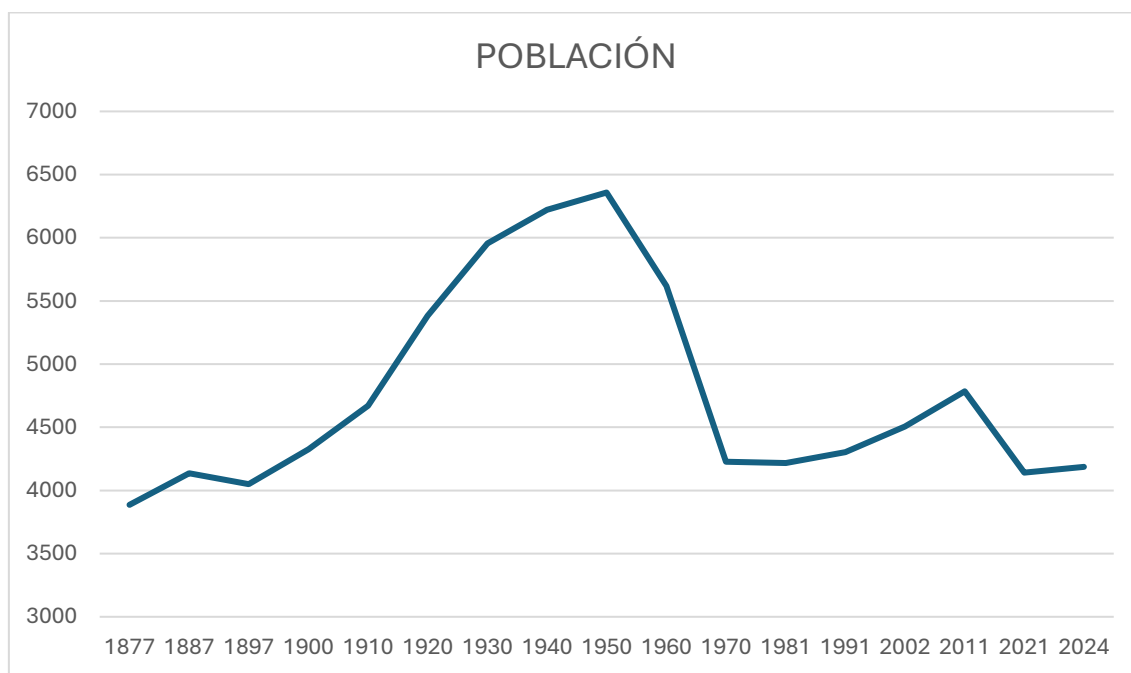


Figura 12. Población en Santa Cruz de la Zarza. Fuente: Instituto Nacional de Estadística, elaboración propia.

A pesar de estos datos, se estima que la población llega a aumentar en 2.000 personas en períodos vacacionales. A continuación, se muestra la pirámide poblacional en la Figura 13:

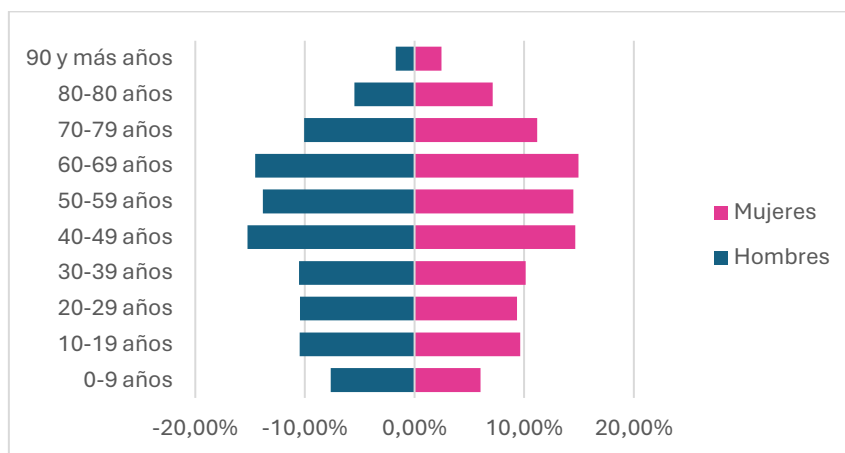


Figura 13. Pirámide poblacional de Santa Cruz de la Zarza. Fuente: Citypopulation, elaboración propia.

La mayor parte de los movimientos migratorios son de la Unión Europea, concretamente de Rumanía, mientras que de América, África, Asia y Oceanía hay una mínima parte.

El empleo en esta localidad ha sido siempre enfocado a la agricultura y a la ganadería, pero con el paso del tiempo, esto ha ido cambiando, obteniéndose distintos datos de empleabilidad en distintos sectores. Según el Instituto Nacional de Estadística, en 2006 la organización en el empleo fue la siguiente:

- Comercio: 31,5 %
- Agricultura y ganadería: 20,4 %
- Industria: 26,5 %
- Construcción: 21,6 %

Estos valores habrán sido alterados estos últimos años, pero no se ha podido encontrar bibliografía más reciente acerca de estos.

3. ÁREA DEL PROYECTO

3.1. Condicionantes externos

3.1.1. Geología

La geología de la región está marcada por el río Tajo, cuyo paso ha favorecido la aparición de suelos aluviales en áreas cercanas, mientras que en las zonas elevadas predominan depósitos sedimentarios típicos de la Meseta Central.

Santa Cruz de la Zarza también posee un valioso patrimonio natural con ecosistemas únicos reconocidos como prioritarios en normativas europeas, como las estepas salinas de Toledo y los depósitos de yeso del valle del Tajo, resaltando la riqueza y variedad de su entorno.

Concretamente, el terreno en el cual se situará la plantación tiene unas características particulares en cuanto a materiales geológicos (Figura 14). La parcela está compuesta en su totalidad por caliche, el cual es un material compuesto por carbonato cálcico y diversas sales minerales que suelen formar suelos áridos o semiáridos.

Este material tiene origen por la acumulación y cementación de minerales disueltos en las aguas subterráneas, elevándose por capilaridad y formando depósitos cuando se evapora el agua. Además del carbonato cálcico, puede incluir yeso, arcillas y otras sales como nitratos o sulfatos. Este material hace que la retención de agua del suelo disminuya y puede mostrar dificultades para la penetración de las raíces.

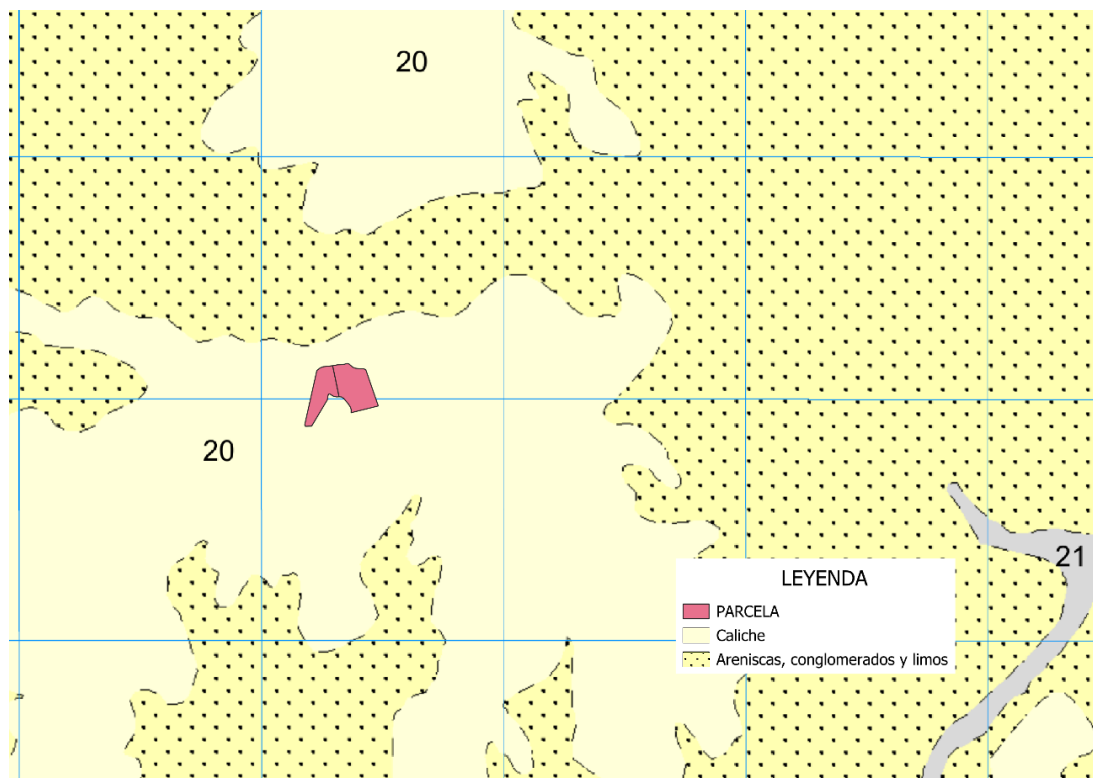


Figura 14. Geología de la zona a proyectar. Fuente: IGME, elaboración propia.

Cabe destacar que en la zona norte de la parcela se pueden encontrar areniscas, conglomerados y limos, sin embargo, no llegan a aparecer en el terreno a cultivar.

3.1.2. Hidrología

Santa Cruz de la Zarza presenta una hidrología caracterizada por la presencia del río Tajo, que discurre por el municipio. Este río, el más largo de la península Ibérica, tiene una influencia significativa en las características hidrográficas de la región.

La interacción entre el río Tajo y el territorio ha propiciado la formación de suelos aluviales en las zonas circundantes, lo que favorece el desarrollo de la agricultura y la conservación de la biodiversidad local.

En cuanto a los recursos hídricos, la influencia del Tajo es fundamental para las actividades agrícolas y el mantenimiento de los ecosistemas locales. La gestión sostenible de estos recursos es esencial para mantener el equilibrio ecológico y asegurar el desarrollo socioeconómico de Santa Cruz de la Zarza.

En la Figura 15 se muestran las diferentes cuencas hidrográficas de Castilla-La Mancha:



Figura 15. Cuencas hidrográficas de Castilla-La Mancha. Fuente: IGME, elaboración propia.

Próximo a la parcela, se encuentra el llamado “Pozo de los Ahogados” (Figura 16), en el cual finaliza un curso del Río Tajo. También hay que destacar la cercanía del “Pozo de las Mulas” identificado en la Figura 3.

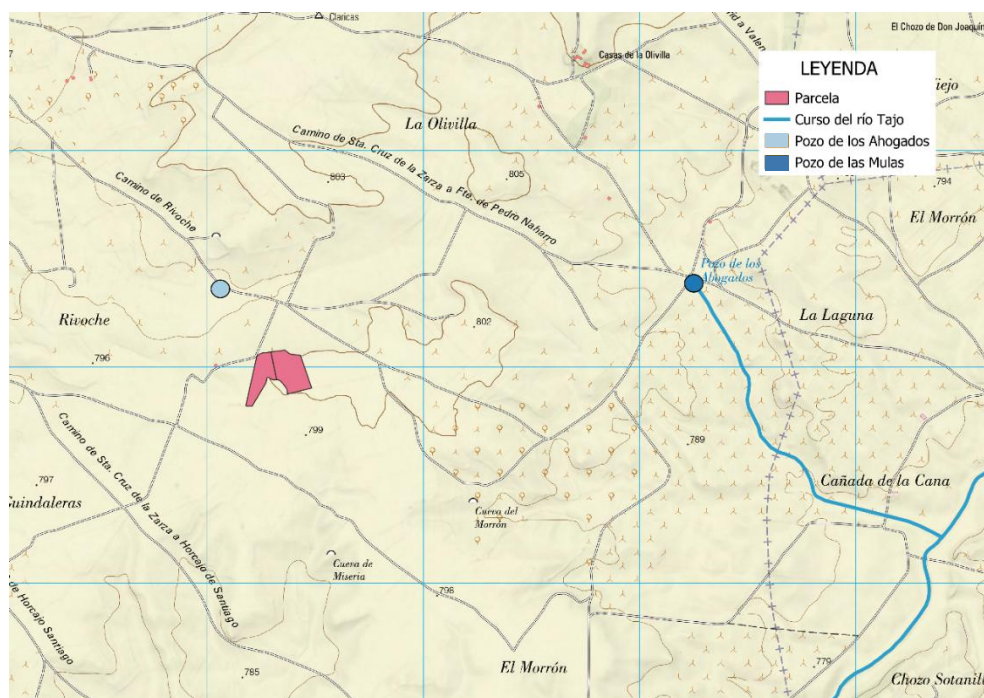


Figura 16. Curso del Río Tajo. Fuente: IGN, elaboración propia.

Ambos pozos no están disponibles para abastecer de agua para el riego a la plantación, ya que, actualmente, se encuentran secos y ningún agricultor de la zona puede regar con

ellos y tienen que conseguir agua a partir de captaciones propias realizadas en sus propias parcelas, como se hará en el actual proyecto.

3.2. Condicionantes internos

3.2.1. Preferencias del promotor

A la hora de la realización del proyecto, el promotor exige una serie de requisitos para que se lleven a cabo:

- Obtener una plantación de pistachos productiva y rentable económicamente.
- Conseguir una plantación donde se obtengan beneficios lo antes posible.
- Escoger un material vegetal certificado y que se pueda adaptar correctamente a las condiciones edafoclimáticas de la zona.
- Mecanizar lo máximo posible la plantación.
- Realizar un sistema de riego por goteo adecuado para cubrir las necesidades hídricas de la planta y que cumpla con la normativa de regantes del término.
- Utilizar la captación de agua realizada previamente para el sistema de riego.
- Conseguir un cultivo viable y duradero en el tiempo.

3.2.2. Datos climáticos

Para la obtención de los datos climáticos de la localidad donde se va a realizar el proyecto, se ha utilizado la información de la estación meteorológica ubicada en Villarrubia de Santiago que se encuentra a unos 10 Km del municipio de Santa Cruz de la Zarza, y que resulta representativa en cuanto a este tipo de parámetros. Los datos alcanzan un período que comprende entre el año 2000 al año 2024.

TEMPERATURAS

La zona se caracteriza por tener una climatología mediterránea continentalizada, es decir, comprende veranos secos y calurosos, con inviernos fríos con riesgos de heladas. Es frecuente que las temperaturas de los meses de invierno descendan de los 0°C, dando como resultado temperaturas de helada. Por otro lado, los veranos secos y calurosos pueden superar los 35°C con noches templadas.

En la Tabla 3 se muestran las medias mensuales de las temperaturas medias, máximas, mínimas, máximas absolutas y mínimas absolutas en un período de 24 años (2000-2024).

Tabla 3. Régimen termométrico. Fuente: SIAR, elaboración propia.

MES	Tª MEDIA (°C)	Tª MÁX. (°C)	Tª MIN. (°C)	Tª MÁX. ABS. (°C)	Tª MIN. ABS. (°C)
Enero	4,7	17,6	-7,0	21,5	-13,9
Febrero	6,4	19,9	-5,4	23,0	-12,1
Marzo	9,8	25,0	-3,8	29,0	-7,7
Abril	12,9	27,9	-0,6	35,3	-3,9
Mayo	17,4	33,6	2,3	38,6	-1,3
Junio	23,0	38,8	7,7	42,6	4,5
Julio	26,2	40,5	10,6	43,2	7,6
Agosto	25,5	40,1	9,7	43,8	5,1
Septiembre	20,2	35,2	5,4	40,6	1,6
Octubre	15,0	29,9	0,9	34,6	-4,3
Noviembre	8,7	21,8	-3,6	25,7	-11,0
Diciembre	5,2	17,1	-6,2	19,6	-12,8

Analizando la tabla anterior, el mes con las temperaturas más altas es el mes de julio (40,5°C), mientras que el mes que comprende las temperaturas más bajas es el mes de enero (-7°C).

Horas frío

El pistachero requiere de entre 700 y 1500 horas de frío, dependiendo del cultivar, por debajo de los 7°C en su fase de reposo invernal. Tras cumplir estas condiciones, y con el ascenso de las temperaturas, la planta comenzará su brotación. Para poder ver las horas frío, se puede realizar el cálculo aproximado mediante la fórmula de Weinberger (1950):

$$T = 0,5 \times (tm_{dic} + tm_{ene})$$

Siendo:

- tm_{dic} : Temperatura media de diciembre (°C)
- tm_{ene} : Temperatura media de enero (°C)

$$T = 0,5 \times (5,2 + 4,7) = 4,95$$

Según Weinberger, dependiendo del resultado, tendremos estas horas frío:

Tabla 4. Horas frío según Weinberger. Fuente: El Cultivo del Pistacho.

T (°C)	13,2	12,3	11,4	10,6	9,8	9	8,3	7,6	6,9	6,3	5,7
Horas	450	550	650	750	850	950	1.050	1.150	1.250	1.350	1.450

El valor al que más se aproxima a los datos de la zona, según la Tabla 4 es $T = 5,7$, por lo que se sobrepasar las 1.450 horas frío, que son más que suficientes para cualquier cultivar de pistacho, sea temprano o tardío.

Por lo general, la planta de pistacho tiene gran capacidad para resistir bajas temperaturas, sin embargo, hay que tener en cuenta que los cambios bruscos de temperatura pueden provocar una precocidad en la actividad de la planta y ocasionarse daños por helada.

Estos daños son más probables durante los primeros años de plantación hasta que el cultivo empieza a producir, momento en el cual consigue resistencia ante este tipo de inconvenientes. En general, el pistacho puede aguantar unas temperaturas de hasta -20°C en su período de reposo, por lo que no habrá ningún problema durante los meses más fríos.

Régimen de heladas

Las heladas pueden afectar gravemente al cultivo del pistacho, pudiendo dañar las flores y brotes jóvenes, reduciendo la cosecha y retrasando el desarrollo del árbol. Este riesgo es mayor en los primeros años de la plantación. Para el cálculo del régimen de heladas, se va a utilizar el método de L. Emberger que clasifica las heladas en cuatro términos distintos según el régimen termométrico de temperaturas medias mínimas:

- H_s ($T < 0^{\circ}\text{C}$): Período de heladas seguras.
- H_p ($0 < T < 3^{\circ}\text{C}$): Período de heladas muy probables.
- H'_p ($3 < T < 7^{\circ}\text{C}$): Período de heladas probables.
- d ($T > 7^{\circ}\text{C}$): Período libre de heladas.

Heladas seguras (H_s):

El período de heladas seguras ($T < 0^{\circ}\text{C}$) sucede entre los meses de octubre ($0,9^{\circ}\text{C}$) y abril ($-0,6^{\circ}\text{C}$).

El día exacto del mes de octubre en el que comienzan las heladas seguras, es decir, la temperatura llega a 0°C , se encuentra entre el 15 de octubre y el 15 de noviembre, obteniéndose por medio del siguiente cálculo:

$$\frac{0,9 - (-0,6)}{31} = \frac{0,9 - 0}{x}; x = 18,6 \approx 19$$

Al 19 de octubre hay que sumarle los 15 días, dando lugar a que el período de heladas seguras comienza el 3 de noviembre.

De esta misma manera se consigue el día exacto en el que terminan las heladas seguras, en este caso terminarán entre el 15 de abril y el 15 de mayo:

$$\frac{-0,6 - 2,3}{30} = \frac{-0,6 - 0}{x}; x = 6,2 \approx 6$$

Al 6 de abril hay que sumarle los 15 días, dando lugar a que el período de heladas seguras termina el 21 de abril.

Heladas muy probables (H_p):

El día exacto del mes de septiembre en el que comienzan las heladas muy probables, se encuentra entre el 15 de septiembre y el 15 de octubre:

$$\frac{5,4 - 0,9}{30} = \frac{5,4 - 3}{x}; x = 16$$

Al 16 de septiembre hay que sumarle los 15 días, dando lugar a que el período de heladas muy probables comienza el 1 de octubre.

El día exacto del mes de mayo en el que terminan las heladas muy probables, se encuentra entre el 15 de mayo y el 15 de junio:

$$\frac{2,3 - 7,7}{31} = \frac{2,3 - 3}{x}; x = 4$$

Al 4 de mayo hay que sumarle los 15 días, dando lugar a que el período de heladas muy probables termina el 19 de mayo.

Heladas probables (H'_p):

El día exacto del mes de agosto en el que comienzan las heladas probables, se encuentra entre el 15 de agosto y el 15 de septiembre:

$$\frac{9,7 - 5,4}{31} = \frac{9,7 - 7}{x}; x = 19,5 \approx 20$$

Al 20 de agosto hay que sumarle los 15 días, dando lugar a que el período de heladas muy probables comienza el 4 de septiembre.

El día exacto del mes de mayo en el que terminan las heladas probables, se encuentra entre el 15 de mayo y el 15 de junio:

$$\frac{2,3 - 7,7}{31} = \frac{2,3 - 7}{x}; x = 27$$

Al 27 de mayo hay que sumarle los 15 días, dando lugar a que el período de heladas probables termina el 11 de junio.

La Tabla 5 hace referencia a la duración de los distintos períodos de régimen de heladas.

Tabla 5. Calendario régimen de heladas. Elaboración propia.

	E	F	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	S	O	N	D
H_s				21							3	
H_p					19					1		
H'_p						11			4			
d						12			3			

Analizando la situación, el factor a tener más en cuenta son las heladas tardías de primavera, donde se pueden producir heladas durante los meses de marzo y abril, que pueden producir pérdidas en la cosecha, además de un retraso vegetativo de cara al año siguiente a la helada. Se considerará este aspecto en cuanto a la elección de una variedad de floración tardía para evitar este problema.

Unidades de calor

Las altas temperaturas estivales de la zona serán beneficiosas de cara a la maduración del fruto y a la mejora en calidad del producto. Las unidades de calor mínimas para el cultivo del pistacho son de unas 3.600 UC, para el cálculo de las unidades de calor presentes en la zona, se puede usar la siguiente fórmula:

$$UC = [(MTMM) + \frac{(MTMm)}{2}] \times 183$$

Siendo:

- UC: Unidades de Calor
- MTMM: Media de las temperaturas medias máximas desde abril hasta septiembre

- MTMm: Media de las temperaturas medias mínimas desde abril hasta septiembre
- 183: Días desde abril hasta septiembre

$$UC = \left[(36,01) + \frac{(5,85)}{2} \right] \times 183 = 7.125,1$$

Cumple con las unidades de calor mínimas perfectamente, por lo que no habrá ningún problema.

PRECIPITACIONES

El municipio de Santa Cruz de la Zarza presenta unas precipitaciones escasas durante el año, por lo que el clima se puede considerar más bien árido. En la Tabla 6, se muestran las medias de las precipitaciones mensuales y el total acumulado anual en un período de 24 años.

Tabla 6. Régimen pluviométrico. Fuente: SLAR, elaboración propia.

MES	PRECIPITACIONES (mm)
Enero	27,5
Febrero	26,4
Marzo	40,6
Abril	42,3
Mayo	35,7
Junio	21,5
Julio	5,2
Agosto	10,6
Septiembre	22,6
Octubre	45,6
Noviembre	33,5
Diciembre	31,4
TOTAL	342,8

Según la tabla, las precipitaciones anuales no suelen llegar a alcanzar los 400 mm, concentrándose estas, sobre todo, en los meses de otoño y primavera produciéndose unas lluvias moderadas y para nada excesivas.

Viendo la situación pluviométrica, será imprescindible un sistema de riego adecuado para poder conseguir unas producciones altas con la dotación hídrica a aportar.

Inconvenientes en cuanto a pérdida de polinización por lavado de polen serán complicados que aparezcan y, por otro lado, los hongos patógenos no estarán tan acentuados al no haber un porcentaje de humedad relativa demasiado elevado (Tabla 7).

Tabla 7. Régimen de humedad relativa. Fuente: SIAR, elaboración propia.

MES	HUMEDAD RELATIVA MED. (%)	HUMEDAD RELATIVA MÁX. (%)	HUMEDAD RELATIVA MÍN. (%)
Enero	80,2	98,1	27,6
Febrero	71,5	97,5	19,4
Marzo	65,2	97,3	16,0
Abril	62,2	96,6	16,0
Mayo	54,7	96,9	12,8
Junio	44,8	95,1	9,6
Julio	36,1	89,5	8,1
Agosto	39,4	92,4	8,5
Septiembre	52,3	95,8	12,0
Octubre	66,8	97,5	15,4
Noviembre	77,4	97,8	28,6
Diciembre	82,3	98,2	32,1

CLIMODIAGRAMA

A modo de resumen, en la Figura 17, se muestra un climodiagrama donde acoge tanto las temperaturas medias, como las precipitaciones de la zona.

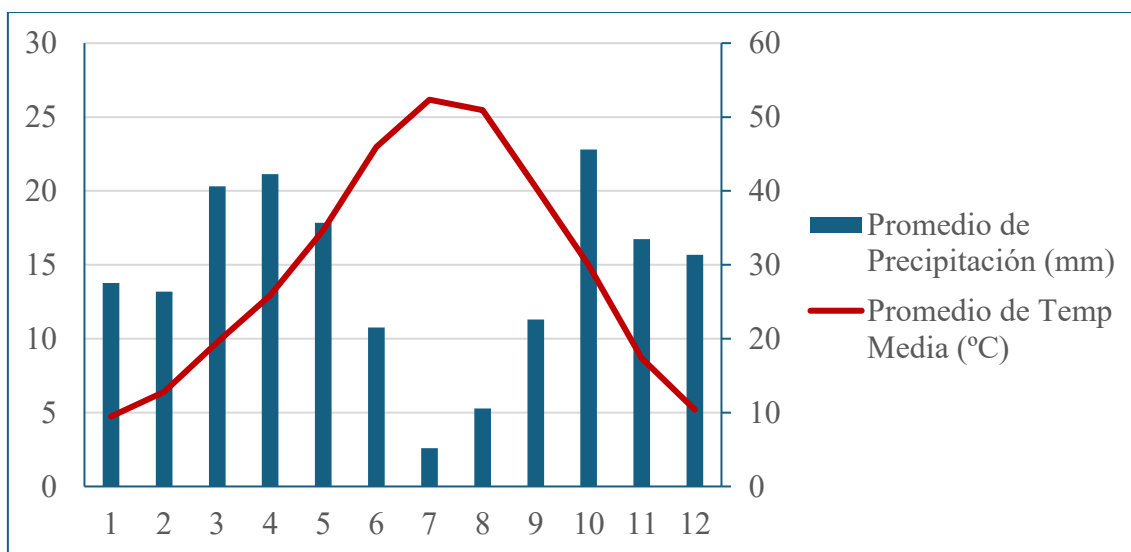


Figura 17. Climodiagrama. Fuente: SIAR, elaboración propia.

La temperatura aparece representada con una línea roja con un patrón típico de clima mediterráneo, por lo general, las temperaturas son bajas de enero a marzo y de noviembre a diciembre y las altas temperaturas se presentan en los meses de junio a agosto alcanzando su máximo en julio.

La precipitación se observa en las barras azules con sus máximos en las lluvias otoñales y primaverales (abril, mayo, octubre y noviembre). Julio coincide con las temperaturas más altas y con el mes más seco, por lo que será el mes con mayores necesidades hídricas para los pistachos.

VIENTOS

Los vientos que se pueden encontrar son normalmente secos con rachas más intensas en invierno, intensificando la sensación de frío.

A continuación, en la Figura 18, se muestran las rosas de los vientos con la frecuencia sobre la dirección del viento y la dirección de las rachas máximas.



Como se puede observar, hay tres direcciones dominantes del viento, Noroeste, Noreste y Oeste. Por otro lado, las velocidades máximas del viento se registran, prácticamente, en todas las direcciones, y no sobrepasan los 10 m/s, lo que no supone ningún efecto negativo para el cultivo.

El pistachero, normalmente, agradece las zonas ligeramente ventosas, ya que es un árbol muy susceptible a hongos y estos vientos secos hacen disminuir la humedad relativa de la zona.

3.2.3. Datos edafológicos

Para la obtención de los siguientes datos, el promotor realizó un análisis de suelo cuando compró las tierras, por medio de una calicata con profundidad de 70 cm. Los resultados de estos análisis han sido facilitados por este, y son los que se encuentran en la Tabla 8.

Tabla 8. Datos edafológicos. Fuente: Promotor.

Profundidad (cm)	70
Nitrógeno (%)	0,13
Fósforo (meq/100 g)	0,09
Potasio (meq/100 g)	0,94
pH	7,97
CE (dS/m)	0,47
Materia Orgánica (%)	0,98
Carbonatos (% CaCO₃)	22,73
Magnesio (meq/100 g)	3,46
Calcio (meq/100 g)	27,42
Sodio (meq/100 g)	0,13
CIC (meq/100 g)	28,95
Relación C/N	8,86
Arena (%)	56
Limo (%)	32
Arcilla (%)	12
Horizonte 1 (cm)	15 (Ap)
Horizonte 2 (cm)	35 (Bk)
Horizonte 3 (cm)	20 (Ck)
Da (t/m³)	1,55

La profundidad de la parcela es incierta, pero supera los 70 cm a los cuales llegó la calicata, por lo que, por lo general, es una profundidad más que suficiente para un correcto desarrollo radicular de la plantación.

El suelo está compuesto por un 56% de arena, un 32% de limo y un 12 % de arcilla, según el triángulo de texturas de la Figura 19, como resultado se encuentra un suelo franco-arenoso, el cual es ideal para el crecimiento del cultivo.

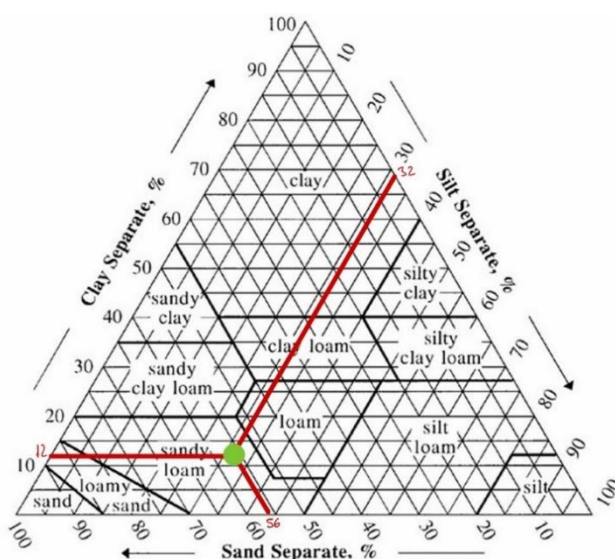


Figura 19. Triángulo de texturas. Fuente propia.

Este tipo de textura proporcionará un buen drenaje, una aireación óptima, una mayor facilidad de exploración de suelo por parte de las raíces y un calentamiento rápido, lo que mejorará la brotación y el desarrollo vegetativo. Es un suelo idóneo para el cultivo del pistacho, ya que se evitan problemas de asfixia radicular que es frecuente en este tipo de árboles.

La capacidad de campo (CC) del suelo es la cantidad máxima de agua que un suelo puede retener en sus poros después de que el exceso de agua gravitacional haya drenado. Este proceso ocurre generalmente entre 1 y 3 días después de una lluvia o riego intenso. Para saber la capacidad de campo del terreno presente se realiza el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} CC \frac{(cm^3)}{(cm^3)} &= 0,2576 - 0,002 \times \%Arena + 0,0036 \times \%Arcilla + 0,0299 \times \%MO \\ &= 0,2527 - 0,002 \times 56 + 0,0036 \times 12 + 0,0299 \times 0,98 = 0,213 \\ &= 21,3\% \end{aligned}$$

La capacidad de campo del terreno es de 21,3 %, lo que corresponde con la textura de suelo franco-arenosa, que se caracteriza con una buena capacidad de retención de agua y un drenaje equilibrado.

El punto de marchitez permanente (PMP) es el nivel de humedad en el suelo en el que las plantas ya no pueden extraer agua suficiente para mantenerse hidratadas, lo que provoca que se marchiten de forma irreversible. Para conocer el punto de marchitez permanente del suelo se realiza la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} PMP \frac{(cm^3)}{(cm^3)} &= 0,026 + 0,005 \times \%Arcilla + 0,0158 \times \%MO \\ &= 0,026 + 0,005 \times 12 + 0,0158 \times 0,98 = 0,101 = 10,1\% \end{aligned}$$

El punto de marchitez permanente del terreno es de 10,1 %, que corresponde perfectamente al tipo de suelo que se encuentra en la parcela.

El agua útil del terreno es la cantidad de agua disponible para las plantas en el suelo, es decir, el agua retenida entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). Es un dato bastante importante agronómicamente y para proceder a su cálculo se debe realizar la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente:

$$AU \frac{(cm^3)}{(cm^3)} = CC - PMP = 0,213 - 0,101 = 0,112 = 11,2\%$$

Un agua útil de 11.2% significa que el suelo puede retener 11.2 mm de agua por cada 10 cm de profundidad, disponible para las plantas antes de que lleguen al punto de marchitez permanente. El terreno presenta una capacidad de retención de agua útil moderada.

Se encuentra un pH ligeramente alcalino o de alcalinidad débil, el cual es un pH ideal para el desarrollo y mantenimiento de este cultivo en el tiempo.

El porcentaje de materia orgánica presente en el suelo no es muy elevado, ya que no llega al 1%, por lo que será recomendable aportar algún abono orgánico o la aplicación de



cubierta vegetal. Por otro lado, la salinidad es prácticamente inapreciable, teniendo unos valores de conductividad eléctrica bastante por debajo de los que pueden suponer algún tipo de inconveniente.

Respecto a la fertilidad del suelo, se puede resumir en que contiene una cantidad de nitrógeno baja, de fósforo muy escasa y unas cantidades de calcio demasiado altas, lo que es normal de un suelo calcáreo con un pH alcalino. Las carencias de nitrógeno y fósforo habrá que tenerlas en cuenta a la hora de realizar la fertilización.

El primer horizonte que se presenta es un horizonte Ap con una profundidad de 15 cm. Este tipo de horizontes se encuentran en las capas más superficiales del suelo y se caracterizan por ser alterados por la actividad humana, ya sea por labores, pastoreo u otras circunstancias. Es la capa más rica de materia orgánica con un color en tonalidades más oscuras.

El siguiente horizonte hallado es un horizonte Bk a una profundidad de 50 cm. Están caracterizados por la acumulación de carbonatos por el movimiento descendente del agua a través del suelo, debido a las bajas precipitaciones que impiden el lavado de los carbonatos. Obtiene un color más claro, influyendo en la alcalinidad del suelo.

El último horizonte es un horizonte Ck, el cual llega a la profundidad de los 70 cm, pero puede continuar a mayores profundidades. Se forman prácticamente por las mismas razones que el suelo anterior, es rico en carbonatos, pero menos fértil que el anterior e influye también en la alcalinidad del suelo.

3.2.4. Calidad del agua del riego

Como se ha hecho mención anteriormente, el promotor ya realizó su propia captación de agua, y está será la que se utilizará para abastecer a la plantación. Este sondeo tiene una capacidad de sacar un caudal máximo de 3,88 L/s.

El promotor no pudo obtener un análisis de aguas propios del sondeo que instaló, pero ha facilitado unos datos representativos del agua de riego de la zona, pidiendo prestado a un vecino amigo un análisis del agua de su sistema de riego que realizó el año pasado, los datos más representativos se encuentran en la Tabla 9.

Tabla 9. Datos de agua de riego. Fuente: Vecino del promotor.

pH	8,87
Conductividad (dS/m)	2,5
Calcio (mg/L)	184,3
Magnesio (mg/L)	72,13
Sodio (mg/L)	205,2
Potasio (mg/L)	9,05
Carbonatos (mg/L)	No se detecta
Bicarbonatos (mg/L)	205,7
Cloruros (mg/L)	479,61
Sulfatos (mg/L)	773,03
Nitratos (mg/L)	No se detecta
Fosfatos (mg/L)	No se detecta
Boro (mg/L)	0,65
Sales disueltas (mg/L)	1600
Sólidos en suspensión (mg/L)	10,4
SAR	3,24
C.S.R. (meq/L)	-11,76
Dureza total (°franceses)	75,79
Índice de Scott	4,25
Clasificación Riverside	C4 S1

Analizando los datos ofrecidos, se puede decir que el agua de la zona es moderadamente salina, ya que no sobrepasa los 3 dS/m pero se acerca bastante con unos valores de 2,5 dS/m que pueden ser peligrosos para determinados cultivos sensibles a la salinidad.

Esta salinidad viene condicionada por la cantidad de sales disueltas en el agua, las cuales están considerablemente presentes, por lo que hay que tener en cuenta realizar una fracción de lavado para poder mantener un buen equilibrio en el suelo.

La sodicidad es un factor a tener en cuenta a la hora de analizar el agua de riego. Se puede analizar según el SAR (Relación Absorción Sodio) la cual no es demasiado alta por lo que no es de riesgo y se puede decir que presenta una alcalinidad baja. Por otro lado, la cantidad de sodio en el agua no sobrepasa los límites admisibles, por lo que no será un problema.

El índice de Scott se obtiene mediante una fórmula que relaciona el sodio, el calcio y el magnesio, el cual sirve para interpretar la calidad del agua de riego en relación, sobre todo, con el sodio. Interpretando este índice, el agua presente se considera de riesgo moderado, por lo tanto, puede causar problemas si el suelo contiene un mal drenaje.

La clasificación de Riverside evalúa el agua de riego a partir de la CE y de la SAR, siendo clave para ver si el agua es apta para regar y qué precauciones deben tomarse. Viendo los datos, la clasificación es de C4 S1, lo que quiere decir que el agua es muy salina, es solo apta para cultivos tolerantes y con suelos bien drenados.



C.S.R. significa Carbonato Sódico Residual, para calcularlo se utiliza una fórmula que mide la cantidad de bicarbonatos y de carbonatos en comparación con el calcio y el magnesio, que pueden llegar a precipitar en el suelo. En este caso, el C.S.R. no es significativo, ya que tiene valores negativos.

Para ver la toxicidad iónica específica, se analiza la cantidad de ciertos iones y el efecto perjudicial que estos pueden tener. Estos iones son el sodio, el cual ya se ha mencionado que no se encuentra en grandes cantidades, los cloruros, que no superan los niveles recomendados y, finalmente, el boro, el cual se encuentra en pequeñas cantidades en unos márgenes aceptables.

El agua al tener unos valores de 75,79 °fH se considera un agua con una dureza bastante elevada. Este factor puede producir obstrucciones en las tuberías del sistema de riego, afectar a la disponibilidad de algunos nutrientes como el fósforo y aumentar el pH del suelo.

El agua presente en la zona, como se puede comprobar con los datos anteriores, deja un poco que desear, sin embargo, será un agua que se podrá aprovechar para el cultivo del pistacho, ya que es un árbol lo suficientemente resistente como para soportar este tipo de parámetros. Además, para evitar depósitos en la instalación de riego, se lavarán las tuberías anualmente con ácido nítrico.

4. SITUACIÓN ACTUAL

Como se ha hecho mención anteriormente, la parcela se encuentra en el municipio de Santa Cruz de la Zarza (Toledo), y es propiedad del promotor José Joaquín García, cuyo oficio es la agricultura y su propósito ante este proyecto es realizar una plantación de pistachos rentable y sostenible a lo largo del tiempo.

El área total del proyecto estará compuesta por dos parcelas colindantes las cuales han sido dedicadas hasta ahora al cultivo de cereal en secano. En el terreno se han realizado las prácticas culturales típicas para el mantenimiento de este cultivo extensivo como labores de arado, siembra, fertilización, aplicación de fitosanitarios y cosecha.

5. SITUACIÓN FUTURA SIN PROYECTO

Si se mantienen las condiciones presentes, es bastante probable que la economía del agricultor se vea influenciada negativamente al ver que los precios del cereal no tienen un aumento considerable como para mantenerlo en estas parcelas, además de tener en cuenta los gastos que conlleva mantener este cultivo, a parte de las reparaciones y averías de la maquinaria, y la mano de obra necesaria para usar ésta. La climatología de la zona tampoco acompaña en la rentabilidad del cereal de secano.

6. ANÁLISIS DE DEBILIDADES, AMENAZAS, FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES: DAFO

Ahora se va a realizar una matriz DAFO (Figura 20), la cual sirve para analizar el proyecto identificando las fortalezas, las debilidades, las oportunidades y las amenazas que puedan presentarse en este.

<u>FORTALEZAS</u> • Clima favorable: La localización del proyecto tiene una climatología adecuada para el cultivo. • Baja necesidad de agua: El pistachero es resistente al déficit hídrico • Alta rentabilidad: Los precios y la demanda del mercado ascienden. • Baja competencia española: El mercado español aún está en crecimiento. • Larga vida productiva: El cultivo del pistacho puede llegar a producir hasta los 50 años.	<u>DEBILIDADES</u> • Gran inversión inicial: Grandes costes de planta, sistema de riego... • Entrada en producción: El pistacho comienza a producir a partir del séptimo año aproximadamente. • Riesgos de heladas primaverales. • Polinización: El pistachero requiere de una polinización cruzada que hay que tener en cuenta. • Requerimientos de mano de obra formada: Los árboles necesitan gente que conozcan el cultivo y las prácticas que deben realizarle.
<u>OPORTUNIDADES</u> • Creciente demanda mundial: El pistacho aumenta su consumo mundialmente. • Posibilidades de exportación: El pistacho español está bien valorado en mercados internacionales. • Ayudas y subvenciones: Existen programas de apoyo a cultivos leñosos sostenibles. • Alternativa a cultivos tradicionales: Es más rentable que otros cultivos como el cereal o la vid. • Posibilidad de transformación local: De cara a futuro, realizar una procesadora de pistachos pueden aumentar el margen de beneficio.	<u>AMENAZAS</u> • Cambio climático: Cambios drásticos en la climatología local pueden producir problemas. • Plagas y enfermedades: Las grandes extensiones de pistacho traen plagas y enfermedades que antes no existían en la zona. • Costos adicionales: Subidas en los precios de fertilizantes, fitosanitarios, mano de obra y agua de riego. • Grandes competencias: Existen ya grandes países productores. • Oscilaciones en la demanda: Actualmente, los frutos secos tienen un gran consumo, pero esto puede cambiar repentinamente con el tiempo.

Figura 20. Matriz DAFO. Elaboración propia.



7. BIBLIOGRAFÍA

- 20minutos. (24 de Abril de 2024). *20minutos*. Obtenido de 20minutos: https://www.20minutos.es/noticia/5239106/0/alerta-alimentaria-por-aflatoxinas-pistachos-turquia-relacionadas-con-un-aumento-riesgo-cancer-higado/?utm_source
- Agbar. (s.f.). *agbaragriculture*. Obtenido de agbaragriculture: <https://agbaragriculture.com/fertilizacion-del-pistacho-consejos-y-nutrientes/#:~:text=Los%20principales%20fertilizantes%20que%20necesita,boro%20y%20zinc%2C%20entre%20otros>.
- agróptium. (2025). *agróptium*. Obtenido de agróptium: <https://agroptimum.com/consumo-mundial-del-pistacho>
- AGROVIVERO. (7 de Febrero de 2025). *AGROVIVERO*. Obtenido de AGROVIVERO: <https://agrovivero.com/2025/02/07/precio-del-kilo-de-pistacho-para-el-agricultor-analisis-del-mercado-%F0%9F%92%B0%F0%9F%8C%B3/>
- Castilla-La Mancha. (s.f.). *castillalamancha*. Obtenido de castillalamancha: https://www.castillalamancha.es/gobierno/agrimedambydesrur/estructura/dgapfy/en/rednatura2000/ZEPA_Ambientes_Aves_esteparias?
- Cátedra del Tajo. (2024). *cátedradeltajo*. Obtenido de cátedradeltajo: <https://catedradeltajo.es/legislacion/>
- citypopulation. (1 de Enero de 2024). *citypopulation*. Obtenido de citypopulation: https://www.citypopulation.de/es/spain/castillalamancha/toledo/45156__santa_cruz_de_la_zarza/
- Couceiro López, J., Guerrero Villaseñor, J., Gijón López, M., Moriana Elvira, A., Pérez López, D., & Rodríguez de Francisco, M. (2017). *EL CULTIVO DEL PISTACHO*. Castilla-La Mancha: mundiprensa.
- Faldes, J. I. (26 de Octubre de 2024). *AGRONEWS CASTILLA Y LEÓN*. Obtenido de AGRONEWS CASTILLA Y LEÓN: <https://www.agronewscastillayleon.com/pistacho-produccion-mundial/>
- Hernández, J. V. (18 de Marzo de 2024). *elEconomista*. Obtenido de elEconomista: [https://www.eleconomista.es/opinion/noticias/12727360/03/24/espana-cuarto-pais-del-planeta-en-superficie-de-pistacho.html#:~:text=Turqu%C3%ADa%20\(389.451%20hect%C3%A1reas\)%2C%20Ir%C3%A1n,superficie%20mundial%20de%20este%20cultivo](https://www.eleconomista.es/opinion/noticias/12727360/03/24/espana-cuarto-pais-del-planeta-en-superficie-de-pistacho.html#:~:text=Turqu%C3%ADa%20(389.451%20hect%C3%A1reas)%2C%20Ir%C3%A1n,superficie%20mundial%20de%20este%20cultivo).
- IGME. (s.f.). *info igme*. Obtenido de info igme: <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=632&language=es>
- INE. (2025). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.es/intercensal/inicio.do>



Intituto Geográfico Nacional. (2025). *ign*. Obtenido de ign:
<https://www.ign.es/web/ign/portal>

metergroup. (s.f.). *METER*. Obtenido de METER: <https://metergroup.com/education-guides/soil-electrical-conductivity-the-complete-guide-to-measurements/>

Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las Cortes. (2025). *mpr gob*. Obtenido de mpr gob: <https://www.mpr.gob.es/Paginas/index.aspx>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2025). *miteco gob*. Obtenido de miteco gob: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/zepa_castillalamancha.html

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2025). *mapa gob*. Obtenido de mapa gob: <https://www.mapa.gob.es/es/pac/pac-2023-2027/>

Ministerio de Sanidad. (2025). *sanidad gob*. Obtenido de sanidad gob: <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/fitosan/prodfitosan/legislafitos.htm>

Mister pistacho. (2024). *Mister pistacho*. Obtenido de Mister pistacho: <https://misterpistacho.es/precios-del-pistacho/>

Portal de Mapas de Castilla-La Mancha. (2025). *castillalamancha maps arcgis*. Obtenido de castillalamancha maps arcgis: <https://castillalamancha.maps.arcgis.com/home/index.html>

santacruzdelazarza. (2025). *santacruzdelazarza*. Obtenido de santacruzdelazarza: <https://www.santacruzdelazarza.es/%C3%A1reas-y-servicios/turismo-y-festejos/demograf%C3%ADa>

SIAR. (2025). *servicio mapa gob*. Obtenido de servicio mapa gob: <https://servicio.mapa.gob.es/websiar/>

Tecnología Hortícola. (5 de Abril de 2024). *Tecnología Hortícola*. Obtenido de Tecnología Hortícola: https://www.tecnologiahorticola.com/pistachero-cultivo-multiplico-por-ocho-espana/?utm_source

ANEJO II:
OBJETIVOS, ALTERNATIVAS
ESTRATÉGICAS Y METAS



ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	1
2.1.	Objetivos principales	1
2.2.	Objetivos productivos.....	1
2.3.	Objetivos económicos	2
2.4.	Objetivos medioambientales.....	2
2.5.	Objetivos técnicos	2
3.	ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS	2
3.1.	Elección del patrón	3
3.1.1.	Análisis de alternativas	3
3.1.2.	Criterios de valor	4
3.1.3.	Análisis multicriterio	7
3.2.	Elección de la variedad.....	8
3.2.1.	Análisis de alternativas	8
3.2.2.	Criterios de valor	8
3.2.3.	Análisis multicriterio	10
3.3.	Determinación del mantenimiento del suelo	11
3.3.1.	Análisis de alternativas	11
3.3.2.	Criterios de valor	12
3.3.3.	Análisis multicriterio	13
4.	METAS.....	15
4.1.	Metas productivas.....	15
4.2.	Metas económicas.....	15
4.3.	Metas medioambientales	16
4.4.	Metas técnicas.....	16
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	16

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Análisis multicriterio elección del patrón. Elaboración propia.	7
Tabla 2. Análisis multicriterio elección de variedad. Elaboración propia.	10
Tabla 3. Análisis multicriterio mantenimiento del suelo. Elaboración propia.....	14

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo desarrolla de manera detallada los fundamentos estratégicos que sustentan la plantación de pistachos. En este contexto, se abordan los principales objetivos del proyecto, así como las alternativas técnicas y estratégicas más adecuadas para su consecución, culminando en la definición de metas concretas que orienten su ejecución y evaluación.

Este documento tiene como propósito establecer una guía clara y justificada que permita tomar decisiones fundamentadas desde una triple perspectiva: productiva, económica y medioambiental. A través de un análisis multicriterio, se identifican las mejores opciones en cuanto a elección de portainjerto, variedad y mantenimiento del suelo, atendiendo a los condicionantes agroclimáticos y a las prioridades del promotor.

Asimismo, se definen metas específicas y cuantificables que servirán para valorar el avance y el éxito del proyecto a corto, medio y largo plazo, garantizando así la sostenibilidad, rentabilidad y eficiencia de la explotación.

2. OBJETIVOS

Los objetivos en un proyecto sirven para guiar la planificación, ejecución y evaluación en un proyecto. Ayudan a definir qué se quiere lograr, optimizar el uso de recursos, medir el éxito y asegurar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto. Son clave para mantener el enfoque y tomar las decisiones estratégicas adecuadas.

Este proyecto tiene unos objetivos claros y concisos, en los cuales se garantiza una viabilidad económica para el agricultor, una gestión técnica diferenciada y una sostenibilidad ambiental correcta. Los objetivos que ha de cumplir este proyecto son:

2.1. Objetivos principales

- Conseguir una plantación de pistachos rentable con un sistema de riego localizado eficiente, garantizando una alta calidad en el producto.
- Utilizar los factores agroclimáticos favorables en la zona para maximizar el rendimiento de la plantación.
- Contribuir a un crecimiento agrícola sostenible con prácticas culturales optimizadas que reduzcan el impacto ambiental.

2.2. Objetivos productivos

- Escoger el material vegetal más adecuado para que la adaptabilidad de la planta a la zona sea correcta.
- Garantizar una buena polinización, que es un factor clave para conseguir grandes producciones en este tipo de plantaciones.
- Desarrollar un sistema de regadío eficiente, que aproveche el agua al máximo y que cumpla las condiciones de la hidrología de la zona.
- Utilizar un marco de plantación que optimice la densidad de plantas equilibrando productividad y costes.

2.3. Objetivos económicos

- Asegurar una rentabilidad mínima del proyecto por medio de análisis de costes de inversión y operación.
- Minimizar los costes de producción con un buen plan de riego, fertilización y mano de obra.
- Entrar a mercados nacionales e internacionales con una producción certificada y de alta calidad.
- Si es necesario, establecer alianzas estratégicas con procesadoras, comercializadoras y exportadoras para mejorar los beneficios económicos.
- Intentar encontrar posibles ayudas y subvenciones para cubrir mejor la inversión inicial y los costes durante los años sin producción.

2.4. Objetivos medioambientales

- Perfeccionar el sistema de riego con la última tecnología para mejorar la eficiencia del uso de agua para regar.
- Reducir el uso de agroquímicos con una adecuada gestión integrada de plagas.
- Mantener la fertilidad del suelo mediante abonos orgánicos.
- Implementar energías renovables para el bombeo de agua.

2.5. Objetivos técnicos

- Realizar los estudios edafoclimáticos necesarios para comprobar la idoneidad del terreno y las necesidades del cultivo.
- Ofrecer un correcto plan de riego lo más preciso posible, considerando factores como la evapotranspiración y las necesidades hídricas.
- Dar las pautas necesarias para un correcto manejo de la plantación en el futuro.
- Planificar la cosecha y postcosecha con métodos que reduzcan pérdidas y aseguren la calidad del pistacho.

3. ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS

Desarrollar un análisis de alternativas estratégicas es clave para una buena ejecución de un proyecto, sirve para evaluar y comparar diferentes opciones antes de tomar decisiones definitivas. Las alternativas estratégicas permiten identificar la mejor preferencia en cuanto a costes y beneficios, reducir los riesgos posibles al considerar diferentes escenarios y analizar sus posibles impactos, optimizar recursos escogiendo las alternativas más eficientes y amoldarse al mercado y a sus cambios.

Para la elección de las alternativas estratégicas, se va a optar por realizar un análisis multicriterio. Este análisis es un método de evaluación entre diferentes alternativas que permite compararlas y seleccionar la mejor, teniendo en cuenta diferentes criterios de decisión, tanto cuantitativos como cualitativos.

El procedimiento consiste en definir el problema de elección de alternativas y después identificar estas alternativas y realizar una pequeña descripción. Tras esto, se establecen

unos criterios de valor que pueden ser económicos, ambientales, técnicos o sociales, y asignar un peso a estos criterios.

Una vez se tenga esto, se evalúa cada alternativa en función de los criterios que se han definido. Se realiza el análisis mediante un método de decisión el cual consiste en puntuar del 1 al 5, de más desfavorable a más favorable. También se tiene en cuenta unos coeficientes de ponderación entre 0,5 y 2, dependiendo de la importancia que tenga. Por último, se selecciona la mejor alternativa en base a los resultados obtenidos.

Para realizar el análisis multicriterio, primero hay que identificar en qué aspectos del proyecto es requerida una elección que puede condicionar la estructura de este y que en las cuales se puede conseguir un beneficio al escoger la mejor de ellas. Estas son:

- Elección del patrón.
- Elección de la variedad.
- Determinación del mantenimiento del suelo.

3.1. Elección del patrón

La elección de un adecuado patrón o portainjerto es clave para realizar una adecuada plantación de pistachos, ya que de este depende para la adaptabilidad de la planta al suelo y al clima, resistencia de enfermedades, control del vigor y de la producción y eficiencia en la disponibilidad del agua. Los portainjertos más utilizados en el mundo del pistacho son: Cornicabra (*Pistacia terebinthus* L., Atlántica (*Pistacia atlántica* Desf.), PGI (*Pistacia integerrima* Stewart.) y UCB1.

3.1.1. Análisis de alternativas

CORNICABRA (Pistacia terebinthus L.)

Es un pie muy extendido y famoso por ser bastante utilizado en regiones como las de Italia, Grecia, Australia, Chipre, Turquía y España. Es una especie que aparece de manera natural por toda la región mediterránea. Es una especie que muestra una gran adaptabilidad a todo tipo de condiciones, encontrándola en diversas zonas con condiciones edafoclimáticas muy distintas.

Es la única especie que se encuentra nativa para su uso como portainjerto en España, mostrando gran rusticidad y adaptabilidad a los suelos donde crece de forma espontánea. Prefiere suelos ligeros y un poco alcalinos, pero muestra buena adaptabilidad al resto. Tiene una considerable resistencia a plagas y enfermedades típicas de la península, pero es susceptible a la verticilosis, y una gran aptitud a las condiciones climáticas de la zona.

Muestra una gran resistencia al frío y se caracteriza por proporcionar a la planta un bajo vigor vegetativo. Tiene una complicada adaptabilidad al injerto, pero puede prender con prácticamente cualquiera. No presenta grandes rasgos de vecería y soporta años extremos de sequía y calor por su gran eficiencia nutricional.

ATLÁNTICA (Pistacia atlantica Desf.)

Tiene origen en el norte de África, Asia Occidental Islas Canarias y Grecia. También es un pie muy utilizado gracias a sus grandes características productivas, tanto en secano

como en regadío. Se adapta correctamente a suelos poco profundos y resistente a la salinidad y a la caliza, con un vigor moderado y gran afinidad a cualquier tipo de cultivar.

En cuanto a enfermedades, es bastante sensible a la verticilosis, pero resistente al resto, con una eficiencia nutricional aceptable y elevada resistencia al frío. Presenta una gran diferencia entre el número de flores y la cantidad de frutos finales.

PGI (Pistacia integerrima Stewart.)

Crece de manera espontánea en países como India o China, en Estados Unidos es el más utilizado como patrón para la producción agrícola, pero también como árbol ornamental exótico. Este pie se caracteriza por su vigor elevado con baja resistencia al frío, no se adapta bien a suelos con pH ácidos, pero sí a los calizos.

Su resistencia a enfermedades es menor, pero resiste bien la verticilosis. Tiene una entrada en producción más temprana y una eficiencia de absorción de nutrientes más aceptable. Su comportamiento productivo es bajo y el llenado de frutos a partir del décimo año, si no tiene unas buenas reservas nutricionales, empieza a descender considerablemente.

UCBI

Es un portainjerto el cual se consigue por una hibridación entre un árbol masculino de PGI y otro femenino de Atlántica. Al tener una diferencia en los tiempos de floración, el polen del macho se almacena para luego polinizar en el momento de floración de la hembra. Se puede llegar a hablar del pie más productivo y vigoroso entre el resto.

Suele preferir suelos en buen estado y profundos, con buena resistencia a la salinidad y a la caliza, y con necesidades hídricas considerables. Su entrada en producción es más tardía, con una resistencia al frío aceptable, pero presenta poca eficiencia nutricional. Muestra tolerancia ante el *Verticilium*.

3.1.2. Criterios de valor

ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA

La climatología de la zona se caracteriza por tener veranos secos y calurosos e inviernos fríos y húmedos, en cuanto a estas características puede llegar a adaptarse cualquier cultivar mencionado antes, sin embargo, el factor a tener en cuenta aquí, son las heladas primaverales. Estas pueden llegar a producir pérdidas grandes en cosecha durante los meses de marzo y abril, que son cuando pueden aparecer.

Para este criterio de valor se tendrá en cuenta como algo positivo que la entrada de floración sea más tardía, para intentar escapar de este tipo de inconvenientes.

ADAPTABILIDAD AL AGUA DE RIEGO

El agua de riego quizás es el factor al que más se tiene que adaptar el patrón, ya que esta agua presenta una elevada salinidad, con una clasificación de Riverside de C4 S1 y una dureza también bastante alta.

RESISTENCIA A PLAGAS

A la hora de elegir el patrón, se debe de hacer un pequeño estudio de que plagas y enfermedades pueden afectar negativamente a las raíces del pistachero.

La plaga que suele ocasionar mayores problemas en la parte subterránea de la planta son los nemátodos, concretamente el *Meloidogyne* spp. Se trata de unos seres alargados, en forma de gusanos, que se pueden encontrar en diversos medios como en suelos, aguas y parasitando plantas, animales y humanos.

Esta plaga se caracteriza por poseer un cuerpo cilíndrico no segmentado, y afecta directamente a las raíces del cultivo absorbiendo la savia y debilitando la planta mediante su estilete bucal. Su ciclo se basa en pasar el invierno en fase de huevo, eclosionando más tarde en la primavera, pudiendo tener varias generaciones anualmente.

En las raíces generan lesiones negras, pasando gran parte de su ciclo en las agallas del sistema radicular. El control más sencillo y eficiente, es escoger patrones resistentes, los cuales son todos a excepción de *Pistacia vera* L., siendo la cornicabra la que presenta más resistencia a este.

RESISTENCIA A ENFERMEDADES

Entre las enfermedades que más dependen del portainjerto, así como del sistema radicular, se encuentra la Verticilosis (*Verticillium dahliae* Kleb.) que es la más importante y la que más daños ha causado a lo largo del tiempo.

La verticilosis es un hongo patógeno que afecta en todo el mundo y supone uno de los problemas más grandes a la hora de elegir el pie para una plantación de pistachos. La forma de actuar de este hongo es penetrar en la planta a través de las raíces o por heridas en la parte aérea. Es capaz de permanecer latente en el suelo por medio de unas estructuras llamadas propágulos que tienen una capacidad de propagación bastante elevada.

El hongo entra por las puntas de las raíces, desarrollándose dentro mediante micelios y formando después conidios, volviendo después a germinar y repitiéndose el ciclo. Produce obstrucciones en el sistema vascular, complicando la llegada de agua y nutrientes al árbol, generándose una marchitez y propágulos en las hojas.

La humedad del suelo es el factor determinante de que aparezca este patógeno, y suele ser en primavera con unas temperaturas de entre 20 y 27°C. Los riegos en exceso y la vegetación en el suelo fomentan su aparición, y suelen estar presentes en suelos donde ha habido cultivos susceptibles. La mejor alternativa para esta enfermedad es la elección de un patrón resistente como lo son PGI o UCB1.

PRENDIMIENTO DEL INJERTO Y AFINIDAD CON EL CULTIVAR

El injerto es una técnica de propagación vegetal en la que se une una parte de una planta (variedad o cultivar) a otra (portainjerto o patrón) para que crezcan como una sola. Se usa para mejorar la producción, resistencia a enfermedades y adaptación a diferentes condiciones. Las variedades se obtienen a partir de los pies madres y puede haber diferentes técnicas de injerto en las cuales unas son más eficaces que otras.



El pistachero se caracteriza por su complicación a la hora del prendimiento del injerto, en esta situación, afectan numerosos factores que van relacionado a los que pueden producir cierto estrés en la planta, entre ellos se encuentran las condiciones climáticas, el riego, la técnica de injerto y el momento de ejecución, el diámetro del tronco y la condiciones que tiene la yema.

El factor que tiene que ver con la elección del portainjerto es la incompatibilidad que tenga este con la variedad, ya que tiene que haber cierta adaptabilidad por parte de los dos individuos para que el injerto pueda prender y desarrollarse como árbol productor en un futuro.

EFICIENCIA NUTRICIONAL

La eficiencia nutricional es importante para tener en cuenta, ya que es un carácter que puede afectar negativamente a la sanidad y la producción del árbol. Una eficiencia nutricional baja puede provocar un crecimiento deficiente, una bajada en la producción de frutos, una menor resistencia al estrés, una mayor susceptibilidad a enfermedades y deficiencias nutricionales en copa visibles, que pueden afectar a la fotosíntesis del cultivo, por lo que la capacidad de absorción de nutrientes por parte del pie del pistachero es esencial.

VIGOR

El vigor de un pistachero tiene una estrecha relación con el pie que se utiliza. Normalmente, los árboles con un mayor vigor suelen tener unas producciones más elevadas, pero el objetivo en esta situación es conseguir un vigor equilibrado sin comprometer la calidad de los pistachos ni la longevidad del árbol.

Los árboles muy vigorosos suelen tener una tendencia mayor a centrarse en el crecimiento vegetativo antes que en el fructífero, además que un árbol con vigor equilibrado es capaz de distribuir mejor los nutrientes mejorando así la calidad del fruto. Una densidad de vegetación hace que se sombee el interior del frutal perjudicando a los pistachos en formación y se hace más laboriosa la poda con árboles excesivamente grandes.

PRODUCCIÓN

La elección de un adecuado portainjerto hará que la producción de pistachos se vea beneficiada al poder solventar problemas como los que se han mencionado hasta ahora. Se preferirán pies que proporcionen los rendimientos más altos.

CALIDAD DE FRUTOS

La calidad de frutos va ligada a un buen portainjerto. Esta calidad depende de la cantidad de pistachos vanos, la cantidad de pistachos cerrados y el peso específico de estos.

ENTRADA EN PRODUCCIÓN

El patrón puede condicionar a la hora de cuando el pistachero entrará en producción. Es sabido que el árbol no entra en producción hasta pasado unos 7 años improductivos, pero este período puede aumentar o disminuir dependiendo de numerosos factores como la elección del portainjerto.

3.1.3. Análisis multicriterio

Según lo definido anteriormente, se muestran 4 alternativas y 9 criterios de valor. A estos criterios de valor se les han añadido coeficientes de ponderación (CP):

- Producción y entrada en producción: CP = 2, debido a que de esta dependen las ganancias económicas y el promotor quiere que la plantación tenga beneficios cuanto antes.
- Adaptabilidad climática y al agua del riego: CP = 1,5, debido a que se depende del clima y es un factor que no se puede alterar, al igual que el agua del riego que al tener ya el pozo hecho se tiene que utilizar esa agua.
- Prendimiento del injerto y afinidad del cultivar, resistencia a plagas y enfermedades y calidad de frutos: CP = 1.
- Eficiencia nutricional y vigor: CP = 0,5

Tabla 1. Análisis multicriterio elección del patrón. Elaboración propia.

Criterios de valor	CP	CORNICABRA	ATLÁNTICA	PGI	UCB1
Adaptabilidad climática	1,5	5	4	1	3
Adaptabilidad al agua de riego	1,5	5	4	1	3
Resistencia a plagas	1	4	1	4	4
Resistencia a enfermedades	1	2	1	5	4
Prendimiento del injerto y afinidad con el cultivar	1	4	4	4	2
Eficiencia nutricional	0,5	5	4	3	2
Vigor	0,5	5	4	2	4
Producción	2	1	1	3	5
Calidad de frutos	1	5	3	1	4
Entrada en producción	2	1	1	3	5
TOTAL		39	29	31,5	46

Según el análisis multicriterio de la Figura 3, el patrón más conveniente y que más interesa para este proyecto es el híbrido UCB1. Presenta grandes rasgos en cuanto a producción y precocidad en la entrada en producción, factores que son de gran interés para el promotor y en los cuales se conseguirá un beneficio alto y lo antes posible.

Sus criterios de valor donde deja que desear son el prendimiento y la afinidad con el cultivar, y la eficiencia nutricional. Habrá que tener en cuenta en la elección de la variedad, que sea una que se adapte bien a este pie y, por otro lado, tendrá necesidades nutricionales mayores, por lo que no habrá que descuidarse a la hora de aplicar los abonos.

3.2. Elección de la variedad

La elección de una adecuada variedad conllevará numerosos beneficios como conseguir una gran producción y rendimientos, adaptación adecuada al clima y al suelo, mayor resistencia a enfermedades, una época de floración adecuada para la polinización efectiva y una calidad del fruto superior.

Básicamente, la elección de un buen cultivar optimizará la rentabilidad y el éxito del cultivo. Aquí se debe diferenciar entre variedades femeninas y masculinas, puesto que no sirven para lo mismo y cada una tiene su misión en la plantación. Una vez escogida la variedad femenina, que es la que proporcionará la producción, se elegirá la variedad masculina que mejor se adapte a ella.

3.2.1. Análisis de alternativas

Entre las variedades más populares utilizadas en España están: Kerman, Larnaka y Sirora.

KERMAN

Esta variedad tiene origen en Estados Unidos y se le dedica el 90% de la superficie de California a esta y a su correspondiente variedad masculina *Peters*. Es la más cultivada también en España, caracterizándose por su floración tardía, producciones altas y frutos grandes con buenas cualidades organolépticas. Se adapta bien a climas con inviernos fríos y veranos secos, suelos bien drenados con sensibilidad a la salinidad y una resistencia moderada a plagas, pero susceptible a enfermedades.

LARNAKA

Larnaka es un cultivar con origen en Chipre. Es una alternativa de floración más temprana en España, con una producción buena y constante, y un fruto mediano-grande con buen llenado y porcentaje de frutos abiertos. Su polinizador masculino es *Mateur*, se adapta bien a climas con inviernos fríos y veranos calurosos, suelos algo calizos y posee una resistencia moderada a plagas y enfermedades.

SIRORA

La variedad *Sirora* es nativa de Australia, es bastante similar a *Kerman* en cuanto a época de floración, con producciones altas y poca alternancia, y fruto mediano, con buen llenado y apertura de fruto, pero con un menor contenido en aceites. Su correspondiente polinizador es *Peters*, tiene una buena adaptación a climas cálidos y secos, con inviernos con fríos menos pronunciados. Tiene afinidad con todo tipo de suelos y posee buena resistencia a la salinidad, presenta una tolerancia buena a plagas y enfermedades.

3.2.2. Criterios de valor

ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA

Al igual que para el patrón, se intenta buscar una variedad que se adapte bien a las condiciones climáticas de la zona la cual se caracteriza por tener veranos calurosos y secos e inviernos fríos. El factor más importante es la entrada en floración, ya que es la etapa más sensible del árbol y donde se puede perder la mayor parte de la producción a



causa de las heladas tardías de marzo y abril. Se busca una variedad que empiece su etapa de floración lo más tarde posible para escapar de estas heladas primaverales.

RESISTENCIA A PLAGAS Y ENFERMEDADES

Como en cualquier cultivo, se intenta encontrar la variedad más resistente a plagas y enfermedades que afecten a su sanidad, y con ello a su producción y longevidad. Entre las plagas que más puede afectar se encuentran: *Labidostomis lusitánica* G. (Clitra) y *Nezara viridula* L. (Chinche). Entre las enfermedades más frecuentes están: *Botryosphaeria obtusa* (Schwein.) Shoemaker (*Diplodia seriata* De Not. anamorfo) (Botriosfera), *Pileolaria terebinthi* Castagne (= *Uromyces terebinthi* (DC.) G. Wint.) (Roya) y *Septoria* spp. (Septoria).

VIGOR

El vigor de la variedad es importante tenerlo en cuenta para la selección del cultivar, por las mismas razones que se citaron para el portainjerto, se buscará un vigor moderado.

ENTRADA EN PRODUCCIÓN

Al igual que se explicó para los portainjertos, interesa una entrada en producción más temprana para conseguir beneficios económicos cuanto antes.

PRODUCCIÓN

Grandes producciones conllevan buenos beneficios y sacarle rentabilidad económica a la plantación, por lo que la variedad deberá tener una producción elevada.

CALIDAD DEL FRUTO Y DEMANDA DEL MERCADO

Se intentará seleccionar una variedad la cual tenga una calidad de fruto elevada, hay diversos factores para tener en cuenta:

- Tamaño de fruto
- Rendimiento grano/cáscara
- Porcentaje de frutos abiertos
- Porcentaje de frutos vacíos
- Blancura de la cáscara
- Calidad organoléptica

Para la elección de la variedad se tienen en cuenta más factores, ya que al final el fruto depende más de la variedad que del patrón, aunque también tiene relación. Se busca un pistacho que sea demandado en el mercado, normalmente se busca: tamaño de fruto elevado, un rendimiento alto, un gran porcentaje de frutos abiertos, un bajo porcentaje de frutos vacíos, una blancura de cáscara adecuada para la demanda del mercado y unos atributos organolépticos de alta calidad.

VECERÍA

La vecería es la alternancia en la producción de un árbol frutal, donde un año da una cosecha abundante (año de carga) y al siguiente una producción baja (año de descarga). Es común en los pistacheros y puede reducirse con unas podas adecuadas y un manejo

nutricional correcto. Cuanta menor vecería tenga el cultivo, todos los años habrá producción, por lo que habrá mayores ganancias económicas.

ADAPTABILIDAD A UCB1

Ya que se ha escogido como patrón el UCB1, habría que encontrar una variedad que tuviera buena afinidad con este para poder conseguir unos rendimientos superiores y una duración de la plantación más longeva y productiva.

3.2.3. Análisis multicriterio

Según lo definido anteriormente, se muestran 4 alternativas y 9 criterios de valor. A estos criterios de valor se les han añadido coeficientes de ponderación (CP):

- Producción y entrada en producción: CP = 2, al igual que se ha explicado para el patrón, de estos factores dependen las ganancias económicas y el promotor quiere que la plantación tenga beneficios cuanto antes.
- Adaptabilidad climática y vecería: CP = 1,5, la climatología es un factor invariable y las heladas de primavera pueden producir grandes pérdidas. Por otro lado, la vecería se considera más importante ya que mantiene unas producciones constantes a lo largo del tiempo, y no se producen campañas con beneficios más bajos.
- Calidad de fruto y demanda del mercado, y resistencia a plagas y enfermedades: CP = 1.
- Adaptabilidad a UCB1 y vigor: CP = 0,5.

Tabla 2. Análisis multicriterio elección de variedad. Elaboración propia.

Criterios de valor	CP	<i>Kerman</i>	<i>Larnaka</i>	<i>Sirora</i>
Adaptabilidad climática	1,5	5	1	3
Resistencia a plagas y enfermedades	1	1	3	5
Vigor	0,5	5	5	2
Entrada en producción	2	5	3	5
Producción	2	2	5	4
Calidad del fruto y demanda del mercado	1	5	2	3
Vecería	1,5	1	3	3
Adaptabilidad a UCB1	0,5	5	5	5
TOTAL		34	32	38,5

El cultivar que presenta las condiciones más favorables, según el análisis multicriterio de la Figura 4, es *Sirora*. Como las condiciones del promotor es que se tenga una plantación

productiva, esta variedad cumple perfectamente con esos requisitos, siendo la más precoz en entrada en producción y con una productividad bastante decente.

Posee también altas cualidades para resistir plagas y enfermedades, sin embargo, tiene una floración media-tardía, por lo que, es poco probable, pero podrían afectar las heladas primaverales. La elección del portainjerto de UCB1 hará que se retrase algo más la floración, pero igualmente habrá que estar pendiente de este factor y aplicar las prácticas culturales requeridas para que estas posibles heladas no perjudiquen a la plantación.

La correspondiente variedad masculina que más se adapta a *Sirora*, es *Peters*. Sus características más destacables son su alto vigor, gran producción de polen, con una viabilidad de este de tres semanas, y su floración coincide con la de la variedad femenina.

3.3. Determinación del mantenimiento del suelo

El suelo es la base fundamental en la que un cultivo se establece, crece y produce, por ello, hay que saber la manera más correcta de mantener ese suelo y las prácticas que se deben realizar en este para optimizar la salud y la producción del cultivo.

Dependiendo del tipo de manejo de suelo que se escoja afectará a la plantación mejorando la disponibilidad de agua y nutrientes para los pistacheros, favoreciendo el crecimiento del sistema radicular, reduciendo el riesgo de enfermedades y plagas, minimizando la competencia con la maleza y evitando la erosión, mejorando así la estructura del suelo.

3.3.1. Análisis de alternativas

LABOREO

Es una práctica de manejo de suelo por la cual el suelo recibe labores frecuentemente para eliminar la vegetación adventicia y disminuir las pérdidas de agua por evaporación. El laboreo en plantaciones frutales es utilizado básicamente para descompactar el suelo por la lluvia y riegos, la maquinaria, las heladas..., y que el suelo aproveche el agua de lluvia.

Hay distintos tipos de aperos y maquinaria agrícola que pueden realizar distintos tipos de labores dependiendo del objetivo por el que se labra.

USO DE HERBICIDAS

El uso de herbicidas se basa en la utilización de productos fitosanitarios para la eliminación de la vegetación espontánea que aparece en el terreno, suprimiendo el paso de labor. La aplicación del herbicida normalmente se realiza por pulverización y, normalmente, con dos o tres pases suele bastar para mantener la tierra desnuda.

Hay varios factores a tener en cuenta a la hora de aplicar como la dosis, la velocidad, el tamaño de gota, el tipo de herbicida...

MULCHING

El mulching o acolchado es una técnica que también consiste en eliminar la vegetación que aparece en el suelo, pero ahogándola por medio de algún material con suficiente grosor para impedir que la vegetación lo sobrepase.

Hay dos tipos de mulching, el mulching orgánico, el cual está formado por componentes orgánicos como paja, serrín o viruta de madera, entre otros, y el mulching inerte, formado por materiales no orgánicos como piedras, arena...

Si esta alternativa fuera la más conveniente para la plantación habrá que decidir si el mulching será orgánico o no orgánico, y el correspondiente material con el que se ejecutará.

CUBIERTA VEGETAL

Esta técnica no tiene nada que ver con las anteriores, ya que consiste en mantener el suelo completamente cubierto por vegetación. Esta vegetación debe ser segada paulatinamente, y la competencia que se ocasiona inevitablemente ante esta situación es solventada mediante aportes de agua de riego y nutrientes, haciendo que puedan convivir las dos especies en un mismo sitio.

Hay dos tipos de cubiertas vegetales, las temporales, y las permanentes. Las temporales son aquellas que solo permanecen en el terreno durante unos meses, mientras que las permanentes duran varios años. A su vez, estos tipos de cubiertas pueden ser naturales o por siembra, lo que quiere decir que puede dejarse crecer la vegetación natural o esta vegetación puede ser sembrada.

Si esta alternativa fuera la más adecuada para la plantación, posteriormente habrá que decidir si será temporal o permanente, y si será natural o sembrada.

3.3.2. Criterios de valor

ESTRUCTURA DEL SUELO

En cualquier plantación, siempre hay que intentar mantener, en la medida de lo posible, la estructura del suelo ya que se evitan riesgos de erosión y se mejora la fertilidad. Un mantenimiento del suelo correcto garantiza una producción más estable, árboles más sanos y una mejor calidad en el pistacho.

COMPETENCIA

Aquí se evalúa la competencia que se genera entre el cultivo y la vegetación adventicia. Los suelos desnudos no generarán competencia, mientras que el mantenimiento del suelo que requiera del uso de vegetación generará más. Siempre es conveniente minimizar esta competencia para que el cultivo pueda aprovechar al máximo el suelo, el agua y los nutrientes que hay en el terreno.

DRENAJE

Se busca que el suelo tenga un buen drenaje, ya que el árbol del pistacho es bastante susceptible a asfixia radicular y a otras enfermedades que se pueden generar en el suelo como la verticilosis. Una buena aireación y drenaje del suelo evitará estos inconvenientes y hará que el árbol pueda explorar con sus raíces, de una manera más sencilla, las capas del suelo y que permanezca sano en el tiempo.

MATERIA ORGÁNICA

El suelo del que se dispone tiene una cantidad de materia orgánica algo baja, por lo que el aporte de materia orgánica que se pueda hacer mediante las prácticas de mantenimiento del suelo vendrá muy bien. Un buen contenido de materia orgánica dará beneficios a la plantación como la mejora de la fertilidad, aumento de la retención de agua, mejora de la estructura del suelo, estímulo de la vida microbiana, reducción de la erosión y ayuda en la absorción de nutrientes.

NUTRIENTES

La disponibilidad nutricional del suelo es un factor importante a tener en cuenta, ya que el pistacho requiere de muchos nutrientes para su formación y desarrollo. Una buena disponibilidad de nutrientes maximiza el rendimiento del pistachero, mejora la calidad del fruto y reduce los problemas de estrés y enfermedades.

ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA

Como se ha ido recalando hasta ahora, el problema más grave en cuanto a climatología es el riesgo a las heladas primaverales, el mantenimiento del suelo que se haga debe escapar lo máximo posible de estas y permitir que al cultivo no le afecten, en la medida de lo posible.

RIESGO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

La aparición de enfermedades y plagas va condicionada con el mantenimiento del suelo que se haga, ya que muchas plagas y enfermedades encuentran refugio en la vegetación o en otras estructuras, esperando latentes su momento de aparición en los árboles. Se busca escapar de estos riesgos, ya que pueden condicionar en la producción, en la sanidad del árbol y en la calidad de los frutos.

INVERSIÓN INICIAL

Los aspectos económicos también se deben tener en cuenta puesto que, una de las características de una plantación de pistachos, es que su comienzo a fase de producción es tardío, por lo que es bueno que la inversión inicial sea lo menos costosa posible, para que cuando los árboles entren en producción, poder amortizar la plantación cuanto antes y poder conseguir beneficios.

COSTES DE MANTENIMIENTO

Hay que tener en cuenta también los costes de mantenimiento de las prácticas del suelo. Al igual que pasa con la inversión, se busca que estos costes sean los más baratos posibles para poder sacar la máxima rentabilidad a la plantación lo antes posible.

3.3.3. Análisis multicriterio

Para este análisis multicriterio, se cuentan con 4 alternativas y con 9 criterios de valor a los que se les puntúa un coeficiente de ponderación (CP):

- Inversión y costes de mantenimiento: CP = 2, debido a que se le da prioridad a las preferencias del promotor que son los beneficios económicos lo antes posible.

- Estructura del suelo, materia orgánica, adaptabilidad climatológica: CP = 1,5, debido a que mantener la estructura del suelo es muy importante, la materia orgánica es escasa en la parcela y las heladas primaverales son de alto riesgo y debe escapar de ellas.
- Nutrientes y drenaje: CP = 1
- Competencia y riesgo de plagas y enfermedades: CP = 0,5

Tabla 3. Análisis multicriterio mantenimiento del suelo. Elaboración propia.

Criterios de valor	CP	Laboreo	Herbicidas	Mulching	Cubierta vegetal
Estructura del suelo	1,5	1	2	3	5
Competencia	0,5	3	5	4	1
Drenaje	1	1	3	4	5
Materia orgánica	1,5	1	2	3	5
Nutrientes	1	1	3	4	5
Adaptabilidad climática	1,5	3	4	4	1
Riesgo de plagas y enfermedades	0,5	2	1	4	5
Inversión inicial	2	5	2	1	2
Costes de mantenimiento	2	3	5	4	3
TOTAL		28	35	37	39,5

El resultado del análisis multicriterio de la Figura 5 es la cubierta vegetal. Resulta ser la más apta para la plantación al ser la mejor alternativa para mantener y mejorar el suelo, también cabe destacar que es la mejor alternativa para combatir el riesgo a plagas y enfermedades, debido a que favorece la biodiversidad y estimula los microorganismos beneficiosos que combaten a los patógenos y regula mejor la humedad, evitando encharcamientos que favorecen a los hongos patógenos. Además, cumple con un eco-régimen para poder solicitar las ayudas de la PAC.

La competencia y la adaptabilidad climática son sus peores atributos. La competencia se puede solventar por el uso de riego y el aporte de nutrientes, haciendo así que puedan convivir el cultivo y la cubierta. El uso de cubiertas vegetales puede favorecer a las heladas primaverales, pero esto se puede solucionar reduciendo la cubierta vegetal mediante herbicida en línea en los meses de mayor riesgo a heladas.

Los costes son un aspecto muy importante para el promotor, ya que condiciona los beneficios económicos, sin embargo, todo el bien agronómico que genera la cubierta hará que la plantación tenga un rendimiento superior y que permanezca sana y productiva durante más tiempo.

Como se ha mencionado antes, ahora toca decidir el tipo de cubierta que se implementará en la plantación. Primero se debe decidir si será temporal o permanente. La opción más conveniente es la de una cubierta vegetal permanente.

La cubierta vegetal permanente tiene beneficios importantes como la obtención de una cantidad superior de materia orgánica, teniendo en cuenta que el suelo tiene bajos contenidos y, además, aumenta la biodiversidad de la zona, el cual es un aspecto muy importante ya que la parcela se encuentra en una zona ZEPA y será un dato positivo para justificar la plantación. Por otro lado, las cubiertas temporales requieren de más costos y planificación, lo que no interesa al promotor.

Una vez decidido que será una cubierta vegetal permanente, se debe ver si será sembrada o natural. Como una cubierta vegetal sembrada tiene mayor coste y, teniendo en cuenta las preferencias del promotor, se escoge la cubierta vegetal natural.

Además, el mayor inconveniente de esta es la competencia que puede hacer con el cultivo, sin embargo, el terreno de la plantación no presenta grandes especies competidoras, siendo la gran mayoría dicotiledóneas compuestas y crucíferas que son beneficiosas para la fertilidad del suelo. A parte de esto, se obtiene una biodiversidad superior, que mejora el control biológico de patógenos, y presenta una mayor protección ante la erosión del suelo.

4. METAS

Establecer unas metas claras en un proyecto es fundamental para medir el progreso y asegurar el éxito de este. Aportan dirección y enfoque, facilitan la planificación y la toma de decisiones, miden el rendimiento y evalúan los avances, motivan al personal de equipo y detectan los problemas y hacen ajustes en el tiempo.

Las metas pueden confundirse con los objetivos, pero son dos conceptos totalmente distintos. Las metas son más específicas, medibles y alcanzables, definen qué hacer y cuándo con plazos y criterios claros, presenta un enfoque más operativo y táctico, y son cuantificables, permitiendo medir el progreso. Los objetivos son más amplios y generales, y definen lo que se quiere lograr a largo plazo.

4.1. Metas productivas

- Lograr una producción de entre 4 y 5 toneladas por hectárea en un plazo de 7 a 10 años.
- Incorporar un sistema de riego eficiente que reduzca en al menos un 60% de agua comparándolo con riegos tradicionales.
- Llegar a conseguir un índice de supervivencia del 90% de los árboles en los primeros años de plantación.
- Conseguir unos niveles de polinización superiores al 80%.

4.2. Metas económicas

- Recuperar la inversión inicial en un plazo de 8 años.
- Reducir los costos operativos en un 40% mediante el uso eficiente de insumos y tecnología.
- Obtener certificaciones de calidad para acceder a mercados premium y exportación.



4.3. Metas medioambientales

- Reducir el impacto ambiental mediante la implementación de técnicas de agricultura regenerativa o ecológica.
- Optimizar el uso del suelo y agua, reduciendo la erosión y mejorando la fertilidad del suelo.
- Usar energías renovables en el 100% del bombeo de la instalación de riego.

4.4. Metas técnicas

- Capacitar al 100% del personal en manejo agronómico, riego y cosecha en los primeros dos años.
- Lograr una eficiencia elevada y mecanizada en el proceso de recolección.

5. BIBLIOGRAFÍA

<https://agrovivero.com/2024/11/26/analisis-de-variedades-de-pistacho-segun-su-resistencia-a-enfermedades/>

Clínica Universitaria de Navarra. (2025). *Clínica Universitaria de Navarra*. Obtenido de Clínica Universitaria de Navarra: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/nematodo>

Couceiro López, J., Guerrero Villseñor, J., Gijón López, M., Morian Elvira, A., Pérez López, D., & Rodríguez de Francisco, M. (2017). *EL CULTIVO DEL PISTACHO*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Gil-Albert Velarde, F. (2014). *Tratado de arboricultura frutal. VOL.IV Técnicas de mantenimiento del suelo en plantaciones frutales*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Mister Pistacho. (2025). *Mister Pistacho*. Obtenido de Mister Pistacho: <https://misterpistacho.es/verticillium-en-el-pistachero-una-enfermedad-grave-que-debes-conocer-para-proteger-tu-cultivo/>

ANEJO III:
INGENIERÍA DEL DISEÑO Y DEL
PROCESO



ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN	1
2.1.	Trámites necesarios	1
2.2.	Operaciones previas a la plantación	1
2.2.1.	Diseño de la plantación	1
2.2.2.	Preparación del terreno	3
2.2.3.	Replanteo y marcado	6
2.3.	Plantación	6
2.4.	Operaciones posteriores a la plantación	7
2.4.1.	Riego post-plantación	7
2.4.2.	Reposición de marras	7
2.4.3.	Instalación del sistema de riego	8
3.	MANTENIMIENTO DE LA PLANTACIÓN	8
3.1.	Mantenimiento de la cubierta vegetal	8
3.1.1.	Especies vegetales presentes	8
3.1.2.	Siegas	15
3.1.3.	Control en las líneas de plantación	16
3.1.4.	Manejo del riego	16
3.2.	Poda	17
3.2.1.	Poda de formación	17
3.2.2.	Poda de producción	19
3.2.3.	Poda de rejuvenecimiento	20
3.3.	Fertilización	20
3.3.1.	Programa fertilización orgánica	24
3.3.2.	Programa de fertilización mineral	25
3.4.	Protección del cultivo	44
3.4.1.	Factores abióticos	44
3.4.2.	Factores bióticos	45
3.5.	Recolección	53
4.	BIBLIOGRAFÍA	55

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1.	Dimensiones de la parcela en metros. Elaboración propia.	2



Figura 2. Croquis de la plantación. Elaboración propia.	3
Figura 3. Subsolador. Fuente: KONGSKILDE.	4
Figura 4. Abonadora de estiércol. Fuente: AgriEXPO.	6
Figura 5. Proceso de plantación de pistachos mediante plantadora. Fuente: INNOVAGRI.	7
Figura 6. <i>Chenopodium album</i> Fuente: El medi natural del Bages i del Moianès.	9
Figura 7. <i>Amaranthus retroflexus</i> L. Fuente: El medi natural del Bages i del Moianès.	9
Figura 8. <i>Solanum nigrum</i> . Fuente: Wikipedia.	10
Figura 9. <i>Convolvulus arvensis</i> . Fuente: El medi natural del Bages i del Moianès.	10
Figura 10. <i>Equisetum arvense</i> . Fuente: El Jardín de Margarita.	11
Figura 11. <i>Portulaca oleracea</i> . Fuente: Asociación Gardatxo Elkartea.	11
Figura 12. <i>Polygonum persicaria</i> . Fuente: asturnatura.	12
Figura 13. <i>Senecio vulgaris</i> . Fuente: iNaturalistEc.	12
Figura 14. <i>Sonchus oleraceus</i> . Fuente: NaturalistaCO.	13
Figura 15. <i>Lactuca serriola</i> . Fuente: herbarium.	13
Figura 16. <i>Trifolium repens</i> . Fuente: EcoRegistros.	14
Figura 17. <i>Malva sylvestris</i> . Fuente: Au fènix Barcelona.	14
Figura 18. Desbrozadora de martillos. Fuente: YouTube.	15
Figura 19. Yema de flor y vegetativa del pistachero. Fuente: pistachoPRO.	19
Figura 20. Disponibilidad de nutrientes en relación con el pH. Fuente: intagri.	21
Figura 21. Síntomas de carencia de nitrógeno. Fuente: PISTACHOS ONLINE.	21
Figura 22. Síntomas de carencia de Boro. Fuente: Mister Pistacho.	23
Figura 23. Toxicidad por exceso de boro. Fuente: Mister Pistacho.	23
Figura 24. Atomizador. Fuente: oilCloud.	45
Figura 25. Clitra en pistacho. Fuente: Viveros Caravaca.	46
Figura 26. <i>Meloidogyne</i> spp. Fuente: ResearchGate.	47
Figura 27. Chinche verde en el pistacho. Fuente: Cuidatree.	48
Figura 28. Psila en pistacho. Fuente: Agro Huerto.	48
Figura 29. Síntomas de botriosfera en pistacho. Fuente: Mister Pistacho.	50
Figura 30. Síntomas de roya en el pistacho. Fuente: Mister pistacho.	50
Figura 31. Síntomas de septoria en el pistacho. Fuente: Grupo IberoPistacho.	51
Figura 32. Síntomas de verticilosis en el pistacho. Fuente: Grupo IberoPistacho.	52
Figura 33. Síntomas de alternaria en el pistacho. Fuente: Grupo IberoPistacho.	52
Figura 34. Síntomas de botritis en pistacho. Fuente: Casa Sant Roc.	53
Figura 35. Paraguas invertido acoplado al tractor. Fuente: Casa Sant Roc.	54
Figura 36. Procesadora <i>Vitium Pistachios</i> . Fuente: Fercam.	55

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Características del estiércol. Fuente: Familiar del promotor.	5
Tabla 2. Especies adventicias frecuentes en la parcela. Elaboración propia.	9
Tabla 3. Balance de materia orgánica en un período de 40 años. Elaboración propia.	25
Tabla 4. Principales nutrientes del agua de riego. Fuente: Vecino del promotor.	26
Tabla 5. Nutrientes del agua de riego en unidades fertilizante. Elaboración propia.	27
Tabla 6. Aporte de nutrientes por el riego en fase joven y adulta. Elaboración propia.	27



Tabla 7. Necesidades nutricionales del pistachero en fase juvenil en g/árbol. Fuente: El Cultivo del Pistacho.....	28
Tabla 8. Necesidades nutricionales del pistachero en fase juvenil en kg/ha. Fuente: El Cultivo del Pistacho.....	28
Tabla 9. Cantidad de nitrógeno en fase joven. Elaboración propia.	29
Tabla 10. Cantidad de fósforo en fase joven. Elaboración propia.	29
Tabla 11. Cantidad de potasio en fase joven. Elaboración propia.	29
Tabla 12. Porcentajes de nutrientes en cada fase fenológica en etapa joven. Fuente: Varias.	30
Tabla 13. Fertilización con N 25%. Elaboración propia.....	33
Tabla 14. Fertilización con DAP. Elaboración propia.	33
Tabla 15. Fertilización con abono cristalino. Elaboración propia.	33
Tabla 16. Necesidades nutricionales del pistacho en fase adulta en g/árbol. Fuente: El Cultivo del Pistacho.....	33
Tabla 17. Necesidades nutricionales del pistacho en fase adulta en kg/ha. Fuente: El Cultivo del Pistacho.....	33
Tabla 18. Cantidad de nitrógeno en fase adulta. Elaboración propia.	34
Tabla 19. Cantidad de fósforo en fase adulta. Elaboración propia.	34
Tabla 20. Cantidad de potasio en fase adulta. Elaboración propia.	34
Tabla 21. Porcentajes de nutrientes en cada fase fenológica en etapa adulta. Fuente: Varias.	34
Tabla 22. Fertilización con N 25% según año ON y OFF. Elaboración propia.....	36
Tabla 23. Fertilización con DAP según año ON y OFF. Elaboración propia.	36
Tabla 24. Fertilización con sulfato potásico según año ON y OFF. Elaboración propia.	36
Tabla 25. Rangos de valores nutricionales en hoja de pistachero. Fuente: El Cultivo del Pistacho.....	37
Tabla 26. Tiempo de fertirriego durante el primer año de plantación (N 25%). Elaboración propia.....	38
Tabla 27. Tiempo de fertirriego durante el segundo año de plantación (N 25%). Elaboración propia.....	38
Tabla 28. Tiempo de fertirriego durante el segundo año de plantación (DAP). Elaboración propia.....	38
Tabla 29. Tiempo de fertirriego durante el tercer año de plantación (N 25%). Elaboración propia.....	39
Tabla 30. Tiempo de fertirriego durante el tercer año de plantación (DAP). Elaboración propia.....	39
Tabla 31. Tiempo de fertirriego durante el tercer año de plantación (Abono cristalino). Elaboración propia.....	39
Tabla 32. Tiempo de fertirriego durante el cuarto año de plantación (N 25%). Elaboración propia.....	40
Tabla 33. Tiempo de fertirriego durante el cuarto año de plantación (DAP). Elaboración propia.....	40
Tabla 34. Tiempo de fertirriego durante el cuarto año de plantación (Abono cristalino). Elaboración propia.....	40
Tabla 35. Tiempo de fertirriego durante el quinto año de plantación (N 25%). Elaboración propia.....	41



Tabla 36. Tiempo de fertirriego durante el quinto año de plantación (DAP). Elaboración propia.	41
Tabla 37. Tiempo de fertirriego durante el quinto año de plantación (Abono cristalino). Elaboración propia.	42
Tabla 38. Tiempo de fertirriego fase adulta en año ON (N 25%). Elaboración propia. ..	42
Tabla 39. Tiempo de fertirriego fase adulta en año ON (DAP). Elaboración propia.	42
Tabla 40. Tiempo de fertirriego fase adulta en año ON (Sulfato potásico). Elaboración propia.	43
Tabla 41. Tiempo de fertirriego fase adulta en año OFF (N 25%). Elaboración propia. ..	43
Tabla 42. Tiempo de fertirriego fase adulta en año OFF (DAP). Elaboración propia.	44
Tabla 43. Tiempo de fertirriego fase adulta en año OFF (Sulfato potásico). Elaboración propia.	44



1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se detallan los procesos que se deben llevar a cabo para realizar el proyecto, además del diseño definitivo que tendrá la plantación, basándose en lo detallado en los Anejos I y II.

2. ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN

En este apartado se redactarán los distintos procesos que hacen falta para la instalación de una correcta plantación de pistachos de regadío, además de los diferentes trámites necesarios para proceder con el proyecto y de su mantenimiento en el tiempo.

2.1. Trámites necesarios

Para realizar una plantación de pistachos, se necesitan una serie de trámites administrativos para solicitar y que acepten dicha plantación. Primero de todo, se debe solicitar un cambio de cultivo en la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de Ocaña, que es donde se encuentran las oficinas más cercanas para solicitar dicho cambio.

Una vez realizado esto, el personal se encarga de las tramitaciones pertinentes y el terreno quedará inscrito como una plantación de árboles frutales convencional en regadío. A parte de esto, citarán la normativa que hay que seguir en cuanto a la distribución de la plantación y otros factores por encontrarse en una zona ZEPA que se debe seguir y cumplir. La parcela quedará también registrada en la PAC para poder solicitar las ayudas económicas, si se cumplen los requisitos que se piden.

2.2. Operaciones previas a la plantación

2.2.1. Diseño de la plantación

Como se ha mencionado numerosas veces en ocasiones anteriores, la parcela donde se va a realizar el proyecto está formada a su vez por dos parcelas colindantes que, en su conjunto, conforman una parcela única de 4,14 ha. Las medidas de la parcela se encuentran en la Figura 1.



Figura 1. Dimensiones de la parcela en metros. Elaboración propia.

La orientación de las líneas es recomendable que sea en dirección norte-sur debido a que, con esa orientación, las plantas tendrán una mayor exposición al sol, habrá un menor sombreado entre árboles, una mejor circulación de aire entre estos y se facilitan los trabajos que se tengan que hacer. Sin embargo, para aprovechar las dimensiones de la parcela, se van a disponer en una orientación NE-SO, donde se optimiza la superficie del terreno con el número de árboles por hectárea.

Como el promotor quiere que se mecanice lo máximo posible la plantación, la recolección será mecánica mediante un paraguas invertido, por lo que lo ideal será implantar un marco de plantación de 7 x 7 m. Con este marco se conseguirá un equilibrio entre el desarrollo de los árboles, la productividad y el manejo de la explotación.

Teniendo en cuenta que el diámetro de la copa del pistachero en fase adulta puede llegar a los 6 metros, habrá un espacio más que suficiente para su crecimiento, la productividad mejorará teniendo en cuenta que habrá una buena ventilación y reducción de enfermedades, una mejor optimización de la luz solar, además de conseguir un correcto equilibrio entre densidad y rendimiento, y se facilitará el paso de maquinaria agrícola.

Habrà un espacio entre árbol y lindes de 8 metros, teniendo en cuenta una copa de árbol de 6 m, para poder permitir un correcto paso de maquinaria y poder acceder a la plantación de manera fácil. La zona de bombeo de agua, y donde se pondrán las placas solares y la caseta de riego, se situarán al lado de donde se realizó el pozo en un perímetro cuadrado de 10 m².

Teniendo en cuenta todas estas medidas, el número total de líneas de árboles será de 36, pero cada una de ellas tendrá un número distinto de pistacheros debido a la forma de los límites de la parcela. Además, la superficie que queda de plantación exacta en la que se encuentran las líneas de plantación será de 3 ha aproximadamente.

En su totalidad se podrán incorporar al terreno 643 árboles, de los cuales un 6% deben ser machos, para asegurar la polinización y fecundación, por lo que habrá 604 árboles femeninos de la variedad *Sirora* y 39 árboles masculinos de la variedad *Peters*. Los árboles machos deben colocarse estratégicamente en la plantación, para que puedan polinizar a todos los árboles hembra correctamente. Además de en el Plano de la Plantación, En la Figura 2 se puede ver el croquis de la plantación, con los límites de la parcela, la zona de riego y las variedades masculinas y femeninas.

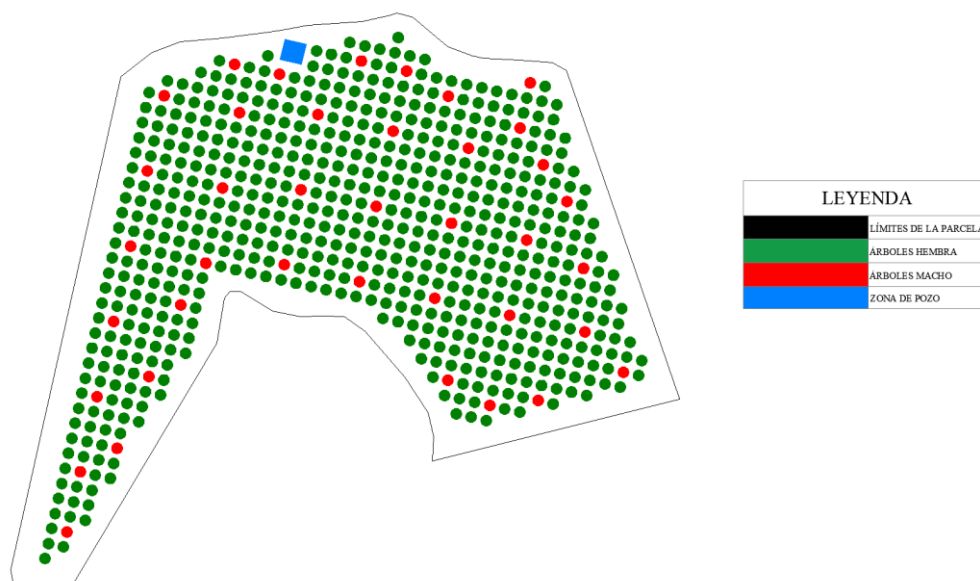


Figura 2. Croquis de la plantación. Elaboración propia.

2.2.2. Preparación del terreno

La preparación del suelo previa a la plantación es un conjunto de prácticas claves para permitir a los árboles acomodarse de manera más sencilla al terreno. Su principal objetivo es optimizar las condiciones del suelo y el entorno para garantizar el desarrollo de los árboles. Se mejorará la estructura del suelo, eliminando compactaciones, favoreciendo una correcta aireación y capacidad de infiltración.

Con esto se mejora el drenaje, evitando encharcamientos posteriores a los que es susceptible el pistachero, y evitando riesgos de enfermedades. También se pueden corregir deficiencias nutricionales, ajustar el pH y enriquecer la fertilidad del suelo con abonos orgánicos. Se aprovecha para eliminar las malas hierbas del entorno y se contribuye a mejorar la eficiencia de agua de riego.

SUBSOLADO

Una vez se conocen las características del terreno por medio de los análisis pertinentes, se procede a realizar una labor de subsolado. Mediante esta actividad, se consigue descompactar capas rompiéndolas y mejorar la infiltración de agua, el árbol obtendrá mayor facilidad para arraigar en el suelo y el sistema radicular podrá explorar en profundidad el suelo. El subsolado se realizará a una profundidad de 50-55 cm y en

condiciones de suelo seco mediante un subsolador de 5 púas en V (Figura 3), el cual ya pertenece al agricultor.



Figura 3. Subsolador. Fuente: KONGSKILDE.

ABONADO

Como se ha podido observar en los análisis de suelo, los niveles de materia orgánica de la parcela son bajos, por lo que viene muy bien realizar un aporte al suelo antes de plantar. Se usará un estiércol de oveja compostado proveniente de un familiar del promotor el cual se aplicará al terreno. En la Tabla 1 se muestran las características de este estiércol.

Tabla 1. Características del estiércol. Fuente: Familiar del promotor.

Parámetros	Unidades	Muestra seca	Muestra húmeda
pH	—	7,5	7,5
Humedad	%	0	35
Materia Seca	%	100	65
Materia orgánica	%	38–40	25
Cenizas	%	60	40
Carbono orgánico	%	21–24	14
Nitrógeno total	%	1,8	1,2
Relación C/N	—	12–14	12–14
Fósforo total	%	0,6	0,4
Potasio total	%	1,5	1
Calcio total	%	2,8	1,8
Magnesio total	%	0,6	0,4
Sodio total	%	0,5	0,3
Azufre total	%	0,5	0,3
Cloruros	%	0,6	0,4
Boro total	mg/kg	23	15
Cobre total	mg/kg	38	25
Hierro total	mg/kg	1075	700
Manganeso total	mg/kg	310	200
Molibdeno total	mg/kg	3	2
Zinc total	mg/kg	140	90

Esta aportación se aplicará cuatro meses antes de la plantación de los plantones, a lo largo de las líneas de cultivo y con un ancho de actuación de 1,5 metros. El objetivo es elevar el contenido de materia orgánica hasta un 2% en esa franja del terreno. Dado que la distancia entre las líneas de plantación es de 7 metros, la zona tratada representa aproximadamente el 15,5% de la superficie total.

$$\Delta MO = 2 - 0,98 = 1,02\%$$

Mediante los datos aportados por la Tabla 1 y teniendo en cuenta que la profundidad de interés son 30 cm, se consiguen los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 \text{Cantidad de enmienda} &= \frac{\Delta MO \times Da \times Prof \times 10^4}{Mat. sec. \text{húm.} \times MO sec.} \times 0,155 \\
 &= \frac{0,0102 \times 1,55 \times 0,3 \times 10^4}{0,65 \times 0,4} \times 0,155 = 28,27 \approx 30 \text{ t/ha}
 \end{aligned}$$

La dosis para aplicar de estiércol será de 30 t/ha, esta cantidad será suficiente para aumentar los contenidos de materia orgánica en cada línea de plantación y mejorar la retención de humedad. Se debe aplicar en otoño-invierno para que le dé tiempo a descomponerse antes de que el árbol entre en actividad, mediante una abonadora arrastrada con remolque basculante como el de la Figura 4.



Figura 4. Abonadora de estiércol. Fuente: AgriEXPO.

Posteriormente, se extenderá el estiércol en el terreno mediante un pase de gradas a una profundidad de entre 10 y 15 cm. Las gradas también romperán los terrones que hayan podido quedar en la superficie del suelo, se recomienda hacer estas labores cuando el terreno esté en tempero. El promotor ya cuenta con un apero de gradas de discos, y la abonadora se la prestará el familiar del promotor que le suministra el estiércol de oveja.

2.2.3. Replanteo y marcado

El objetivo es marcar donde van a ir las plantas según el marco que se haya decidido poner, en este caso, 7 x 7 m. El replanteo consiste en plasmar en el terreno los planos realizados de la plantación e indicar dónde empiezan y donde acaban las líneas de plantación. El marcado es el marcaje exacto de la posición del árbol en el terreno.

2.3. Plantación

La plantación se va a realizar con pie ya injertado a raíz desnuda para evitar la mano de obra y el tiempo que cuesta injertar el pistacho en campo. Además, se conseguirá una mayor uniformidad en la plantación, menos riesgos de fallos en el injerto y una mejor sanidad vegetal, debido a que en el vivero tienen unas condiciones óptimas de injerto y sanitarias.

El vivero al que se le encargue la planta debe traer el material vegetal certificado y con garantías de su procedencia, tiene que venir destacado el estado sanitario, el nombre, el vigor y las características de la especie. Las condiciones del transporte de la planta deben ser adecuadas, protegiéndolas debidamente evitando cualquier daño que se pueda ocasionar. Una vez llega la planta, se procede a plantar uno o dos días después como muy tarde.

Se procederá a la plantar cuando hayan pasado las heladas fuertes del año, cuando las temperaturas se sitúen entre los 10 y los 15°C. Se realizará mediante una plantadora guiada por GPS (Figura 5), la dinámica de trabajo será de un operario en el tractor guiando y otro subido en la plantadora poniendo las plantas injertadas junto con el tutor y el protector. Las plantas, al ser a raíz desnuda, se enterrarán hasta un palmo por debajo de la unión del injerto.



Figura 5. Proceso de plantación de pistachos mediante plantadora. Fuente: INNOVAGRI.

Los tutores serán de bambú, clavándolos a unos 30 cm de profundidad en el suelo, dejando una altura de 1,5 m y con cuidado de no causar heridas en la planta al clavarlos. Los protectores estarán hechos de polipropileno reciclable, con altura de unos 70 cm y diámetro de 11 cm, con orificios para que se consiga una buena aireación, y lo suficientemente resistentes para evitar daños por roedores, que son bastante frecuentes en la zona.

Mientras la plantadora va trabajando, dos personas irán poniendo los protectores manualmente, realizando un ligero aporcado del protector. Además, también irán atando las plantas mediante cinta elástica de uso hortícola al tutor.

2.4. Operaciones posteriores a la plantación

2.4.1. Riego post-plantación

Realizar un riego justo después de la plantación es totalmente necesario para asegurar el arraigo del sistema radicular, se debe realizar hasta 48 horas más tarde de la plantación. Se aplicarán 30 L por árbol mediante una cuba cisterna al no tener aún el sistema de riego montado. Se realizará un alcorque a mano en cada árbol y después se regarán. El volumen total necesario para el riego post- plantación será el siguiente:

$$30 \frac{L}{\text{árbol}} \times 643 \text{ árboles} = 19290 L \text{ de agua}$$

Se utilizará una cuba de 20.000 L la cual pertenece al promotor y se llenará desde el sondeo ya realizado en la parcela, sabiendo que se tardará 1 h y 25 min aproximadamente en llenar por completo la cuba, teniendo en cuenta las características del caudal que saca la bomba del sondeo (Anejo IV).

2.4.2. Reposición de marras

Se realizará la reposición de marras, la cual consiste en observar las plantas que no han conseguido adaptarse al entorno y han acabado muriendo, y reponerlas por unas nuevas. Hay que tener precaución e intentar reponer todas las marras para evitar diferencias de desarrollo entre árboles.

2.4.3. Instalación del sistema de riego

La instalación del sistema de riego se realizará por partes, culminando después de la plantación, tras el riego de asiento. Primero se instalarán todas las tuberías subterráneas necesarias antes de la plantación y, tras la plantación, se procederá a distribuir todas las tuberías portagotos en las líneas de plantación. Todas las partes que componen a la instalación de riego vienen definidas en el Anejo IV. A la hora de montar la instalación, se debe tener en cuenta el no dañar a las plantas.

3. MANTENIMIENTO DE LA PLANTACIÓN

3.1. Mantenimiento de la cubierta vegetal

Como ya se explicó en el Anejo II, el mantenimiento del suelo más apropiado para la plantación es la cubierta vegetal permanente y natural. Los beneficios que ofrecerá la cubierta vegetal a la plantación son:

- Mejora la capacidad de infiltración de agua del suelo.
- Protege al suelo de la erosión y mantiene su estructura.
- Aporta materia orgánica y mejora la actividad microbiana.
- Reduce la compactación del terreno.
- Mejora la capacidad de absorción del sistema radicular de la planta.
- Facilita los accesos a la parcela de la maquinaria y del personal.
- Favorece la presencia de enemigos naturales de patógenos.

La cubierta vegetal natural se podrá dejar crecer desde el primer momento de plantación. Esto es posible al tener un marco de plantación de 7 x 7 m, que es lo suficientemente grande como para dejar un metro sin vegetación a cada lado del tronco de los árboles. Este factor no supondrá ningún problema ya que habrá suficiente espacio entre la cubierta y la línea de plantación para evitar la competencia entre ellos.

3.1.1. Especies vegetales presentes

Para conseguir una adecuada cubierta vegetal, hay que fomentar la aparición de especies vegetales beneficiosas para el suelo y para los pistacheros. Para ello, primero hay que conocer las especies que suelen aparecer en el terreno. En la Tabla 2 se muestran las 12 especies que más se han visto en la parcela.

Tabla 2. Especies adventicias frecuentes en la parcela. Elaboración propia.

HIERBAS	FISIOLOGÍA	EFFECTOS EN LA PLANTACIÓN	IMAGEN
Cenizo (<i>Chenopodium album</i>)	Familia: Chenopodiaceae Sistema radicular: Raíz pivotante robusta. Tallos: Estriados longitudinales, con bandas blancas y verdes. Hojas: Alternas, pecioladas. Las hojas basales son dentadas y con forma de diamante, mientras que las superiores son romboidal-lanceoladas. Flores: Pequeñas, radialmente simétricas. 5 tépalos, 5 estambres y un pistilo. Inflorescencia: Ramificadas en panículas terminales. Fruto: Membranosos. Semilla: Única circular, negra y brillante.	Beneficios: - Ayuda a la fijación de nitrógeno en el suelo. - Controla la erosión mediante sus raíces profundas.	 Figura 6. <i>Chenopodium album</i> Fuente: El medi natural del Bages i del Moianès.
Bledo (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	Familia: Amaranthaceae. Sistema radicular: Pivotante. Tallos: Pubescentes, pueden ser rojizos. Hojas: Alternas, peciolo de 1-6 cm, limbo rombótico-ovado, subgado u obtuso. Flores: Unisexuales, verdes con 5 tépalos, rodeadas por una bráctea y 2 bractéolas. Femeninas: 1 pistilo y 3 estigmas. Masculinas 5 estambres. Inflorescencia: Flores agrupadas en espigas, terminales o axilares. Fruto: Cápsulas ovoides. Semilla: Negra y brillante de 1 mm aproximadamente.	Beneficios: - Con su crecimiento rápido puede cubrir el suelo y prevenir la erosión. - Sus flores pueden atraer insectos beneficiosos. - Ayuda a la fijación de nitrógeno en el suelo.	 Figura 7. <i>Amaranthus retroflexus</i> L. Fuente: El medi natural del Bages i del Moianès.

Tomatillo (<i>Solanum nigrum</i>)	Familia: Solanaceae Sistema radicular: Fasciculado, con raíces superficiales y crecimiento moderado. Tallos: Erecto o semirrastrero, ramificado, de color verde o ligeramente morado. Hojas: Alternas, ovaladas, con margen ondulado o dentado, de textura blanda. Flores: Pequeñas, blancas o ligeramente violáceas, con cinco pétalos curvados hacia atrás y estambres amarillos prominentes. Inflorescencia: Grupos de 3 a 10 flores dispuestas en cimas axilares. Fruto: Baya pequeña, esférica, de color verde cuando inmadura y negra o morada al madurar. Semilla: Pequeñas, aplanadas, de color amarillo claro.	Beneficios: - No es extremadamente invasiva.	 Figura 8. <i>Solanum nigrum</i>. Fuente: Wikipedia.
Correhuela (<i>Convolvulus arvensis</i>)	Familia: Convolvulaceae. Sistema radicular: Muy profundo y extenso, con raíces pivotantes y estolones subterráneos. Tallos: Trepadores o rastreros, delgados, flexibles y con capacidad de enredarse. Hojas: Alternas, lanceoladas o sagitadas, con un pecíolo largo. Flores: En forma de embudo, de color blanco o rosado, con cinco pétalos fusionados. Inflorescencia: Flores solitarias o en pequeños grupos en las axilas de las hojas. Fruto: Cápsula pequeña y globosa que contiene varias semillas. Semilla: Oscuras, de tamaño mediano, con una cubierta dura.	Beneficios: Ninguno.	 Figura 9. <i>Convolvulus arvensis</i>. Fuente: El medi natural del Bages i del Moianès.

Cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>)	Familia: Equisetaceae. Sistema radicular: Rizomatosos, profundas y ramificadas. Tallos: Está el fértil (primaveral) marrón y sin clorofila, y el estéril (veraniego) verde, ramificado, hueco y articulado. Hojas: Pequeñas, escamosas y dispuestas en verticilos alrededor de los nudos del tallo. Flores: No tiene flores, ya que es una planta pteridófito que se reproduce por esporas. Inflorescencia: Forma un esporangio terminal en forma de espiga en el tallo fértil. Fruto: No produce frutos, ya que su reproducción es por esporas. Semilla: No tiene semillas, sino esporas que se dispersan por el viento.	Beneficios: Ninguno.	 <i>Figura 10. Equisetum arvense. Fuente: El Jardín de Margarita.</i>
Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	Familia: Portulacaceae. Sistema radicular: Pivotal, con raíces secundarias superficiales. Tallos: Rastreros, carnosos, rojizos y ramificados. Hojas: Alternas, carnosas, obovadas o espatuladas, de color verde brillante. Flores: Pequeñas, amarillas, con cinco pétalos y situadas en las axilas de las hojas o en los extremos de los tallos. Inflorescencia: Solitaria o en pequeños grupos de 2-5 flores. Fruto: Cápsula pequeña y dehiscentes que se abre en dos mitades. Semilla: Negras, diminutas, brillantes y de forma reniforme.	Beneficios: - Ayuda a mantener la humedad del suelo y reduce la evaporación. - Su hoja contiene nutrientes beneficiosos al descomponerse en el suelo.	 <i>Figura 11. Portulaca oleracea. Fuente: Asociación Gardatxo Elkarte.</i>

Pejiguera (<i>Polygonum persicaria</i>)	Familia: Polygonaceae. Sistema radicular: Fasciculado, con raíces superficiales poco profundas. Tallos: Erectos o ascendentes, delgados, ramificados, con nudos engrosados y a menudo rojizos. Hojas: Lanceoladas, alternas, con una mancha oscura en el centro, margen entero y base rodeada por una vaina membranosa. Flores: Pequeñas, de color rosa o rojo pálido, con cinco tépalos. Inflorescencia: Espigas terminales densas y cilíndricas de flores agrupadas. Fruto: Aquenio pequeño, brillante, de forma triangular u ovoide. Semilla: Negras, lisas y duras.	Beneficios: Ninguno.	 <i>Figura 12. Polygonum persicaria.</i> Fuente: asturnatura.
Senecio (<i>Senecio vulgaris</i>)	Familia: Asteraceae. Sistema radicular: Fasciculado, con raíces superficiales. Tallos: Erectos, ramificados, huecos, de color verde y a veces con tonos rojizos. Hojas: Alternas, lobuladas, de margen dentado, con una textura ligeramente carnosa. Flores: Pequeñas, amarillas, agrupadas en cabezuelas sin lígulas. Inflorescencia: Racimos de capítulos florales en la parte superior del tallo. Fruto: Aquenio cilíndrico con vilano blanco. Semilla: Pequeñas, alargadas, con una corona de pelos blancos (vilano).	Beneficios: - Sus raíces ayudan en la estructura del suelo. - Tiene un bajo crecimiento y no es una potencial competidora.	 <i>Figura 13. Senecio vulgaris.</i> Fuente: iNaturalistEc.

Cerraja (<i>Sonchus oleraceus</i>)	Familia: Asteraceae. Sistema radicular: Fasciculado, con raíces superficiales y poco profundas. Tallos: Erecto, hueco, ramificado, de color verde y con secreción lechosa. Hojas: Alternas, lobuladas, con margen dentado y a menudo con espinas suaves; las basales forman una roseta. Flores: Amarillas, compuestas por numerosas lígulas. Inflorescencia: Capítulos florales dispuestos en grupos en la parte superior del tallo. Fruto: Aquenio oblongo, comprimido, con costillas transversales y un vilano blanco. Semilla: Pequeñas, con vilano.	Beneficios: - Crecimiento relativamente controlado.	 Figura 14. <i>Sonchus oleraceus</i>. Fuente: NaturalistaCO.
Lechacino (<i>Lactuca serriola</i>)	Familia: Asteraceae. Sistema radicular: Pivotante, con raíces profundas. Tallos: Erectos, ramificados en la parte superior, con látex blanco y superficie a menudo espinosa. Hojas: Alternas, lobuladas, con margen espinoso y dispuestas de manera vertical. Flores: Pequeñas, de color amarillo pálido, formadas por lígulas. Inflorescencia: Panícula terminal con múltiples capítulos florales. Fruto: Aquenio comprimido, de color marrón oscuro, con un vilano blanco en su extremo. Semilla: Pequeñas, alargadas y ligeras.	Beneficios: - No es excesivamente invasiva.	 Figura 15. <i>Lactuca serriola</i>. Fuente: herbarium.

Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	Familia: Fabaceae (Leguminosae). Sistema radicular: Fasciculado, con raíces superficiales. Tallos: Rastrero, delgado, estolonífero y enraizante en los nudos. Hojas: Trifoliadas, con folíolos ovales, de margen dentado y con una mancha clara en el centro. Flores: Pequeñas, blancas o rosadas, papilionadas. Inflorescencia: Globosa, formada por numerosas flores agrupadas en cabezuelas. Fruto: Legumbre pequeña y seca, que contiene varias semillas en su interior. Semilla: Pequeñas, de color amarillo o marrón.	Beneficios: - Ayuda a fijar nitrógeno en el suelo. - Su crecimiento rastrero ayuda a cubrir el suelo y reducir evaporación. - Atrae insectos beneficiosos y mejora la biodiversidad.	 Figura 16. <i>Trifolium repens</i>. Fuente: EcoRegistros.
Malva (<i>Malva sylvestris</i>)	Familia: Malvaceae. Sistema radicular: Pivotante, con raíces profundas. Tallos: Erecto o ascendente, ramificado, algo leñoso en la base y con pelos finos. Hojas: Alternas, palmeadas, con 5-7 lóbulos y margen dentado, de textura suave y color verde intenso. Flores: Grandes, de color rosa o lila con vetas más oscuras, de 5 pétalos. Inflorescencia: Grupos de flores en las axilas de las hojas. Fruto: Esquizocarpo en forma de disco segmentado, conocido como “quesito”. Semilla: Pequeñas, de color marrón, con forma arriñonada.	Beneficios: - Mejora de la estructura del suelo y protege de la erosión. - Atrae insectos beneficiosos. - Aporta materia orgánica.	 Figura 17. <i>Malva sylvestris</i>. Fuente: Au fènix Barcelona.

3.1.2. Siegas

Debido a la competencia por recursos hídricos y nutricionales de la cubierta vegetal, es necesario controlar su desarrollo mediante siegas. Para la realización de estas siegas, la maquinaria más conveniente es una desbrozadora de martillos para dejar la vegetación que se corte sobre el suelo para que con el tiempo se transforme en materia orgánica, también es ideal para mantener la hierba baja y es práctica, ya que puede acoplarse a un tractor (Figura 18), la desbrozadora del agricultor cumple perfectamente con estas características.



Figura 18. Desbrozadora de martillos. Fuente: YouTube.

Se tienen que realizar siegas periódicas para evitar la competencia con los árboles, lo recomendable es mantener una altura máxima de 10-20 cm. Se realizarán aproximadamente 3 siegas al año:

PRIMERA SIEGA

Esta siega se hará en primavera (marzo-mayo) con el objetivo de controlar el crecimiento excesivo antes que se produzca la floración del pistacho, y así reducir la competencia. En primavera comienza la etapa de crecimiento vegetativo de la cubierta, con el aumento de temperaturas y la aparición de precipitaciones, por lo que se deberá hacer una siega a una altura de 15 cm máximo.

SEGUNDA SIEGA

Se debe realizar en verano (junio-julio), antes que se produzcan las máximas temperaturas. Se consigue evitar la alta competencia por el agua a causa del estrés hídrico y reducir la evaporación del suelo. En esta época, si no se realiza un control de la cubierta, esta se puede secar y tener riesgos de tener en la parcela materia seca inflamable. Este corte se puede dejar más alto con una altura de 20 cm máximo para conseguir un acolchado y conservar la humedad del terreno.

TERCERA SIEGA

Se ejecutará en otoño (septiembre-octubre), previo a la caída de las hojas de los árboles, con el objetivo de facilitar la reactivación de la cubierta en invierno y reducir los riesgos de plagas que se refugian en la cubierta vegetal. Las lluvias de otoño hacen que la cubierta vuelva a crecer, por lo que una siega hará un crecimiento más equilibrado. En esta situación, la cubierta irá algo más baja (10 cm) para evitar que se ahogue con el exceso

de humedad. Esta siega se realizará en el caso de que se presenten otoños muy lluviosos y la cubierta esté muy desarrollada, ya que en esta época la cubierta no suele ser muy alta, depende de las precipitaciones y las condiciones que haya.

3.1.3. Control en las líneas de plantación

Para poder disminuir la competencia por agua y nutrientes entre la cubierta vegetal y el cultivo, se va a eliminar la vegetación que aparezca en las líneas de plantación. Al tener un riego localizado en la línea, se suprime la posibilidad de que las raíces de las hierbas de la cubierta absorban el agua antes de que lleguen a las raíces de los pistacheros.

Otro beneficio de esta actuación es eliminar riesgos sobre posibles apariciones de plagas y hongos cerca de los árboles. También, se favorecerá el paso de maquinaria y de personal, y la recolección.

El control de la hierba en las líneas de plantación se realizará por medio de herbicidas, los cuales tienen que ser los adecuados según el tipo de hierba, el vigor y la época del año. Al año se harán, aproximadamente 4 tratamientos, dos en primavera, uno en verano y otro en otoño, mediante un pulverizador de líneas acoplado a la parte delantera del tractor perteneciente al promotor.

Los herbicidas que se pueden utilizar son:

- Herbicidas sistémicos: Actúan entrando por las hojas y bajando hasta la raíz por el sistema vascular. Se aplica cuando la hierba ya ha brotado. Por ejemplo: Glifosato.
- Herbicidas residuales: Su funcionamiento consiste en dejar una película en la superficie del suelo para que, en el momento de brotación, las plantas mueran. Por ejemplo: Oxyfluorfen o pendimetalina.
- Herbicidas de contacto: Queman las plantas al entrar en contacto con ellas, tiene un efecto más rápido, pero es más superficial. Por ejemplo: Ácidos orgánicos.

Hay que cerciorarse de realizar un adecuado uso de los herbicidas para evitar la aparición de resistencias y utilizar estos químicos lo mínimo para ahorrar costes y tener una plantación sostenible, en la medida de lo posible.

Otro factor a tener en cuenta es el uso cuidadoso de los herbicidas, sobre todo en los primeros años de plantación. Es bastante recomendable no aplicar herbicidas el primer año de plantación en la línea para evitar posibles muertes accidentales de plantas jóvenes o tener bastante cuidado de que no llegue producto a las plantas, realizar las aplicaciones sin viento para evitar derivas y fijarse bien de que los protectores protejan bien a los pistachos. En caso de que haya riesgo de derivas en el primero año, se eliminarán las hierbas mediante azada en el área más próxima a la planta.

3.1.4. Manejo del riego

La instalación del riego también será importante a la hora de controlar la cubierta vegetal y que no compita en exceso con el cultivo. Los puntos de goteo deben ir bien situados en las líneas de los árboles para que estos puedan aprovechar más el agua.

3.2. Poda

La poda es una de las prácticas más importantes que se tienen que realizar en este cultivo. Los primeros años del pistachero se caracterizan por su elevado crecimiento vegetativo, sin embargo, cuando comienza la etapa productiva, este crecimiento se ve drásticamente disminuido. En esta especie, hay que tener en cuenta la dominancia apical que presenta y las heridas de poda, que suelen cicatrizar de manera lenta, siendo recomendable aplicarles algún producto que proteja las heridas de poda con cobre.

La poda se debe siempre realizar en el período de parada invernal, ya que se le debe dar tiempo al árbol a acumular las suficientes reservas y no le debe afectar a su crecimiento vegetativo a partir de brotación. Existen distintos tipos de poda, dependiendo de la fase en la que se encuentre el árbol.

3.2.1. Poda de formación

Este tipo de poda se ejecuta en los primeros años de vida de los árboles, antes de entrar en producción. Esta práctica es importante ya que se puede retrasar la entrada en producción de la planta si no se realiza correctamente, además, sirve para conseguir una estructura preparada y organizada para conseguir unas máximas producciones y una buena calidad en los frutos.

Los objetivos principales son favorecer la longevidad de la producción con una alta calidad de pistachos, formando una estructura que pueda resistir las condiciones de la zona, la recolección mecanizada, el paso de aperos, etc. Se pretende conseguir un árbol en el cual se pueda realizar una recolección mecanizada cómoda y conseguir una masa vegetativa equilibrada, donde haya una aireación e iluminación adecuados para combatir la aparición de enfermedades y plagas.

La formación que se busca es una formación en vaso por pisos, y se puede diferenciar entre la poda para árboles masculinos y la poda para árboles femeninos. Al tener ya los tutores puestos, cuando el brote que sale del injerto tiene unos 30 cm de longitud, se atará al tutor para que tenga una guía lo más vertical posible hasta llegar a la altura deseada para realizar el pinzamiento de esta guía.

ÁRBOLES MASCULINOS

Cuando el brote del injerto alcance aproximadamente los 2 m, se despunta en invierno para evitar la brotación de la yema sobre la que se despunta. En la primavera del año siguiente, se mantienen las yemas más altas, eliminando las que se encuentran más bajas (170-180 cm). De estas yemas más apicales se irá formando el árbol hasta llegar a su fase productiva.

ÁRBOLES FEMENINOS

Durante el primer año, se eliminarán las ramas laterales que aparezcan y se esperará a que la guía alcance los 180 cm para realizar el pinzamiento. A medida que la planta va creciendo, se debe ir atando al tutor para conseguir que permanezca erguida.

En el segundo año se siguen eliminando las ramas laterales y, en ese invierno, la planta ya ha debido alcanzar los 180 cm, por lo que se realiza un despunte. En la primavera de

ese año se eliminan las yemas de los primeros 120 cm y las de los últimos 10 cm, dejando las yemas que queden en medio con una longitud de unos 50 cm.

Las yemas apicales se eliminan con el objetivo de que el tronco consiga resistencia mecánica, mientras que las yemas inferiores se eliminan para facilitar la recolección y mejorar el arraigo del árbol. En los 50 cm donde se mantienen las yemas, se mantendrán tres ramas en distintos puntos, con ángulos entre ellas de aproximadamente 120° y de manera escalonada. Con esto se consiguen disminuir los riesgos de roturas y se le permite al árbol una buena aireación. A su vez en cada rama se pueden conservar entre 3 y 5 yemas, de las cuales deben brotar en todas las direcciones del eje de la rama.

Al disponer de una variedad vigorosa como lo es *Sirora*, el procedimiento de dejar las tres ramas se realizará en el invierno siguiente, dejando que crezcan todas las ramas durante ese año para controlar su longitud en verano y ahorrarse una poda en verde, el procedimiento de dejar las tres ramas ya se hará para el invierno siguiente.

Tras ese invierno, la planta entra de nuevo en actividad, estas ramas principales empiezan a crecer y acaban sobrepasando los 40-60 cm. Cuando esto ocurra, se deben despuntar a esta distancia sobre una yema exterior o interior para conseguir fortalecer el árbol. Todas las ramificaciones secundarias que aparezcan sobre las ramas principales se irán suprimiendo hasta que aparezca una ramificación en una posición intermedia de la rama de manera lateral, esta ramificación servirá para comenzar a formar el primer piso del árbol.

Al siguiente año, en la etapa de reposo invernal, se realiza de nuevo un despunte a las 40-60 cm de largo en las segundas prolongaciones de las ramas principales que se dejaron crecer el año anterior. A su vez, se eligen las ramificaciones nuevas del primer piso y se cortan a 30-40 cm.

En el siguiente invierno, se despunta de nuevo, esta vez ya las terceras prolongaciones, y se eligen de nuevo las ramificaciones, del segundo piso, buscando una orientación opuesta a las ramas del primer piso. Estas ramas del primer piso comienzan ya a producir los primeros pistachos.

Ya en el sexto invierno, queda a elección del agricultor dejar el árbol con tres pisos o formar uno más. Se eligen de nuevo las ramificaciones, del tercer piso, y las ramas que se dejaron en el segundo piso comienzan su fase productiva.

PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA

Hay que tener en cuenta algunos errores que se pueden cometer a la hora de realizar esta poda:

- Dejar una cruz muy baja puede producir inestabilidad en el árbol y hacer que el propio peso de las ramas principales acabe partiéndolas.
- Se debe conseguir un árbol recto, hay que tener precaución de mantener la guía recta para que el árbol no quede inclinado.
- Mantener las ramificaciones de cada piso en una misma orientación a la anterior puede producir un impedimento de la entrada de aire e iluminación en el árbol.

- No se deben dejar racimos antes de que el árbol este completamente formado, ya que se puede atrasar la formación del árbol y, por tanto, la entrada en producción de este.
- Al hacer una mala selección de las primeras yemas en el espacio de 50 cm, pueden producirse irregularidades en el crecimiento de las ramas del árbol.
- El árbol debe tener un equilibrio de verticalidad y horizontalidad, si es muy horizontal perjudicará el paso de maquinaria y la recolección.

3.2.2. Poda de producción

Tras haber realizado las podas de formación y haber dado estructura al árbol, éste estará preparado para comenzar a producir y, a partir de este momento, las podas serán de producción. Esta poda es realmente importante, ya que condiciona la vecería del cultivo, y de esta dependen la cantidad de reservas que el árbol deje para la fructificación del año siguiente.

Los objetivos principales de esta poda se basan en conseguir una correcta aireación e iluminación dentro del árbol, para reducir riesgos de enfermedades y mejorar la sanidad vegetativa, reducir las producciones irregulares a lo largo de los años y mantener al pistachero en una zona de confort, donde no moleste a otros y pueda crecer y desarrollarse correctamente, y facilitar la mecanización de la recolección y el paso de maquinaria.

Hay que tener en cuenta que la formación de pistachos sucede en madera del año anterior y se debe realizar ligeramente todos los años para conseguir un mantenimiento de reservas todos los años. El pistachero se caracteriza por tener una dominancia apical, por lo que las yemas terminales brotan más fácilmente y tienen un mayor desarrollo que las que se encuentran por debajo.

La clave de esta poda está en controlar esta dominancia apical para que la producción se concentre dentro del árbol y no se vea separada en distintas partes de este. Esto se consigue mediante despuntes sobre yemas de madera, dando prioridad al crecimiento de yemas laterales, las cuales la mayoría serán productivas.

Para realizar esta poda, es importante diferenciar bien los tipos de yema que aparecen en este frutal. Existen yemas vegetativas y yemas florales, estas yemas florales serán distintas para cultivares femeninos y masculinos. Las yemas florales se caracterizan por ser más gordas y cortas que las vegetativas, como se puede observar en la Figura 19.

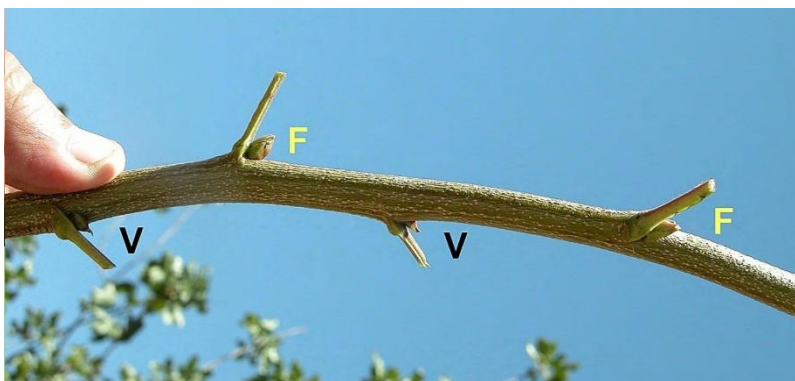


Figura 19. Yema de flor y vegetativa del pistachero. Fuente: pistachoPRO.

Además, dependiendo del vigor de las ramas, se pueden encontrar más yemas vegetativas (ramas vigorosas) o más yemas fructíferas (ramas poco vigorosas). La poda se realizará teniendo en cuenta el tipo de rama y la cantidad de yemas fructíferas y vegetativas se encuentran en ella. Nunca se deben realizar los despuntes sobre yemas florales, ya que produce la pérdida de crecimiento de esa rama hasta la siguiente brotación lateral porque no suelen aparecer yemas vegetativas por debajo de las florales.

La poda de producción se puede resumir en tres fases:

1. Eliminación de las ramas que van dirigidas al interior y al exterior del árbol, a su vez se realiza una limpieza de ramas dañadas y secas.
2. Se despuntan 10 cm aproximadamente del extremo de la rama si el árbol presenta un vigor alto. Si muestra un vigor escaso, el despunte se ejecutará a 30-40 cm del extremo. El despunte siempre sobre yema de madera.
3. Se cortan las ramas laterales que por su orientación no interesen, que se encuentren opuestas a otras de mayor calibre o tengan una disposición más aguda.

Para mecanizar aún más el cultivo, se podría valorar realizar podas mecánicas, sin embargo, este tipo de podas son indiscriminadas y no se tiene tanta precisión como en la poda manual. Con la poda manual se consigue una mayor producción, una mejor calidad de frutos y una mayor sanidad del árbol.

3.2.3. Poda de rejuvenecimiento

Con vistas a futuro, hay que tener en cuenta la ejecución de este tipo de podas. Cuando el árbol está envejeciendo las yemas vegetativas van disminuyendo y las fructíferas son prioritarias en el árbol, sin embargo, estas yemas van perdiendo su capacidad productiva debido a la falta de reservas. Para atenuar esto, se deben realizar aclareos de las ramas laterales que menos interesen por su posición o impedimento del paso de luz y aire, para conseguir más yemas vegetativas al año siguiente que puedan generar reservas en el árbol.

3.3. Fertilización

Para conseguir que las plantas tengan un correcto desarrollo y almacenar las suficientes sustancias de reserva para la producción del año siguiente, una buena fertilización es clave. Primero se debe analizar los factores que condicionan a la fertilización del cultivo y tenerlos en cuenta a la hora de realizar el abonado.

En el caso presente, la profundidad del suelo que se tiene es adecuada pudiendo tener un buen espacio de almacenamiento de nutrientes en el suelo. Hay que tener en cuenta que la textura del suelo es franco-arenosa, con una capacidad de intercambio catiónico de 28,95 meq/100g, por lo que presenta una buena capacidad de retención de nutrientes pese a ser de una textura algo ligera.

Las plantas se encuentran en un marco de plantación de 7 x 7 m, el cual hará que los árboles no tengan una competencia apreciable entre ellos. La presencia de riego será un factor positivo, ya que hará más disponibles los nutrientes en el suelo.

Los factores negativos que pueden condicionar la fertilización son el uso del patrón UCB1, el cual presenta una baja eficiencia nutricional, y la presencia de una cubierta

vegetal natural y permanente, que puede competir por los nutrientes del terreno. Además, el pH presente en el suelo es de 7,97, por lo que pueden ocasionarse bloqueos de algunos nutrientes importantes en el suelo.

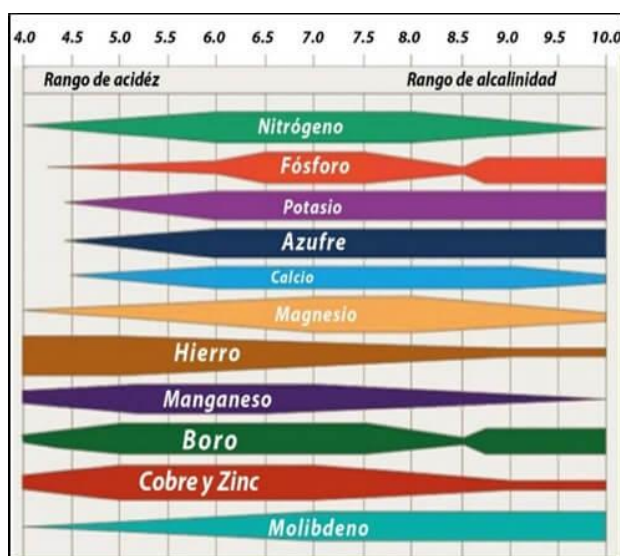


Figura 20. Disponibilidad de nutrientes en relación con el pH. Fuente: intagri.

Según la Figura 20, los pH alcalinos que presenta el suelo de la parcela pueden ocasionar carencias de algunos elementos como fósforo, hierro, manganeso, boro, cobre y zinc. Sabiendo esto, los síntomas que puedan aparecer en la plantación por deficiencia de alguno de estos elementos se tendrán en cuenta.

Para conseguir unas altas producciones, calidades de fruto y sanidad de la plantación, se tienen en cuenta un total de 13 nutrientes que se consideran esenciales para el buen desarrollo del pistachero. Estos nutrientes son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno, cloro y sodio. Para saber de la presencia de estos elementos en el árbol, hay que conocer sus funciones en este y los síntomas que pueden aparecer en caso de falta de alguno.

- **Nitrógeno:** Es el nutriente clave para el desarrollo vegetativo de la planta, sintetiza aminoácidos y ácidos nucleicos. Es uno de los elementos más consumidos por el pistachero. Los síntomas presentes ante deficiencias son el retraso en la brotación, brotes pequeños y hojas pálidas, pequeñas y con el peciolo rojizo (Figura 21).



Figura 21. Síntomas de carencia de nitrógeno. Fuente: PISTACHOS ONLINE.

- **Fósforo:** Es utilizado en cualquier proceso bioquímico, mejora la eficiencia del agua, hace a la planta más resistente a enfermedades y mejora la productividad, así como la calidad del fruto. Permanece en el árbol como reserva en los años donde la productividad desciende, para ser usado en los años de mayores producciones (vecería). Las carencias provocan retrasos en brotación y hojas de basales con manchas necróticas, que acaban afectando al resto, deshidratándose y cayendo al suelo.
- **Potasio:** Afecta principalmente al desarrollo de los frutos. Por lo general, mejora la fructificación, acelera la maduración, aporta aceites y mejora todas las cualidades del fruto. Su consumo en la planta se centra en la formación del pistacho. La deficiencia de este elemento aparece con quemaduras en las hojas, variando el color de estas a un verde más pálido, los síntomas aparecen primero en las hojas basales.
- **Calcio:** Participa en el crecimiento de hojas y raíces. Tiene la característica de reducir los pH ácidos del suelo. Se consume bastante en el desarrollo vegetativo. Su falta hace afecta negativamente a las raíces y a las hojas. Las hojas se ponen cloróticas en los bordes y el árbol se ve mucho menos vigoroso a lo habitual.
- **Magnesio:** Es uno de los componentes más importantes de la clorofila, por lo que afecta a la actividad fotosintética del árbol y a la formación del fruto. Los síntomas son muy característicos, formándose una V en las hojas, empezando a necrosar los bordes de estas.
- **Hierro:** Actúa en la creación de clorofila y en procesos enzimáticos. La deficiencia produce hojas cloróticas.
- **Manganeso:** Interviene en la fotosíntesis y es un componente de las proteínas. Las carencias se pueden observar en las hojas basales, con una clorosis que comienza entre las venas.
- **Boro:** Este elemento no es muy significativo en muchos frutales, sin embargo, no es el caso del pistachero. Es un micronutriente muy importante para la fisiología del árbol y todos los procesos que intervienen en la fructificación del pistacho. Su presencia se hace ver sobre todo en el cuajado y en la calidad de los frutos. Las deficiencias (Figura 22) no muestran síntomas hasta que su cantidad en el árbol es bastante baja, cuando esto ocurre, se producen retrasos en la brotación, desecación de las yemas terminales, las hojas se muestran arrugadas y afecta negativamente también al sistema radicular.



Figura 22. Síntomas de carencia de Boro. Fuente: Mister Pistacho.

Por ser un elemento importante para este cultivo, no quiere decir que se tenga que aplicar en exceso, ya que se pueden producir toxicidades (Figura 23).



Figura 23. Toxicidad por exceso de boro. Fuente: Mister Pistacho.

- Cobre: Su actividad se encuentra en la fotosíntesis y en la elaboración de clorofila. Los síntomas de deficiencias son parecidos a los del zinc, aparecen sobre todo en árboles jóvenes, en las hojas de los brotes terminales, necrosando estas y curvando el brote. Es frecuente también las toxicidades por la aplicación en exceso de este elemento.
- Zinc: Participa en la elaboración de clorofila y de hidratos de carbono, se relaciona con la elaboración de polen y desarrollo de la semilla. Su deficiencia eleva la cantidad de frutos vanos y hace más precoz productivamente al árbol. Los síntomas de carencias aparecen cuando las hojas presentan márgenes curvados y color rojizo, el árbol muestra una merma importante de racimos de pistachos.
- Molibdeno: Actúa en la fijación de nitrógeno y síntesis de proteínas.
- Cloro: Muestra problemas ante la toxicidad por exceso, tiene síntomas bastante parecidos a la toxicidad por boro.
- Sodio: Va de la mano de la toxicidad por cloro, con síntomas muy parecidos a los producidos por deficiencia de potasio.

Aparte de la observación de las patologías, se pueden realizar periódicamente análisis foliares, donde se muestre el estado nutricional de la plantación. A parte del abonado que se realiza previo a la plantación, durante su crecimiento se le irán aportando los nutrientes básicos para conseguir una producción lo más estable posible todos los años.

3.3.1. Programa fertilización orgánica

La fertilización orgánica es fundamental durante la vida de una plantación de pistachos ya que mejora la estructura y la fertilidad del suelo, favorece la actividad microbiana y proporciona nutrientes de forma lenta y constante. Además, reduce la dependencia de fertilizantes químicos, promueve la sostenibilidad y disminuye el riesgo de contaminación. Esto contribuye a una producción más saludable, rentable y respetuosa con el medio ambiente.

Para saber la cantidad de materia orgánica a aplicar sobre el terreno, primero se debe saber la cantidad de materia orgánica objetivo en el terreno, teniendo en cuenta que se quiere conseguir un contenido de materia orgánica del 2% y que la profundidad a la que interesa tener la materia orgánica es de 30 cm:

$$\begin{aligned} \text{Contenido MO} \left(\frac{t}{ha} \right) &= MO(\%) \times Da \left(\frac{t}{m^3} \right) \times Prof. (m) \times 10^4 \frac{m^2}{ha} \\ &= \frac{2}{100} \times 1,55 \times 0,3 \times 10^4 = 93 \text{ t/ha} \end{aligned}$$

Ahora se tiene que calcular el contenido de materia orgánica medio en la parcela en los 30 primeros cm de suelo, sabiendo que el contenido de materia orgánica medio en el suelo es de 0,98%:

$$\begin{aligned} MO \left(\frac{t}{m^3} \right) &= Da \times MO = 1,55 \times \frac{9,8}{100} = 0,015 \frac{t}{m^3} \\ 10000 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} &= 3000 \text{ m}^3 \\ MO \left(\frac{t}{ha} \right) &= 0,015 \frac{t}{m^3} \times 3000 \text{ m}^3 = 45 \frac{t}{ha} \end{aligned}$$

Por lo tanto, la materia orgánica que será necesaria aplicar en el suelo para conseguir un 2% será:

$$MO = 93 - 45 = 48 \frac{t}{ha}$$

La cantidad de materia orgánica que se debería implementar en el terreno para alcanzar unos valores del 2%, los cuales se consideran óptimos, es de 48 t/ha. Estas cifras son demasiado altas y pueden producir problemas en la plantación como quemar las raíces, por lo que la solución será realizar aportes periódicos para acercarse a esas cifras, teniendo en cuenta las pérdidas por mineralización.

Por lo tanto, se propone realizar aportes anuales de enmiendas orgánicas que aporten 7 t/ha o, para facilitar el trabajo, un pase cada dos años proporcionando 14 t/ha de materia orgánica sobre el terreno. Este contenido de materia orgánica no hará que esta aumente,

ya que habría que aplicar en muchas más cantidades, pero ayudará a mantener la materia orgánica presente y mejorará la estructura del suelo.

Cabe destacar que, al realizar el abonado orgánico pre-plantación, no será necesario volver a realizar un abonado orgánico hasta dentro de unos años. Este periodo de tiempo se puede calcular analizando las pérdidas por mineralización que tendrá el suelo, considerando un coeficiente de mineralización de 0,025, teniendo en cuenta que el suelo presenta una textura franco-arenosa. Además, se debe tener en cuenta los aportes de materia orgánica de la cubierta vegetal natural que se estiman que serán de 600 kg/ha.

Tabla 3. Balance de materia orgánica en un periodo de 40 años. Elaboración propia.

AÑO	%MO	MO (t/ha)	Pérdidas por mineralización (t/ha)	Estiércol (t/ha)	AMO estiércol (t/ha)	AMO cubierta (t/ha)	GANANCIAS (t/ha)
1	2	93	2,33	0	0	0,6	0,6
2	1,96	91,28	2,28	0	0	0,6	0,6
3	1,93	89,59	2,24	0	0	0,6	0,6
4	1,89	87,95	2,20	0	0	0,6	0,6
5	1,86	86,35	2,16	14	3,5	0,6	4,1
6	1,90	88,30	2,21	0	0	0,6	0,6
7	1,86	86,69	2,17	14	3,5	0,6	4,1
8	1,91	88,62	2,22	0	0	0,6	0,6
9	1,87	87,01	2,18	14	3,5	0,6	4,1
10	1,91	88,93	2,22	0	0	0,6	0,6
11	1,88	87,31	2,18	14	3,5	0,6	4,1
12	1,92	89,22	2,23	0	0	0,6	0,6
13	1,88	87,59	2,19	14	3,5	0,6	4,1
14	1,92	89,50	2,24	0	0	0,6	0,6
15	1,89	87,87	2,20	14	3,5	0,6	4,1
16	1,93	89,77	2,24	0	0	0,6	0,6
17	1,90	88,13	2,20	14	3,5	0,6	4,1
18	1,94	90,02	2,25	0	0	0,6	0,6
19	1,90	88,37	2,21	14	3,5	0,6	4,1
20	1,94	90,26	2,26	0	0	0,6	0,6
21	1,91	88,61	2,22	14	3,5	0,6	4,1
22	1,95	90,49	2,26	0	0	0,6	0,6
23	1,91	88,83	2,22	14	3,5	0,6	4,1
24	1,95	90,71	2,27	0	0	0,6	0,6
25	1,91	89,04	2,23	14	3,5	0,6	4,1
26	1,96	90,91	2,27	0	0	0,6	0,6
27	1,92	89,24	2,23	14	3,5	0,6	4,1
28	1,96	91,11	2,28	0	0	0,6	0,6
29	1,92	89,43	2,24	14	3,5	0,6	4,1
30	1,96	91,30	2,28	0	0	0,6	0,6
31	1,93	89,61	2,24	14	3,5	0,6	4,1
32	1,97	91,47	2,29	0	0	0,6	0,6
33	1,93	89,79	2,24	14	3,5	0,6	4,1
34	1,97	91,64	2,29	0	0	0,6	0,6
35	1,93	89,95	2,25	14	3,5	0,6	4,1
36	1,97	91,80	2,30	0	0	0,6	0,6
37	1,94	90,11	2,25	14	3,5	0,6	4,1
38	1,98	91,95	2,30	0	0	0,6	0,6
39	1,94	90,26	2,26	14	3,5	0,6	4,1
40	1,98	92,10	2,30	0	0	0,6	0,6

En la Tabla 3, se muestra el balance de materia orgánica en un periodo de 40 años el cual se estima que será la vida útil de la plantación. Se puede observar que, en el quinto año, los niveles de materia orgánica comienzan a encontrarse por debajo del 1,8%, por lo que a partir de este año se comenzarán a realizar aportes cada dos años de 14 t/ha para mantener ese contenido de materia orgánica lo más cercano posible al 2% a lo largo de los años de la plantación.

3.3.2. Programa de fertilización mineral

La fertilización mineral consiste en aportar nutrientes esenciales a las plantas mediante fertilizantes químicos, como nitrógeno, fósforo o potasio. Para la plantación será muy importante ya que mejora el crecimiento, la floración, la formación del fruto y la calidad de la cosecha, asegurando una producción estable y rentable.

Esta fertilización es necesaria porque el suelo por sí solo no siempre contiene los nutrientes suficientes que necesita el pistacho para desarrollarse bien. Sin estos aportes, el árbol puede crecer débil, producir menos frutos o de peor calidad, y ser más vulnerable a enfermedades o estrés ambiental.

AGUA DE RIEGO

Como la mayor parte de la fertilización se realizará mediante fertirriego, se deben tener en cuenta los nutrientes que contiene el agua de riego. En la Tabla 4, los nutrientes coloreados en verde serán positivos para la fertilización y los coloreados en rojo serán negativos.

Tabla 4. Principales nutrientes del agua de riego. Fuente: Vecino del promotor.

NUTRIENTE	mg/L	meq/L
Calcio	184,3	9,19
Magnesio	72,13	5,93
Sodio	205,2	8,93
Potasio	9,05	0,23
Cloruros	479,61	13,52
Sulfatos	773,03	16,12
Nitratos	No se detecta	No se detecta
Fosfatos	No se detecta	No se detecta
Boro	0,65	0,06

El calcio y el magnesio están presentes en niveles elevados y contribuyen al fortalecimiento de tejidos, desarrollo radicular y buena estructura celular, el potasio, aunque bajo, es esencial para la formación del fruto y la regulación hídrica de la planta, los sulfatos aportan azufre, necesario para la síntesis de proteínas y resistencia frente a estrés, y el boro, aunque en baja concentración, es útil para la floración y el cuajado del fruto.

El sodio está en un nivel muy alto, lo que puede causar salinización del suelo, reducir la absorción de otros nutrientes y dañar la estructura del suelo, y los cloruros también están en una concentración elevada, lo que puede provocar toxicidad en las hojas, clorosis y reducción en la producción. Además, no se detectan nitratos ni fosfatos, lo que indica una deficiencia de nitrógeno y fósforo, nutrientes esenciales para el crecimiento vegetativo, el desarrollo de raíces y la floración.

Por lo tanto, para el programa de fertilización mineral, se tendrán en cuenta aquellos nutrientes que se encuentran en el agua de riego y que resultan beneficiosos. Estos nutrientes expresados en unidades fertilizantes se encuentran en la Tabla 5.

Tabla 5. Nutrientes del agua de riego en unidades fertilizante. Elaboración propia.

NUTRIENTE	mg/L
CaO	258
MgO	119,7
K ₂ O	10,9
SO ₄ ⁻²	618,4
B	0,65

En etapa joven se aplicarán al año 1749,6 m³/ha de agua de riego y en fase adulta serán 4373,8 m³/ha. Por lo tanto, la cantidad de nutrientes por el agua de riego anual será la que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Aporte de nutrientes por el riego en fase joven y adulta. Elaboración propia.

NUTRIENTE	mg/L	JOVEN (kg/ha)	ADULTA (kg/ha)
CaO	258	451,4	1128,4
MgO	119,7	209,4	523,5
K ₂ O	10,9	19,1	47,7
SO ₄ ⁻²	618,4	1082,0	2704,8
B	0,65	1,1	2,8

MINERALIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

La mineralización de la materia orgánica del suelo es otro factor a tener en cuenta en cuanto a aportes nutricionales, ya que realiza una liberación de diferentes elementos que la planta puede aprovechar. Se considera un ancho de actuación de la materia orgánica de 1,5 m en cada línea, teniendo en cuenta solo los nutrientes a los que las raíces pueden llegar.

Como se ha visualizado en el balance de materia orgánica de la Tabla 3, tras la aplicación del estiércol se obtiene un 1,13% de materia orgánica, esta cantidad es la que se tendrá en cuenta para los nutrientes aportados por mineralización. Primero hay que saber el contenido de materia orgánica en las líneas de plantación:

$$\begin{aligned}
 MO \text{ líneas} &= \%MO \times DA \left(\frac{t}{m^3} \right) \times Prof. (m) \times 10^4 \times \% \text{ Superficie a cubrir} \\
 &= 0,0113 \times 1,55 \times 0,3 \times 10^4 \times 0,155 = \frac{8,14t}{ha}
 \end{aligned}$$

Para ver la mineralización de esa materia orgánica se utiliza el coeficiente de mineralización que es de 0,025:

$$MO \text{ mineralizada líneas} = 8,14 \times 10^3 \times 0,025 = 203,5 \frac{kg}{ha}$$

Para saber la cantidad de los elementos liberados por la mineralización de la materia orgánica, se utiliza la relación carbono. La relación carbono nitrógeno se sabe ya que viene en el análisis de suelo adjuntado en el Anejo I, que es de 8,86. La relación C/P y

C/K no aparecen en el análisis de suelo, por lo que se cogerán valores aproximados de 200 y 20 respectivamente, estos valores se suelen considerar cuando no se disponen de datos. Se considera también que la materia orgánica del suelo contiene un 58% de carbono orgánico (Alberto Pérez, 2022).

$$N = 203,5 \times \frac{0,58}{8,86} = 13,32 \frac{kg}{ha}$$

$$P_2O_5 = 203,5 \times \frac{0,58}{200} \times \frac{30,97 \times 2 + 16 \times 5}{2 \times 30,97} = 1,35 \frac{kg}{ha}$$

$$K_2O = 203,5 \times \frac{0,58}{20} \times \frac{39,098 \times 2 + 16}{2 \times 39,098} = 4,16 \frac{kg}{ha}$$

Una vez conocidos los aportes nutricionales que puede realizar el agua de riego y la mineralización de la materia orgánica, hay que ver las necesidades que tiene el pistachero. Para la elaboración de un correcto programa de fertilización mineral para el cultivo del pistacho, se tiene que diferenciar dos programas distintos, en la fase joven de los árboles (1º al 5º año) y en la fase adulta (6º año en adelante), además, en esta fase se deben tener en cuenta los años ON y los años OFF al ser un cultivo muy vecero.

FERTILIZACIÓN EN FASE JOVEN

Realizando una estimación, considerando un porcentaje en cuanto al adulto a medida que el árbol crece, se obtienen las necesidades de los árboles en fase juvenil, Tabla 7 y 8. Se tiene en cuenta como si fueran años sin producción, es decir, años OFF.

Tabla 7. Necesidades nutricionales del pistachero en fase juvenil en g/árbol. Fuente: El Cultivo del Pistacho.

AÑO	Porcentaje de adulto	N (g/árbol)	P ₂ O ₅ (g/árbol)	K ₂ O (g/árbol)
1º	10%	67,68	6,86	45,31
2º	20%	135,36	13,73	90,62
3º	35%	236,89	24,02	158,58
4º	50%	338,41	34,32	226,54
5º	70%	473,78	48,04	317,16

Tabla 8. Necesidades nutricionales del pistachero en fase juvenil en kg/ha. Fuente: El Cultivo del Pistacho.

AÑO	Porcentaje de adulto	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
1º	10%	10,51	1,07	7,04
2º	20%	21,02	2,13	14,07
3º	35%	36,79	3,73	24,63
4º	50%	52,56	5,33	35,19
5º	70%	73,58	7,46	49,26

Una vez conocidos todos estos datos, se pueden conseguir las cantidades de cada fertilizante a aportar a la plantación.

Dado el pH ligeramente alcalino, la textura arenosa del suelo, la baja capacidad de retención de agua y nutrientes, y el régimen de riego, se estima que aproximadamente el 58–60% (Bremner, 1997; FAO, 2006) del nitrógeno mineralizado de la materia orgánica no será aprovechado por el cultivo debido a pérdidas por lixiviación y volatilización. Además, se puede considerar también que se pierde un 10% del nitrógeno del fertirriego por lixiviación y volatilización. En la Tabla 9 se muestran las cantidades de nitrógeno a aportar en la plantación.

Tabla 9. Cantidad de nitrógeno en fase joven. Elaboración propia.

NITRÓGENO						
AÑO	Nec. (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mineralización (kg/ha)	Balance (kg/ha)	Fertilización (kg/ha)	Fertilización (g/árbol)
1º	10,51	0	7,99	-2,52	2,52	16,23
2º	21,02	0	7,99	-13,03	13,03	83,91
3º	36,79	0	7,99	-28,80	28,80	185,43
4º	52,56	0	7,99	-44,57	44,57	286,95
5º	73,58	0	7,99	-65,59	65,59	422,32

Debido a su alta movilidad en el suelo, el nitrógeno no se acumula de una campaña a otra, por lo que las cantidades no aprovechadas por el cultivo se pierden. Sin embargo, tanto el fósforo como el potasio presentan una mayor retención en el suelo, por lo que se considera que aproximadamente el 50% del contenido sobrante permanece disponible en campañas siguientes (Syers et al., 2008; FAO, 2006). En la Tabla 10 y 11 se pueden observar las cantidades de fósforo y potasio que se deben aplicar.

Tabla 10. Cantidad de fósforo en fase joven. Elaboración propia.

FÓSFORO						
AÑO	Nec. (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mineralización (kg/ha)	Balance (kg/ha)	Fertilización (kg/ha)	Fertilización (g/árbol)
1º	1,07	0	1,35	0,28	0	0
2º	2,13	0	1,35	-0,78	0,78	5,03
3º	3,73	0	1,35	-2,38	2,38	15,33
4º	5,33	0	1,35	-3,98	3,98	25,63
5º	7,46	0	1,35	-6,11	6,11	39,35

Tabla 11. Cantidad de potasio en fase joven. Elaboración propia.

POTASIO						
AÑO	Nec. (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mineralización (kg/ha)	Balance (kg/ha)	Fertilización (kg/ha)	Fertilización (g/árbol)
1º	7,04	19,1	4,16	16,22	0	0
2º	14,07	19,1	4,16	9,19	0	0
3º	24,63	19,1	4,16	-1,37	1,37	8,82
4º	35,19	19,1	4,16	-11,93	11,93	76,78
5º	49,26	19,1	4,16	-26,00	26,00	167,40

La fertilización en la fase joven del árbol tiene como objetivos formar un correcto sistema radicular, fuerte y con capacidad de explorar en profundidad el suelo, y conseguir una estructura vegetativa equilibrada para formar una copa adecuada para una buena producción y evitar posibles enfermedades a causa de una escasa aireación e iluminación.

Como ya se ha mencionado, la etapa juvenil se puede considerar que termina en el 5º año, dependiendo del cultivar y de otros condicionantes externos. Se realizará un plan segmentando de las actividades según el estado fenológico del árbol.

En la Tabla 12 se recogen los porcentajes de cada nutriente que se va a aplicar dependiendo del estado fenológico de los árboles. Esta estimación se ha realizado mediante diversos estudios (Ferguson y Polito, 2005; Eris, 2005; Maroto, 2002; FAO, 2006).

Tabla 12. Porcentajes de nutrientes en cada fase fenológica en etapa joven. Fuente: Varias.

Etapas fenológicas	Meses	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Justificación breve
Brotación (abril)	Abril	10%	30%	5%	Inicio de actividad radicular y brotación; el fósforo es importante en raíces.
Crecimiento vegetativo (mayo-agosto)	Mayo	10%	30%	10%	Mayor demanda de N para crecimiento de hojas/ramas y K para elongación y resistencia.
	Junio	25%	20%	20%	
	Julio	25%	10%	25%	
	Agosto	20%	5%	25%	
Post-verano (septiembre-octubre)	Septiembre	5%	5%	10%	Formación de reservas para el año siguiente y engrosamiento de tejidos.
	Octubre	5%	0%	5%	

Para la elección de los abonos a aplicar, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- La mayor parte de la fertilización será por fertirriego, por lo que se emplearán productos solubles y sin impurezas que puedan obstruir los goteros.
- No se realizarán aportes de calcio, ya que el suelo se caracteriza por ser calcáreo y el riego tiene grandes contenidos, por lo que hay un exceso de este elemento.
- Los abonos con fósforo, es recomendable que sean en forma de polifosfatos, para que estén más disponibles para la planta.
- El uso de nitrógeno amoniacal tiene la capacidad de reducir localmente el pH de la raíz y, en suelos como este, hace más disponibles elementos como fósforo, hierro, manganeso y zinc.
- Se pueden utilizar abonos ácidos, para regular el pH del suelo que es alto.

Para la fertilización en fase joven se propone utilizar los siguientes abonos por fertirriego:

- DAP o fosfato diamónico (18-46-0).
- Abono N 25%.
- NPK cristalino (15-5-30 + micros).

Dado que el suelo tiene una alta alcalinidad y carbonatos, es probable que haya deficiencias en algunos micronutrientes como el hierro, el manganeso o el zinc. La inclusión de microelementos en el abono cristalino será beneficiosa para corregir estas carencias, promoviendo una mejor salud general de la planta y evitando problemas como la clorosis.

Primer año de plantación

Como se ha podido observar en los datos anteriores, el primer año de plantación las necesidades del cultivo de fertilizantes son pocas, solo requiere de un pequeño aporte de nitrógeno que se realizará mediante el uso del abono nitrogenado al 25%.

Como en total hacen falta 16,23 g/árbol de nitrógeno y el abono utilizado tiene un 25% de este elemento:

$$\text{Abono N 25\%} = \frac{16,23}{0,25} = 64,92 \frac{\text{g}}{\text{árbol}} = 10,08 \text{ kg/ha}$$

Segundo año de plantación

El segundo año de plantación, se necesita nitrógeno y fósforo. Por lo que se utilizará abono N 25% y DAP, teniendo en cuenta 83,91 g/árbol de nitrógeno y 5,03 g/árbol de fósforo:

- FÓSFORO (DAP 18-46-0):

$$DAP = \frac{5,03}{0,46} = 10,93 \frac{g}{\text{árbol}} = 1,7 \text{ kg/ha}$$

- NITRÓGENO (N 25%):

Se tiene en cuenta también la cantidad de nitrógeno aportada por el abono DAP:

$$10,93 \times 0,18 = 1,97 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$\text{Abono N 25\%} = \frac{(89,24 - 1,97)}{0,25} = 327,76 \frac{g}{\text{árbol}} = 50,91 \text{ kg/ha}$$

Tercer año de plantación

Al tercer año de plantación ya se comienzan con los abonados de los tres elementos principales. Se tienen unas necesidades de 185,43 g/árbol de nitrógeno, 15,33 g/árbol de fósforo y 8,82 g/árbol de potasio. Se aplicarán N 25%, DAP y el abono cristalino.

- POTASIO (Cristalino 15-5-30 + micros):

$$\text{Cristalino} = \frac{8,82}{0,30} = 29,4 \frac{g}{\text{árbol}} = 4,57 \frac{kg}{ha}$$

- FÓSFORO (DAP 18-46-0):

Se tiene en cuenta la cantidad de fósforo aportada por el abono cristalino:

$$29,4 \times 0,05 = 1,47 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$DAP = \frac{(15,33 - 1,47)}{0,46} = 30,13 \frac{g}{\text{árbol}} = 4,68 \text{ kg/ha}$$

- NITRÓGENO (N 25%):

Se tiene en cuenta la cantidad de nitrógeno aportada por el abono cristalino y el DAP:

$$29,4 \times 0,15 = 4,41 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$30,13 \times 0,18 = 5,42 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$\text{Abono N 25\%} = \frac{(185,43 - 4,41 - 5,42)}{0,25} = 702,4 \frac{g}{\text{árbol}} = 109,09 \text{ kg/ha}$$

Cuarto año de plantación

Se tienen unas necesidades de 286,95 g/árbol de nitrógeno, 25,63 g/árbol de fósforo y 76,78 g/árbol de potasio. Se aplicarán N 25%, DAP y el abono cristalino.

- POTASIO (Cristalino 15-5-30 + micros):

$$\text{Cristalino} = \frac{76,78}{0,30} = 255,93 \frac{g}{\text{árbol}} = 39,75 \frac{kg}{ha}$$

- FÓSFORO (DAP 18-46-0):

Se tiene en cuenta la cantidad de fósforo aportada por el abono cristalino:

$$255,93 \times 0,05 = 12,8 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$\text{DAP} = \frac{(27,26 - 12,8)}{0,46} = 31,43 \frac{g}{\text{árbol}} = 4,88 \frac{kg}{ha}$$

- NITRÓGENO (N 25%):

Se tiene en cuenta la cantidad de nitrógeno aportada por el abono cristalino y el DAP:

$$255,93 \times 0,15 = 38,39 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$31,43 \times 0,18 = 5,66 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$\text{Abono N 25\%} = \frac{(286,95 - 38,39 - 5,66)}{0,25} = 971,6 \frac{g}{\text{árbol}} = 150,9 \frac{kg}{ha}$$

Quinto año de plantación

Se tienen unas necesidades de 422,32 g/árbol de nitrógeno, 39,35 g/árbol de fósforo y 167,4 g/árbol de potasio. Se aplicarán N 25%, DAP y el abono cristalino.

- POTASIO (Cristalino 15-5-30 + micros):

$$\text{Cristalino} = \frac{167,4}{0,30} = 558 \frac{g}{\text{árbol}} = 86,67 \frac{kg}{ha}$$

- FÓSFORO (DAP 18-46-0):

Se tiene en cuenta la cantidad de fósforo aportada por el abono cristalino:

$$558 \times 0,05 = 27,9 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$\text{DAP} = \frac{(39,35 - 27,9)}{0,46} = 24,89 \frac{g}{\text{árbol}} = 3,86 \frac{kg}{ha}$$

- NITRÓGENO (N 25%):

Se tiene en cuenta la cantidad de nitrógeno aportada por el abono cristalino y el DAP:

$$558 \times 0,15 = 83,7 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$24,89 \times 0,18 = 4,48 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$\text{Abono N 25\%} = \frac{(422,32 - 83,7 - 4,48)}{0,25} = 1336,56 \frac{g}{\text{árbol}} = 207,59 \text{ kg/ha}$$

A continuación, en las Tablas 13, 14 y 15, se muestra un resumen de la fertilización en etapa joven en kg/ha.

Tabla 13. Fertilización con N 25%. Elaboración propia.

AÑO	Fertilización (kg/ha)	Abono N 25%						
		Brotación (kg/ha)	Crecimiento vegetativo (kg/ha)				Post-verano (kg/ha)	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
1º	10,08	1,01	1,01	2,52	2,52	2,02	0,50	0,50
2º	50,91	5,09	5,09	12,73	12,73	10,18	2,55	2,55
3º	109,09	10,91	10,91	27,27	27,27	21,82	5,45	5,45
4º	150,9	15,09	15,09	37,73	37,73	30,18	7,55	7,55
5º	207,59	20,76	20,76	51,90	51,90	41,52	10,38	10,38

Tabla 14. Fertilización con DAP. Elaboración propia.

AÑO	Fertilización (kg/ha)	DAP 18-46-0						
		Brotación (kg/ha)	Crecimiento vegetativo (kg/ha)				Post-verano (kg/ha)	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
1º	0	0	0	0	0	0	0	0
2º	1,69	0,51	0,51	0,34	0,17	0,08	0,08	0
3º	4,68	1,40	1,40	0,94	0,47	0,23	0,23	0
4º	4,88	1,46	1,46	0,98	0,49	0,24	0,24	0
5º	3,86	1,16	1,16	0,77	0,39	0,19	0,19	0

Tabla 15. Fertilización con abono cristalino. Elaboración propia.

AÑO	Fertilización (kg/ha)	Cristalino 15-5-30 + micros						
		Brotación (kg/ha)	Crecimiento vegetativo (kg/ha)				Post-verano (kg/ha)	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
1º	0	0	0	0	0	0	0	0
2º	0	0	0	0	0	0	0	0
3º	4,57	0,23	0,46	0,91	1,14	1,14	0,46	0,23
4º	39,75	1,99	3,98	7,95	9,94	9,94	3,98	1,99
5º	86,67	4,33	8,67	17,33	21,67	21,67	8,67	4,33

FERTILIZACIÓN EN FASE ADULTA

Las necesidades nutricionales del pistachero en fase adulta se adjuntan en la Tabla 16 y la Tabla 17.

Tabla 16. Necesidades nutricionales del pistacho en fase adulta en g/árbol. Fuente: El Cultivo del Pistacho.

AÑO	N (g/árbol)	P ₂ O ₅ (g/árbol)	K ₂ O (g/árbol)
ON	739,15	53,57	1042,92
OFF	676,82	68,64	453,08

Tabla 17. Necesidades nutricionales del pistacho en fase adulta en kg/ha. Fuente: El Cultivo del Pistacho.

AÑO	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
ON	114,8	8,32	161,98
OFF	105,12	10,66	70,37

Una vez se saben las necesidades se calculan las cantidades de cada nutriente que necesitarían los árboles (Tablas 18, 19 y 20).

Tabla 18. Cantidad de nitrógeno en fase adulta. Elaboración propia.

NITRÓGENO						
AÑO	Nec. (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mineralización (kg/ha)	Balance (kg/ha)	Fertilización (kg/ha)	Fertilización (g/árbol)
ON	114,80	0	7,99	-106,81	106,81	687,69
OFF	105,12	0	7,99	-97,13	97,13	625,37

Tabla 19. Cantidad de fósforo en fase adulta. Elaboración propia.

FÓSFORO						
AÑO	Nec. (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mineralización (kg/ha)	Balance (kg/ha)	Fertilización (kg/ha)	Fertilización (g/árbol)
ON	8,32	0	1,35	-6,97	6,97	44,88
OFF	10,66	0	1,35	-9,31	9,31	59,94

Tabla 20. Cantidad de potasio en fase adulta. Elaboración propia.

POTASIO						
AÑO	Nec. (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mineralización (kg/ha)	Balance (kg/ha)	Fertilización (kg/ha)	Fertilización (g/árbol)
ON	161,98	19,1	4,16	-138,72	138,72	893,16
OFF	70,37	19,1	4,16	-47,11	47,11	303,32

Esta fertilización se comenzará a realizar cuando la planta comience su etapa de producción. Se hace con el objetivo de conseguir altas producciones y evitar la vecería en la medida de lo posible. Se intenta obtener una alta productividad, calidad del fruto y salud del árbol. Esta fertilización tendrá la misma dinámica que la anterior, realizar las actividades según su estado fenológico.

En la Tabla 21 se recogen los porcentajes de cada nutriente que se va a aplicar dependiendo del estado fenológico de los árboles. Esta estimación se ha realizado mediante diversos estudios (Ferguson y Polito, 2005; Eris, 2005 Maroto, 2002; FAO, 2006).

Tabla 21. Porcentajes de nutrientes en cada fase fenológica en etapa adulta. Fuente: Varias.

Etapas	Meses	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Justificación técnica
Brotación y crecimiento vegetativo (abril)	Abril	10%	25%	10%	N para brotación y hojas; P para raíces.
Floración y cuajado (mayo)	Mayo	20%	25%	15%	Alta demanda de energía (P) y formación de frutos (N y algo de K).
Desarrollo del fruto (junio-agosto)	Junio	25%	20%	20%	Desarrollo y llenado del fruto. K es clave para tamaño, calidad y lignificación.
	Julio	20%	10%	25%	
	Agosto	15%	10%	20%	
Post-verano (septiembre-octubre)	Septiembre	5%	5%	5%	Formación de reservas para el año siguiente.
	Octubre	5%	5%	5%	

Para el abonado de la fase adulta de la plantación se utilizarán los siguientes fertilizantes para fertirriego:

- DAP o fosfato diamónico (18-46-0).
- Abono N 25%.

- Sulfato potásico cristalino K_2O 52% + 45% SO_3 .

La sustitución del abono cristalino 15-5-30 + micros por el sulfato potásico cristalino K_2O 52% + 45% SO_3 se debe a que en la época de floración y cuajado ya se hará un tratamiento foliar con micros, que beneficiarán estos procedimientos.

Además, el azufre viene muy bien aplicarlo en el terreno, ya que, con el suelo presente en la parcela, el aporte de azufre mediante el sulfato potásico será muy beneficioso porque mejora la disponibilidad de nutrientes en suelos alcalinos, corrige carencias, favorece la absorción de nitrógeno, reduce efectos negativos del exceso de cal y sales, y mejora el desarrollo radicular y la calidad del fruto en el pistacho.

Sexto año hasta final de vida útil de la plantación. Año ON.

Se tienen unas necesidades de 687,69 g/árbol de nitrógeno, 44,88 g/árbol de fósforo y 893,16 g/árbol de potasio. Se aplicarán N 25%, DAP y el sulfato potásico.

- POTASIO (Sulfato potásico K_2O 52% + 45% SO_3):

$$\text{Sulfato potásico} = \frac{893,16}{0,52} = 1717,61 \frac{g}{\text{árbol}} = 266,77 \frac{kg}{ha}$$

- FÓSFORO (DAP 18-46-0):

$$DAP = \frac{44,88}{0,46} = 97,56 \frac{g}{\text{árbol}} = 15,15 \frac{kg}{ha}$$

- NITRÓGENO (N 25%):

Se tiene en cuenta la cantidad de nitrógeno aportada por el abono cristalino y el DAP:

$$97,56 \times 0,18 = 17,56 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$\text{Abono N 25\%} = \frac{(687,69 - 17,56)}{0,25} = 2680,52 \frac{g}{\text{árbol}} = 416,32 \frac{kg}{ha}$$

Sexto año hasta final de vida útil de la plantación. Año OFF.

Se tienen unas necesidades de 625,37 g/árbol de nitrógeno, 59,94 g/árbol de fósforo y 303,32 g/árbol de potasio. Se aplicarán N 25%, DAP y el sulfato potásico.

- POTASIO (Sulfato potásico K_2O 52% + 45% SO_3):

$$\text{Sulfato potásico} = \frac{303,32}{0,52} = 583,31 \frac{g}{\text{árbol}} = 90,6 \frac{kg}{ha}$$

- FÓSFORO (DAP 18-46-0):

$$DAP = \frac{59,94}{0,46} = 130,3 \frac{g}{\text{árbol}} = 20,24 \frac{kg}{ha}$$

- NITRÓGENO (N 25%):

Se tiene en cuenta la cantidad de nitrógeno aportada por el abono cristalino y el DAP:

$$130,3 \times 0,18 = 23,45 \frac{g}{\text{árbol}}$$

$$\text{Abono N 25\%} = \frac{(625,37 - 23,45)}{0,25} = 2407,68 \frac{g}{\text{árbol}} = 373,95 \text{ kg/ha}$$

A continuación, en las Tablas 22, 23 y 24, se muestra un resumen de la fertilización en etapa adulta.

Tabla 22. Fertilización con N 25% según año ON y OFF. Elaboración propia.

AÑO	Fertilización (kg/ha)	Abono N 25%						
		Brotación y crec. veg. (kg/ha)	Floración y cuajado (kg/ha)	Desarrollo del fruto (kg/ha)			Post-verano (kg/ha)	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
6° - FINAL ON	416,32	41,63	83,26	104,08	83,26	62,45	20,82	20,82
6° - FINAL OFF	373,95	37,40	74,79	93,49	74,79	56,09	18,70	18,70

Tabla 23. Fertilización con DAP según año ON y OFF. Elaboración propia.

AÑO	Fertilización (kg/ha)	DAP 18-46-0						
		Brotación y crec. veg. (kg/ha)	Floración y cuajado (kg/ha)	Desarrollo del fruto (kg/ha)			Post-verano (kg/ha)	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
6° - FINAL ON	15,15	3,79	3,79	3,03	1,52	1,52	0,76	0,76
6° - FINAL OFF	20,24	5,06	5,06	4,05	2,02	2,02	1,01	1,01

Tabla 24. Fertilización con sulfato potásico según año ON y OFF. Elaboración propia.

AÑO	Fertilización (kg/ha)	Sulfato potásico K2O 52% + SO3 45%						
		Brotación y crec. veg. (kg/ha)	Floración y cuajado (kg/ha)	Desarrollo del fruto (kg/ha)			Post-verano (kg/ha)	
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
6° - FINAL ON	266,77	26,68	40,02	53,35	66,69	53,35	13,34	13,34
6° - FINAL OFF	90,6	9,06	13,59	18,12	22,65	18,12	4,53	4,53

En fase adulta también se realizará una aplicación foliar en la etapa de floración cuajado mediante un abono con B 5% + Cu 0,5% + Mo 1% y atomizador. La aplicación foliar de este abono durante la etapa de floración y cuajado asegura que el pistacho reciba los micronutrientes esenciales en una etapa crítica para su desarrollo, previniendo deficiencias y favoreciendo una mayor calidad y cantidad de frutos.

- El boro es fundamental para la formación de flores y frutos, mejorando la polinización y favoreciendo un mejor cuajado de los frutos.
- El cobre fortalece las defensas de la planta, aumentando su resistencia a enfermedades, especialmente a aquellas causadas por hongos y bacterias, que son más comunes durante esta fase.
- El molibdeno, aunque necesario en pequeñas cantidades, contribuye a una mejor fijación de nitrógeno y al desarrollo saludable de las raíces, lo que permite una mejor nutrición general de la planta.

Las dosis y la forma de aplicar este fertilizante se regirán por lo que viene indicado por el fabricante.

ANÁLISIS FOLIAR

Al final de la primavera, entre floración y cuajado, se realizará un análisis foliar al año para asegurarse de que la fertilización que se está realizando es correcta, o proceder a modificar ésta si se muestra algún valor deficiente o en exceso. También, esto permitirá

abordar cualquier deficiencia antes de que afecte el cuajado de los frutos, y dará tiempo a ajustar la fertilización si es necesario. Además, este es un momento crítico en términos de nutrientes esenciales como boro y cobre, que son fundamentales para la producción de pistachos. En la Tabla 25 se muestran los rangos de valores nutricionales en hoja.

El procedimiento a seguir para realizar el análisis foliar es el siguiente:

1. Seleccionar las hojas adecuadas: Se escogen hojas jóvenes y bien desarrolladas de la parte media de la rama. Evitar las hojas demasiado viejas o muy jóvenes.
2. Momento de recolección: Se realiza la recolección por la mañana, cuando las hojas estén secas y no haya presencia de rocío o lluvia.
3. Número de muestras: Se toman 20-30 hojas de diferentes árboles para obtener una muestra representativa.
4. Recolección de las hojas: Usar tijeras de podar limpias para cortar las hojas, luego se colocan en una bolsa de papel o recipiente limpio. Se intenta evitar el contacto con superficies que puedan contaminar las muestras.
5. Enviar las muestras al laboratorio: Se llevan las hojas a un laboratorio especializado para el análisis de nutrientes (macronutrientes y micronutrientes).

Tabla 25. Rangos de valores nutricionales en hoja de pistachero. Fuente: El Cultivo del Pistacho.

Nutriente	Valor crítico	Rango de suficiencia
Nitrógeno (N)	1,8%	2,2-2,5%
Fósforo (P)	0,14%	0,14-0,17%
Potasio (K)	1,6%	1,8-2,0%
Calcio (Ca)	1,3%	1,3-1,4%
Magnesio (Mg)	0,6%	0,6-1,2%
Cloro (Cl)	No hay datos	0,1-0,3%
Manganeso (Mn)	30 ppm	30-80 ppm
Boro (B)	90 ppm	150-250 ppm
Cinc (Zn)	7 ppm	10-15 ppm
Cobre (Cu)	4 ppm	6-10 ppm

TIEMPO DE FERTIRRIEGO

Se va a calcular el tiempo de fertirrigación para cada tanque de abono, los cuales se han dimensionado en el Anejo IV, y para cada año de plantación en fase joven y fase adulta, tal y como se ha ido haciendo hasta ahora.

Para la ejecución de los cálculos, se va a tener en cuenta un caudal de salida de los tanques de 50 L/h y que el volumen de caldo son las necesidades del abono entre la concentración de este. Se aplicarán fertilizantes 5 días al mes, todos los datos acerca del riego que se muestran se encuentran en el Anejo IV.

$$\text{Tiempo fertirriego (h)} = \frac{\text{Volumen caldo (L)}}{\text{Caudal salida } \left(\frac{\text{L}}{\text{h}}\right) \times n^{\circ} \text{ días fertirrigación}}$$

Año 1:

Tabla 26. Tiempo de fertirriego durante el primer año de plantación (N 25%). Elaboración propia.

AÑO 1 (N 25%)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	3,34	4,29	3,45	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	5	2	2	2	5	0
Días de riego	días/mes	0	6	15	16	16	6	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	4,17	4,17	10,43	10,43	8,35	2,09	2,09
Volumen de caldo gastado	L	4	4	10	10	8	2	2
T fertirriego	h	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01

En la Tabla 26 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de N 25% en el año 1. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las necesidades anuales de fertilización de N 25% con un volumen de caldo total de 40 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 42 kg.

Año 2:

Tabla 27. Tiempo de fertirriego durante el segundo año de plantación (N 25%). Elaboración propia.

AÑO 2 (N 25%)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	3,34	4,29	3,45	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	5	2	2	2	5	0
Días de riego	días/mes	0	6	15	16	16	6	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	21,08	21,08	52,69	52,69	42,15	10,54	10,54
Volumen de caldo gastado	L	20	20	50	50	40	10	10
T fertirriego	h	0,08	0,08	0,20	0,20	0,16	0,04	0,04

En la Tabla 27 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de N 25% en el año 2. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las necesidades anuales de fertilización de N 25% con un volumen de caldo total de 200 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 211 kg.

Tabla 28. Tiempo de fertirriego durante el segundo año de plantación (DAP). Elaboración propia.

AÑO 2 (DAP)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	3,34	4,29	3,45	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	5	2	2	2	5	0
Días de riego	días/mes	0	6	15	16	16	6	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	2,10	2,10	1,40	0,70	0,35	0,35	0
Volumen de caldo gastado	L	43	43	28	14	7	7	0
T fertirriego	h	0,17	0,17	0,11	0,06	0,03	0,03	0

En la Tabla 28 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de DAP en el año 2. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las necesidades anuales

de fertilización de DAP con un volumen de caldo total de 140 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 7 kg.

Año 3:

Tabla 29. Tiempo de fertirriego durante el tercer año de plantación (N 25%). Elaboración propia.

AÑO 3 (N 25%)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	3,34	4,29	3,45	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	5	2	2	2	5	0
Días de riego	días/mes	0	6	15	16	16	6	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	45,16	45,16	112,91	112,91	90,33	22,58	22,58
Volumen de caldo gastado	L	43	43	106	106	85	21	21
T fertirriego	h	0,17	0,17	0,43	0,43	0,34	0,09	0,09

En la Tabla 29 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de N 25% en el año 3. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las necesidades anuales de fertilización de N 25% con un volumen de caldo total de 425 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 452 kg.

Tabla 30. Tiempo de fertirriego durante el tercer año de plantación (DAP). Elaboración propia.

AÑO 3 (DAP)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	3,34	4,29	3,45	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	5	2	2	2	5	0
Días de riego	días/mes	0	6	15	16	16	6	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	5,81	5,81	3,88	1,94	0,97	0,97	0
Volumen de caldo gastado	L	118	118	79	39	20	20	0
T fertirriego	h	0,47	0,47	0,31	0,16	0,08	0,08	0

En la Tabla 30 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de DAP en el año 3. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las necesidades anuales de fertilización de DAP con un volumen de caldo total de 395 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 19 kg.

Tabla 31. Tiempo de fertirriego durante el tercer año de plantación (Abono cristalino). Elaboración propia.

AÑO 3 (Abono cristalino)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	3,34	4,29	3,45	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	5	2	2	2	5	0
Días de riego	días/mes	0	6	15	16	16	6	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	0,95	1,89	3,78	4,73	4,73	1,89	0,95
Volumen de caldo gastado	L	9	18	36	45	45	18	9
T fertirriego	h	0,04	0,07	0,14	0,18	0,18	0,07	0,04

En la Tabla 31 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización del abono cristalino en el año 3. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las

necesidades anuales de fertilización de abono cristalino con un volumen de caldo total de 180 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 19 kg.

Año 4:

Tabla 32. Tiempo de fertirriego durante el cuarto año de plantación (N 25%). Elaboración propia.

AÑO 4 (N 25%)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,71	2,92	3,75	3,02	3,93	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	3	1	1	1	3	0
Días de riego	días/mes	0	10	30	31	31	10	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	62,47	62,47	156,18	156,18	124,95	31,24	31,24
Volumen de caldo gastado	L	59	59	147	147	118	29	29
T fertirriego	h	0,24	0,24	0,59	0,59	0,47	0,12	0,12

En la Tabla 32 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de N 25% en el año 4. Será necesaria la reposición del depósito después del mes de junio, ya que no pueden cubrirse las necesidades anuales de fertilización debido a la capacidad del depósito de 500L. Se gastará un volumen de caldo total de 265 L desde el mes de abril hasta junio, y un volumen de caldo total de 325 L de julio a octubre, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 625 kg.

Tabla 33. Tiempo de fertirriego durante el cuarto año de plantación (DAP). Elaboración propia.

AÑO 4 (DAP)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,71	2,92	3,75	3,02	3,93	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	3	1	1	1	3	0
Días de riego	días/mes	0	10	30	31	31	10	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	6,06	6,06	4,04	2,02	1,01	1,01	0
Volumen de caldo gastado	L	123	123	82	41	20	20	0
T fertirriego	h	0,49	0,49	0,33	0,16	0,08	0,08	0

En la Tabla 33 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de DAP en el año 4. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las necesidades anuales de fertilización de DAP con un volumen de caldo total de 410 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 20 kg.

Tabla 34. Tiempo de fertirriego durante el cuarto año de plantación (Abono cristalino). Elaboración propia.

AÑO 4 (Abono cristalino)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,71	2,92	3,75	3,02	3,93	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	3	1	1	1	3	0
Días de riego	días/mes	0	10	30	31	31	10	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	8,23	16,46	32,91	41,14	41,14	16,46	8,23
Volumen de caldo gastado	L	78	156	312	390	390	156	78
T fertirriego	h	0,31	0,62	1,25	1,56	1,56	0,62	0,31

En la Tabla 34 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización del abono cristalino en el año 4. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las necesidades anuales de fertilización de abono cristalino con un volumen de caldo total de 1560 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 165 kg.

Año 5:

Tabla 35. Tiempo de fertirriego durante el quinto año de plantación (N 25%). Elaboración propia.

AÑO 5 (N 25%)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,71	2,92	3,75	3,02	3,93	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	3	1	1	1	3	0
Días de riego	días/mes	0	10	30	31	31	10	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	85,94	85,94	214,86	214,86	171,88	42,97	42,97
Volumen de caldo gastado	L	81	81	202	202	162	40	40
T fertirriego	h	0,32	0,32	0,81	0,81	0,65	0,16	0,16

En la Tabla 35 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de N 25% en el año 5. Será necesaria la reposición del depósito después del mes de junio, ya que no pueden se cubrir las necesidades anuales de fertilización debido a la capacidad del depósito de 500L. Se gastará un volumen de caldo total de 365 L desde el mes de abril hasta junio, y un volumen de caldo total de 445 L de julio a octubre, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 859 kg.

Tabla 36. Tiempo de fertirriego durante el quinto año de plantación (DAP). Elaboración propia.

AÑO 5 (DAP)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,71	2,92	3,75	3,02	3,93	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	3	1	1	1	3	0
Días de riego	días/mes	0	10	30	31	31	10	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	4,79	4,79	3,20	1,60	0,80	0,80	0
Volumen de caldo gastado	L	97	97	65	32	16	16	0
T fertirriego	h	0,39	0,39	0,26	0,13	0,06	0,06	0

En la Tabla 36 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de DAP en el año 5. No será necesaria la reposición del depósito, ya que se cubrirán las necesidades anuales de fertilización de DAP con un volumen de caldo total de 325 L, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 16 kg.

Tabla 37. Tiempo de fertirriego durante el quinto año de plantación (Abono cristalino). Elaboración propia.

AÑO 5 (Abono cristalino)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,71	2,92	3,75	3,02	3,93	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	3	1	1	1	3	0
Días de riego	días/mes	0	10	30	31	31	10	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	17,94	35,88	71,76	89,70	89,70	35,88	17,94
Volumen de caldo gastado	L	170	340	681	851	851	340	170
T fertirriego	h	0,68	1,36	2,72	3,40	3,40	1,36	0,68

En la Tabla 37 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de abono cristalino en el año 5. Será necesaria la reposición del depósito después del mes de junio, ya que no pueden cubrir las necesidades anuales de fertilización debido a la capacidad del depósito de 3000 L. Se gastará un volumen de caldo total de 1195 L desde el mes de abril hasta junio, y un volumen de caldo total de 2215 L de julio a octubre, teniendo en cuenta que las necesidades de fertilizante anuales son de 359 kg.

Año 6 – final de vida útil. Año ON:

Tabla 38. Tiempo de fertirriego fase adulta en año ON (N 25%). Elaboración propia.

AÑO ON (N 25%)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	4,18	5,36	4,31	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	2	1	1	1	2	0
Días de riego	días/mes	0	16	30	31	31	15	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	172,36	344,71	430,89	344,71	258,53	86,18	86,18
Volumen de caldo gastado	L	162	324	406	324	243	81	81
T fertirriego	h	0,65	1,30	1,62	1,30	0,97	0,32	0,32

En la Tabla 38 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de N 25% desde el año 6 hasta final de vida útil de la plantación en año ON. Será necesaria una reposición del depósito mensual, ya que no pueden cubrir las necesidades anuales de fertilización debido a la capacidad del depósito de 500 L. Se gastará el volumen de caldo mensual y el fertilizante que aparecen en la tabla.

Tabla 39. Tiempo de fertirriego fase adulta en año ON (DAP). Elaboración propia.

AÑO ON (DAP)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	4,18	5,36	4,31	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	2	1	1	1	2	0
Días de riego	días/mes	0	16	30	31	31	15	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	15,68	15,68	12,54	6,27	6,27	3,14	3,14
Volumen de caldo gastado	L	318	318	254	127	127	64	64
T fertirriego	h	1,27	1,27	1,02	0,51	0,51	0,25	0,25

En la Tabla 39 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de DAP desde el año 6 hasta final de vida útil de la plantación en año ON. Será necesaria una reposición del depósito mensual, ya que no pueden cubrir las necesidades anuales de fertilización debido a la capacidad del depósito de 500 L. Se gastará el volumen de caldo mensual y el fertilizante que aparecen en la tabla.

Tabla 40. Tiempo de fertirriego fase adulta en año ON (Sulfato potásico). Elaboración propia.

AÑO ON (Sulfato potásico)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	4,18	5,36	4,31	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	2	1	1	1	2	0
Días de riego	días/mes	0	16	30	31	31	15	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	110,44	165,66	220,89	276,11	220,89	55,22	55,22
Volumen de caldo gastado	L	1048	1572	2096	2620	2096	524	524
T fertirriego	h	4,19	6,29	8,38	10,48	8,38	2,10	2,10

En la Tabla 40 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de sulfato potásico desde el año 6 hasta final de vida útil de la plantación en año ON. Será necesaria una reposición del depósito mensual, ya que no pueden cubrir las necesidades anuales de fertilización debido a la capacidad del depósito de 3000 L. Se gastará el volumen de caldo mensual y el fertilizante que aparecen en la tabla.

Año 6 – final de vida útil. Año OFF:

Tabla 41. Tiempo de fertirriego fase adulta en año OFF (N 25%). Elaboración propia.

AÑO OFF (N 25%)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	4,18	5,36	4,31	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	2	1	1	1	2	0
Días de riego	días/mes	0	16	30	31	31	15	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	154,82	309,63	387,04	309,63	232,22	77,41	77,41
Volumen de caldo gastado	L	146	291	364	291	219	73	73
T fertirriego	h	0,58	1,17	1,46	1,17	0,87	0,29	0,29

En la Tabla 41 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de N 25% desde el año 6 hasta final de vida útil de la plantación en año OFF. Será necesaria una reposición del depósito mensual, ya que no pueden cubrir las necesidades anuales de fertilización debido a la capacidad del depósito de 500 L. Se gastará el volumen de caldo mensual y el fertilizante que aparecen en la tabla.

Tabla 42. Tiempo de fertirriego fase adulta en año OFF (DAP). Elaboración propia.

AÑO OFF (DAP)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	4,18	5,36	4,31	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	2	1	1	1	2	0
Días de riego	días/mes	0	16	30	31	31	15	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	20,95	20,95	16,76	8,38	8,38	4,19	4,19
Volumen de caldo gastado	L	425	425	340	170	170	85	85
T fertirriego	h	1,70	1,70	1,36	0,68	0,68	0,34	0,34

En la Tabla 42 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de DAP desde el año 6 hasta final de vida útil de la plantación en año OFF. Será necesaria una reposición del depósito mensual, ya que no pueden cubrir las necesidades anuales de fertilización debido a la capacidad del depósito de 500 L. Se gastará el volumen de caldo mensual y el fertilizante que aparecen en la tabla.

Tabla 43. Tiempo de fertirriego fase adulta en año OFF (Sulfato potásico). Elaboración propia.

AÑO OFF (Sulfato potásico)								
FACTOR	Uds	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
T riego	h/día	0	3,53	4,18	5,36	4,31	3,74	0
Caudal salida	L/h	50	50	50	50	50	50	50
Días entre riegos	días	0	2	1	1	1	2	0
Días de riego	días/mes	0	16	30	31	31	15	0
Días de fertirrigación	días	5	5	5	5	5	5	5
Necesidades fertilizante	kg	37,51	56,26	75,02	93,77	75,02	18,75	18,75
Volumen de caldo gastado	L	356	534	712	890	712	178	178
T fertirriego	h	1,42	2,14	2,85	3,56	2,85	0,71	0,71

En la Tabla 43 se muestran los resultados para el tiempo de fertilización de sulfato potásico desde el año 6 hasta final de vida útil de la plantación en año OFF. Como en los años OFF es necesaria bastante menor cantidad de este abono se puede proponer reponer dos veces al año, sin embargo, como se tienen que reponer los otros dos depósitos también mensualmente, este se repondrá también así. Se gastará el volumen de caldo mensual y el fertilizante que aparecen en la tabla.

3.4. Protección del cultivo

Para que la plantación sea rentable y tenga producciones altas, debe tener una cierta protección hacia factores que dependen de organismos vivos (bióticos) u organismos no vivos (abióticos). Esta protección tiene como objetivo minimizar los daños producidos por estos factores que afectan al crecimiento y a la sanidad del cultivo.

3.4.1. Factores abióticos

Los factores abióticos serán aquellos relacionados con las condiciones climatológicas y edafológicas de la zona. Para solventar estos factores ya se han tomado las medidas pertinentes mediante una correcta elección de variedad y patrón, y unas adecuadas prácticas culturales como son el abonado, la poda, etc.

3.4.2. Factores bióticos

Los factores bióticos se pueden clasificar en tres grupos: malas hierbas, plagas y enfermedades. Las malas hierbas que más se encuentran en la parcela vienen definidas en la parte de manejo del suelo, ya que se usará la vegetación adventicia que aparezca como cubierta vegetal. También vienen definidos el control que se debe hacer de ellas mediante siegas y herbicidas, por lo que este apartado se centrará en las plagas y enfermedades.

Cabe destacar que, si es necesario realizar tratamientos fitosanitarios para el control de plagas y enfermedades, se aplicarán por medio de atomizador de manera foliar (Figura 24), perteneciente al promotor, y siguiendo las instrucciones del fabricante en cuanto a dosis, momento de aplicar, medidas de protección, etc.



Figura 24. Atomizador. Fuente: oilCloud.

PLAGAS

El control de las posibles plagas en la plantación de pistachos protege los árboles y los frutos, evita pérdidas de producción, mejora la calidad, previene enfermedades y reduce costos a largo plazo. Es clave para tener una plantación sana, productiva y rentable. Para identificar las plagas más peligrosas para el cultivo, este estudio se centrará en las que más afectan en España.

Clitra (*Labidostomis lusitánica* G.)

Es un insecto de la familia *chrysomelidae*, con aparato bucal masticador. Los adultos son los que ocasionan más daños alimentándose de las hojas del pistacho, se caracterizan por tener el tórax de color oscuro brillante y élitros naranjas con dos puntos negros.

Pueden llegar a producir serios daños sobre todo en plantaciones jóvenes. Esta plaga se encuentra en la maleza y empiezan su movimiento hacia los árboles con el aumento de temperaturas en primavera, cuando vuelve el invierno, estos vuelven hacia la maleza donde realizan las puestas.

Los daños que ocasionan aparecen por focos en la plantación, empezando normalmente primero por los bordes de la parcela. Pueden llegar a devorar la hoja por completo dejando solo el nervio central. Al contar con una vegetación natural como cubierta vegetal, hay que tener especial cuidado con esta plaga y vigilar la posible aparición de adultos con el aumento de temperaturas.

El control se puede realizar mediante tratamientos con insecticidas, siendo el único producto con registro para pistachos el lambda-cihalotrin 10%. En la Figura 25 se muestra un ejemplo de esta plaga en el cultivo.



Figura 25. Clitra en pistacho. Fuente: Viveros Caravaca.

Nemátodos (*Meloidogyne* spp.)

Esta plaga pertenece a un grupo de organismos llamados nemátodos. Como ya se mencionó en el Anejo II, estos seres son como pequeños gusanos microscópicos que viven en el suelo. Su forma de producir daños en la planta es por las raíces, alimentándose de ellas y debilitando a la planta.

El género *Meloidogyne* son nemátodos fitopatógenos pertenecientes al orden Tylenchida. Hay diferencias morfológicas entre las hembras y los machos, las primeras suelen ser más redondeadas, mientras que los machos son filiformes. Son formadores de agallas o nódulos en las raíces.

Perforan las raíces por medio de su estilete retráctil bucal, impidiendo que la planta absorba nutrientes y agua, debilitando así el crecimiento de esta, reduciendo la producción y facilitando la entrada de hongos o bacterias. Comienzan su actividad en la época de calor y pueden llegar a tener varias generaciones anuales.

Esta especie no suele presentar unos síntomas que lo identifiquen, sin embargo, cuando el crecimiento del árbol empieza a verse afectado y se descartan otro tipo de patógenos o deficiencias, se debe hacer un análisis de suelo porque posiblemente este presente este tipo de nemátodo. Pueden producirse amarilleamiento de las hojas y una reducción de la producción. En la Figura 26 se puede observar un espécimen de *Meloidogyne* macho en microscopio.



Figura 26. *Meloidogyne* spp. Fuente: ResearchGate.

En el análisis de suelo que se hizo, no se presentan indicios de nemátodos, pero estos pueden aparecer y se debe conocer sus distintas formas de control:

- Uso de portainjertos tolerantes: En este caso, el portainjerto será UCB1 que es resistente a este tipo de plaga.
- Mejorar la salud del suelo: Aportes de materia orgánica harán que aparezcan organismos microscópicos beneficiosos que se alimenten de este organismo.

Chinche verde (*Nezara viridula* L.)

Esta plaga es un insecto hemíptero con aparato bucal chupador, de la familia *pentatomidae*. Los adultos son los que causan mayormente los daños, son de color verde, con forma de escudo y tienen varios meses de vida. Se caracterizan por desprender un olor fuerte que emiten sus glándulas olorosas cuando se sienten atacadas.

Se refugian en sitios protegidos como la maleza u hojas en el suelo, y con el comienzo de la subida de las temperaturas se desplazan hacia los árboles. En el envés de las hojas depositan los huevos que eclosionan a los pocos días dando lugar a las ninfas. Hasta convertirse en adulto pasar 5 estados ninfales.

Se alimentan de cualquier parte verde de las plantas, pero prefieren los brotes y los frutos en desarrollo. Se alimentan por medio de picaduras, que en el fruto generan manchas pardas o negras y los brotes se marchitan y mueren, pueden retrasar el desarrollo de los frutos.

Por lo general, esta plaga es controlada por enemigos naturales que se encuentran en el campo, sin embargo, si los daños llegaran a ser importantes y se supera el umbral económico, se debe de hacer un tratamiento químico por medio de insecticidas como lambda-cihalotrin, acetamiprid, clorantraniliprol, spinosad o azadiractin. En la Figura 27 se muestra esta plaga en el pistacho.



Figura 27. Chinche verde en el pistacho. Fuente: Cuidatree.

Psila (*Agonoscena pistaceae* B & L)

Son insectos chupadores hemípteros, de la familia *psyllidae*. Los adultos son los que causan más daños, tiene dos pares de alas membranosas y tienen un color beis-amarillo. Se pueden desarrollar hasta 6 generaciones anuales.

Cuando son adultos hibernan hasta que vuelve el calor y comienzan su actividad. A comienzo de la primavera, las hembras se movilizan a los árboles y depositan los huevos en los brotes y en el envés de las hojas, directamente dentro de los tejidos vegetales por medio de un pedúnculo muy fino. Producen melaza en las hojas que puede incentivar la aparición de hongos.

Se caracterizan por tener dos fases de desarrollo de población, la primera (abril-julio) crecimiento lento, y la segunda (julio-caída de hojas) más rápido. Su presencia se puede detectar por medio de unas masas algodonosas que generan por medio de ceras blancas. Generan los daños en brotes, hojas y yemas hinchadas, succionando la savia.

Los síntomas más habituales son un amarilleamiento foliar, enrollamiento de las hojas y, por último, necrosis. Con la cubierta vegetal se pueden mantener enemigos naturales en la parcela. Los insecticidas que se pueden utilizar para el control convencional son acetamiprid, spirotetramat, azadiractina, piretrinas naturales y clorantraniliprol + lambda-cihalotrin. Otra alternativa al control químico son las trampas cromotrópicas que pueden reducir los adultos. En la Figura 28 se muestra esta plaga en el pistacho.



Figura 28. Psila en pistacho. Fuente: Agro Huerto.

ENFERMEDADES

El control de enfermedades en una plantación de pistachos es fundamental para garantizar la salud de los árboles y evitar pérdidas en la producción. Además, permite mantener la calidad del fruto, reducir costos a largo plazo y prevenir la propagación de plagas y hongos. En definitiva, es una práctica esencial para lograr una producción rentable y sostenible. Para identificar las enfermedades más presentes en el cultivo, este estudio se centrará en las que más afectan en España.

Botriosfera (*Botryosphaeria dothidea* (Moug.:Fr.) Ces. & De Not)

La botriosfera es un hongo patógeno que ataca a una gran variedad de especies vegetales distintas, es una enfermedad que puede causar grandes pérdidas de producción. Este hongo tiene picnidios, estructuras que contienen esporas, que se encuentran latentes en distintas partes de la planta y las lluvias primaverales y distintos tipos de insectos los esparcen por todo el árbol y el suelo.

La infección se produce cuando las esporas germinan con unas condiciones de temperaturas de entre 27 y 33°C y una humedad relativa alta durante más de 10 horas en el interior de la planta a través de los estomas. Una vez que se ha producido la infección, el hongo va creciendo a medida que se acerca el verano con altas temperaturas y humedad relativa.

Los síntomas que muestran la aparición del hongo en la planta aparecen en primavera, especialmente en los brotes que fueron infectados el año anterior y que en esta campaña crecen produciendo ramas nuevas y frutos que estará también infectados. Se aprecian colores negros en las nervaduras de las hojas y raquis de los racimos, además, los brotes procedentes de yemas infectadas crecen anormalmente lentos. La señal más característica son las pequeñas manchas en las hojas circulares con márgenes cloróticos de color marrón.

Otro síntoma claro es la permanencia momificada de hojas y racimos que están infectados del año anterior. En el desarrollo del fruto se producen puntos negros que van aumentando su tamaño paulatinamente y fruto termina arrugándose, llegando a obtener tonalidades grisáceas. En la Figura 29 se muestran los síntomas presentes en hojas y frutos causados por este hongo.

Una gran manera de evitar la enfermedad es tener especial precaución con la herramienta de poda, que sea lavada después de cada trabajo, para no infectar otros sitios, y la poda realizada en verde deja heridas que son bastante susceptibles a que entre el hongo por ahí. Además, una buena poda selectiva puede llegar a combatir bastante esta enfermedad.

Su control convencional consiste en la aplicación de fungicidas como tebuconazol, mancozeb, piraclostrobin, cobre y metil-tiofanato, los cuales se ha demostrado que el mejor momento para aplicarlos son entre junio-julio. La eliminación de las malas hierbas en las líneas de plantación ayuda a bajar la humedad relativa y a disminuir la incidencia de insectos vectores del hongo. La madera de poda tiene que eliminarse cuanto antes para evitar que el hongo llegue al suelo.



Figura 29. Síntomas de botriosfera en pistacho. Fuente: Mister Pistacho.

Roya (*Pileolaria terebinthi* Castagne (= *Uromyces terebinthi* (DC.) G. Wint.))

Este hongo patógeno afecta a todas las variedades de pistachos, caracterizándose por tener una gran capacidad de dispersión de sus basidiosporas por medio del aire. Este además cuenta con otro tipo de estructuras llamadas teliosporas, que son aquellas que permanecen latentes en invierno en los restos de material vegetal que ha caído al suelo, germinando en primavera con el aumento de temperaturas y la presencia de lluvias.

Los síntomas visibles (Figura 30) se aparecen en primavera con muchas manchas oscuras-rojizas en las hojas, tanto por el haz como por el envés, pudiendo aparecer también con el tiempo en los frutos. Se generan grandes defoliaciones si el problema es grave.

Se puede realizar un control mediante fungicidas como trifloxistrobin, azoxistrobin, tebuconazol, propiconazol y cobre. Eliminar el material vegetal infectado y quemarlo ayudará a que no se disperse más y mantener una buena aireación en el árbol combatirá el exceso de humedad relativa y, por tanto, la aparición del hongo.



Figura 30. Síntomas de roya en el pistacho. Fuente: Mister pistacho.

Septoria (*Septoria* spp.)

Es un hongo que muestra presencia en prácticamente todos los países. Este comienza su actividad con la subida de temperaturas en primavera y la presencia de lluvias, agravándose si estas continúan durante el verano. Los daños conllevan a una defoliación temprana, lo que provoca una mala acumulación de reservas para la etapa de reposo y el debilitamiento del árbol para la campaña siguiente.

Como la gran mayoría de los hongos, este se mantiene en reposo en las hojas caídas al suelo, presenta ascosporas que cuando llegan las condiciones óptimas están preparadas para infectar a la planta.

La presencia del hongo se hace ver cuando las hojas presentan manchas redondeadas necróticas y los bordes de estas se empiezan a marchitar y a arrugarse. Se pueden aplicar fungicidas como mancozeb, clorotalonil, tebuconazol, difeconazol, azoxistrobin y cobre. La quema de poda y restos vegetales infectados ayudará también a su control. En la Figura 31 se muestran los síntomas de esta enfermedad en el pistacho.



Figura 31. Síntomas de septoria en el pistacho. Fuente: Grupo IberoPistacho.

Verticilosis (*Verticillium dahliae* Kleb.)

Es una de las enfermedades que más relevancia ha tenido a lo largo de los años en el mundo del pistacho. Esta enfermedad ya se describió en el Anejo II, ya que era un condicionante para la elección del portainjerto.

Presenta estructuras llamadas propágulos que mantienen su presencia por años, aunque no haya material vegetal. Es un hongo patógeno del suelo, por lo que su forma de penetrar en la planta es por su sistema radicular, concretamente por las puntas de las raíces. Una vez dentro, genera nuevos micelios, y de estos se generan esporas. Obtura el sistema vascular de la planta desde las raíces hasta los brotes, impidiendo el paso de agua y nutrientes.

Sus condiciones óptimas de desarrollo se consiguen con temperaturas de entre 20 y 27 °C y alta presencia de humedad relativa en el suelo, factor que promueve la cubierta vegetal natural, por lo que un control adecuado de esta será clave para evitar la aparición de este patógeno. Los suelos donde se ubicaban cultivos susceptibles al hongo suelen mantener la presencia de este.

Los síntomas más generales son la pérdida de vigor del árbol, mostrándose con más anticipación los órganos que requieren de más aporte de agua y nutrientes. Las hojas comienzan a tomar tonalidades amarillas desde su base, secándose posteriormente. Cuando la situación ya es bastante grave, se muestran manchas irregulares de color negro en la sección de una rama cortada. Estos síntomas se muestran en la Figura 32.

Se ha demostrado que un correcto uso de la herramienta de poda, con lavados de esta cada vez que se trabaja, es beneficioso. El agua de riego va directamente relacionada con la presencia del hongo en el suelo, por lo que habrá que tener cuidado y no aplicar agua en

exceso. Su control convencional es bastante complicado ya que los fungicidas no son eficaces, la forma más sencilla de que no afecte a la plantación es escoger un pie resistente como lo es UCB1.



Figura 32. Síntomas de verticilosis en el pistacho. Fuente: Grupo IberoPistacho.

Alternaria (*Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl.)

Son hongos que pueden esporular bajo condiciones de 27°C aproximadamente de temperatura, junto con una alta humedad relativa prolongada, si no se producen estas condiciones, las conidias permanecen latentes en el terreno hasta que estas se presentan y pueden liberar las esporas a través del aire hasta el árbol infectándolo. En la zona estas temperaturas no llegan hasta comienzos de verano.

Normalmente se desarrolla en los frutos y, si la gravedad es alta, producen manchas en los frutos junto con una pérdida de la calidad de este importante. También pueden llegar a defoliar completamente al árbol o debilitarlo. Su aparición también viene condicionada por las heridas provocadas por maquinaria, insectos, el viento u otros factores.

Los primeros síntomas aparecen en las hojas, observando manchas oscuras angulares o redondeadas, aumentando su tamaño con el tiempo (Figura 33). Al haber esporulación superficial, cuando se pasan los dedos por las manchas, estos se manchan de negro. También aparecen manchas oscuras sobre los frutos que pueden hacer que la epidermis se agriete.

Una buena realización de prácticas culturales será necesaria para el control de este hongo, además de tratamientos con fungicidas como difeconazol, azoxistrobin, pyraclostrobin, boscalida + piraclostrobin, tebuconazol, propiconazol y mancozeb. Si la plantación muestra síntomas de este hongo, se debe realizar la recolección en cuanto el pistacho esté listo, ya que los frutos es la mayor fuente de dispersión que tiene este patógeno.



Figura 33. Síntomas de alternaria en el pistacho. Fuente: Grupo IberoPistacho.

Botritis (*Botrytis cinerea* Pers.:Fr.)

Es un hongo de transmisión aérea, que infecta en los meses de primavera en condiciones frescas de humedad. Marchita los brotes y afecta severamente a las flores masculinas, que aumentan la humedad relativa y se reduce bastante la producción de polen.

Los brotes aparecen arrugados y decaídos, con colores pálidos (Figura 34). Las flores masculinas mueren y se reduce bastante la producción de frutos al verse afectada la polinización. Puede generar también chancros a partir de yemas infectadas en la base de los brotes.

Su control se basa en el uso de fungicidas como iprodiona, fenhexamid, pyrimethanil, boscalida + piraclostrobin y cyprodinil + fludioxonil. La quema de los frutos del árbol en el suelo después de recolección es positiva y el control de la cubierta vegetal será un factor también a tener en cuenta.



Figura 34. Síntomas de botritis en pistacho. Fuente: Casa Sant Roc.

3.5. Recolección

El pistacho requiere de ciertas condiciones específicas para alcanzar su punto óptimo de recolección, conocido como madurez del fruto. Este momento, que generalmente ocurre en el mes de septiembre, marca el mejor momento para realizar la cosecha. Para obtener una buena calidad del fruto hay que fijarse en tres síntomas que muestran que está listo:

1. El color del epicarpio debe alcanzar unas tonalidades rosáceas.
2. Facilidad para eliminar el pellejo (mesocarpio) de la cáscara del pistacho.
3. Observación de comienzo de caída de frutos al suelo.

Hay que tener en cuenta que los pistachos vacíos no lograrán nunca alcanzar estas condiciones. Una vez que la gran parte de la plantación alcanza estas condiciones, se procede con la recolección.

La plantación estará preparada para poder hacer una recolección mecánica cómoda, por medio de un vibrador de paraguas acoplado al tractor, el cual pertenece al promotor y ha usado hasta ahora en otras explotaciones de olivar. Este sistema permite optimizar el tiempo de recolección y reducir la necesidad de mano de obra durante la cosecha (Figura

35). Combina un vibrador con un recogedor en forma de paraguas invertido, logrando una recolección rápida y limpia de los frutos.

El proceso comienza cuando el tractor se posiciona al lado del árbol. El equipo está provisto de un brazo mecánico con un vibrador que se acopla al tronco o a una de las ramas principales del árbol. Una vez fijado, el vibrador realiza una serie de sacudidas controladas que provocan la caída de los pistachos maduros.

Para recoger estos frutos sin que toquen el suelo, el sistema cuenta con un paraguas invertido, generalmente desplegable, que se abre alrededor del tronco del árbol. Este paraguas actúa como una gran bandeja que recoge todos los pistachos que caen durante la vibración. Los frutos recolectados se canalizan hacia un depósito o una tolva, desde donde se trasladan para su posterior procesamiento.



Figura 35. Paraguas invertido acoplado al tractor. Fuente: Casa Sant Roc.

El rendimiento de trabajo aproximado que tiene un paraguas acoplado a un tractor es de 2 ha/día, por lo que más o menos la recolección durará dos días. Lo ideal sería hacer la recolección en los momentos más secos, ya que, si los frutos se recogen con humedad, puede ser un gran problema al favorecer la presencia de hongos.

Una vez realizado el proceso de recogida del pistacho, se transportará mediante un remolque a la procesadora de pistachos Vitium Pistachios, la cual está ubicada en la misma población de Santa Cruz de la Zarza (Figura 36), con coordenadas:

Latitud: 39° 58' 17.20" N

Longitud: 3° 11' 13.30" O

Coord. X: 484.028,62

Coord. Y: 4.424.604,59



Figura 36. Procesadora Vitium Pistachios. Fuente: Fercam.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Agbar. (s.f.). *Agbar*. Obtenido de Agbar: <https://agbaragriculture.com/la-importancia-de-la-poda-en-pistacho/#:~:text=La%20poda%20permite%20sumar%20o,no%20hay%20cosecha%20con%20garant%C3%ADa>.
- AgriEXPO. (2025). *AgriEXPO*. Obtenido de AgriEXPO: <https://www.agriexpo.online/es/prod/maquinaria-agricola-segues-sl/product-180414-42332.html>
- AgroES. (s.f.). *AgroES*. Obtenido de AgroES: <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-frutales-y-fruticultura/almendro/1391-nematodos-agalladores-meloidogyne>
- Au fènix Barcelona. (s.f.). *Au fènix Barcelona*. Obtenido de Au fènix Barcelona: <https://aufenixbarcelona.cat/archivos/35981>
- Bicho, A. (12 de Noviembre de 2017). *La Huertina De Toni*. Obtenido de La Huertina De Toni: <https://www.lahuertinadetoni.es/erradicar-nematodos-semillas-la-huerta/>
- Bodegas Daimiel. (s.f.). *Bodegas Daimiel*. Obtenido de Bodegas Daimiel: <https://www.bodegasdaimiel.es/noticias-bodegas-daimiel/item/37-pistacho-clitra,-galeruca-o-escarabajillo-labidostomis-lusitanica-germar.html>
- Casa Sant Roc. (2015). *Casa Sant Roc*. Obtenido de Casa Sant Roc: <https://www.viverosdepistachocr.com/manual-pistacho/enfermedades-pistacho>
- Castellanos. (2014). *intagri*. Obtenido de intagri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>
- Couceiro López, J., Guerrero Villseñor, J., Gijón López, M., Moriana Elvira, A., Pérez López, D., & Rodríguez de Francisco, M. (2017). *El Cultivo del Pistacho*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.



- cuidatree. (s.f.). *cuidatree*. Obtenido de cuidatree: <https://cuidatree.es/plagas-enfermedades/plagas-pistacho/psilas-del-pistacho/>
- ecoregistros. (2 de Enero de 2023). *ecoregistros*. Obtenido de ecoregistros: <https://www.ecoregistros.org/site/imagen.php?id=519534>
- El Jardín de Margarita. (2 de Mayo de 2011). *El Jardín de Margarita*. Obtenido de El Jardín de Margarita: <https://eljardindemargarita.blogspot.com/2011/05/cola-de-caballo-equisetum-arvense.html>
- El medi natural del Bages i del Moianès. (2025). *El medi natural del Bages i del Moianès*. Obtenido de El medi natural del Bages i del Moianès: <https://elmedinaturaldelbages.cat/es/species/bledo-amaranthus-retroflexus-subsp-retroflexus-es/>
- EuroChem. (2025). *EuroChem*. Obtenido de EuroChem: <https://www.eurochemiberia.com/product/dap-18-46/>
- Fercam. (2025). *Fercam*. Obtenido de Fercam: <https://fercamvirtual.es/expositores/productos-agricolas/vitium-pistachios/>
- García-Serrano Jiménez, P., Lucena Marotta, J., Ruano Criado, S., & Nogales García, M. (2009). *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf)
- Gardatxo. (2016). *Gardatxo*. Obtenido de Gardatxo: <https://gardatxo.org/biodiversidad/flora/plantas/verdolaga-portulaca-oleracea-l/>
- Gil-Albert Valverde, F. (2014). *Tratado de arboricultura frutal VOL.IV Técnicas de mantenimiento del suelo en plantaciones frutales*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Grupo IberoPistacho. (s.f.). *Grupo IberoPistacho*. Obtenido de Grupo IberoPistacho: <https://iberopistacho.com/la-poda-del-pistachero-en-los-primeros-anos/>
- herbarium. (s.f.). *herbarium*. Obtenido de herbarium: https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Lactuca_serriola.htm
- Huerta del Corneja. (2019). *Huerta del Corneja*. Obtenido de Huerta del Corneja: https://huertadelcorneja.com/las-malas-hierbas-en-la-huerta/amp/?utm_source
- iNaturalistEc. (24 de Marzo de 2025). *iNaturalistEc*. Obtenido de iNaturalistEc: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/53211-Senecio-vulgaris>
- INNOVAGRI. (17 de Octubre de 2018). *INNOVAGRI*. Obtenido de INNOVAGRI: <https://www.innovagri.es/investigacion-desarrollo-innovacion/disenio-del-programa-de-fertilizacion-de-la-plantacion-en-pistacheros-jovenes.html>



- Kongskilde. (2025). *Kongskilde*. Obtenido de Kongskilde: <https://www.kongskilde.com/caen/es-ES/Agriculture/Discontinued/Soil/Sub-Soilers/Older-Sub-Soilers/PARAGRUBBER-ECO-3000>
- Koppert. (2025). *Koppert*. Obtenido de Koppert: <https://www.koppert.es/challenges/pest-control/bugs/chinche-verde/>
- Maroto Borrego, J. (2002). *Frutales de hoja caduca*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Méndez, J. (10 de Diciembre de 2007). *asturnatura*. Obtenido de asturnatura: <https://www.asturnatura.com/especie/chenopodium-album>
- Mister Pistacho. (s.f.). *Mister Pistacho*. Obtenido de Mister Pistacho: <https://misterpistacho.es/conoces-la-importancia-del-boro-en-el-cultivo-del-pistacho/>
- Munguía Martínez, D. (s.f.). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Ejemplar-macho-de-Meloidogyne-spp-Fuente-Francia-Varon-de-Agudelo_fig3_344830571
- NaturalistaCO. (28 de Marzo de 2025). *NaturalistaCO*. Obtenido de NaturalistaCO: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/53294-Sonchus-oleraceus>
- olicloud. (2025). *olicloud*. Obtenido de olicloud: <https://olicloud.es/los-productos-fitosanitarios-en-el-olivar/>
- Pérez, A. (s.f.). *humus-spain*. Obtenido de humus-spain: <https://humus-spain.org/la-estrategia-de-la-materia-organica-de-suelo-mos/>
- Pistachos Online. (2023). *Pistachos Online*. Obtenido de Pistachos Online: <https://pistachosonline.net/carencias-de-nitrogeno-en-el-pistacho/>
- Portal TECNOAGRÍCOLA. (2025). *Portal TECNOAGRÍCOLA*. Obtenido de Portal TECNOAGRÍCOLA: <https://www.buscador.portaltecnog agricola.com/vademecum/esp/producto/Microfer%20BoCuMo>
- R.N. Roy, A. F., & Division, L. a. (2006). *Organización de la sNaciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Organización de la sNaciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://openknowledge.fao.org/items/baadbl a6-ef1b-44dd-b70a-8a59ff95bd26>
- Sembralia. (7 de Septiembre de 2022). *Sembralia*. Obtenido de Sembralia: <https://sembralia.com/blogs/blog/nutriente-fertilizacion-pistacho?srsId=AfmBOoo96sX6W5nqHfMvS439FCTZoNGH-ZuXHnMCO6u1Lu48wJGtyzJF>
- UAGA. (22 de Abril de 2022). *Unión Agroganadera de Álava*. Obtenido de Unión Agroganadera de Álava: <https://www.uaga.eus/eco-regimenes-eco-esquemas-en-vina-y-frutales-novedades-de-la-proxima-pac-2023-2027/>



- UCANR. (Noviembre de 2005). *Fruit & Nut Research & Information Center*. Obtenido de Fruit & Nut Research & Information Center: <https://ucanr.edu/site/fruit-nut-research-information-center/pistachio-manual-2005>
- Vigerm, V. m. (4 de Enero de 2014). *YouTube*. Obtenido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=IChli9NG1L0>
- Vitores, A. (16 de Mayo de 2021). *AgroHuerto*. Obtenido de AgroHuerto: <https://www.agrohuerto.com/plagas-y-enfermedades-del-pistachero-control-y-prevencion/>
- VIVEROS CARAVACA. (s.f.). *VIVEROS CARAVACA*. Obtenido de VIVEROS CARAVACA: <https://viveroscaravaca.com/2019/04/20/se-esta-detectando-la-aparicion-de-galeruca-o-clytra-escarabajo-de-las-hojas/>
- Wikipedia. (16 de Noviembre de 2024). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_nigrum
- YARA. (2025). *YARA*. Obtenido de YARA: https://www.yara.es/nutricion-vegetal/productos/?_gl=1*151oe6d*_up*MQ..*_ga*MTI3NTg1NTc0MS4xNzQzODQ0NzA4*_ga_9DNZ0XC0R1*MTc0Mzg0NDcwNy4xLjAuMTc0Mzg0NDcwNy4wLjAuMTQ0MDM2MjQ0NA..

ANEJO IV:
INGENIERÍA DE LAS OBRAS E
INSTALACIONES. RIEGO Y
ELECTRIFICACIÓN



ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	RIEGO.....	1
2.1.	Diseño agronómico.....	2
2.1.1.	Necesidades netas de riego	2
2.1.2.	Necesidades totales de riego.....	6
2.1.3.	Número de emisores	10
2.1.4.	Separación entre emisores	11
2.1.5.	Tiempo de riego	12
2.1.6.	Número de sectores de riego	14
2.2.	Diseño hidráulico.....	15
2.2.1.	Materiales y elementos de la instalación	15
2.2.2.	Red de tuberías	17
2.2.3.	Cabezal de riego	36
3.	CASETA DE RIEGO.....	51
4.	ELECTRIFICACIÓN.....	52
4.1.	Sistema fotovoltaico 1	53
4.1.1.	Corriente continua	53
4.1.2.	Corriente alterna	60
4.2.	Sistema fotovoltaico 2	64
4.2.1.	Corriente continua	65
4.2.2.	Corriente alterna	70
4.3.	Sistema eléctrico del programador	72
4.4.	Cuadro eléctrico.....	74
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1.	Gráfico para la determinación de K3. Fuente: Asignatura de riegos.	5
Figura 2.	Croquis de disposición de goteros. Elaboración propia.	12
Figura 3.	División de sectores en la parcela. Elaboración propia.....	15
Figura 4.	Primer diseño subunidades de riego. Elaboración propia.	17
Figura 5.	Segundo diseño subunidades de riego. Elaboración propia.	18
Figura 6.	Tercer diseño subunidades de riego. Elaboración propia.	19
Figura 7.	Gotero autocompensante de 4 L/h. Fuente: dripalia.	31
Figura 8.	Ábaco de Moody. Fuente: La Guía Física.	35



Figura 9. Bomba sumergida. Fuente: Pedrollo.	37
Figura 10. Curva característica de la conducción y puntos de funcionamiento. Fuente: Pedrollo.....	38
Figura 11. Esquema hidrociclón. Fuente: Filters itm.	39
Figura 12. Pérdidas de carga del hidrociclón. Fuente: Filters itm.	40
Figura 13. Esquema de los filtros de anillas. Fuente: AZUD.	41
Figura 14. Pérdidas de carga para los filtros de anillas. Fuente: AZUD.	42
Figura 15. Transmisor de presión. Fuente: Perfecta technologies.	42
Figura 16. Depósito para fertilizantes. Fuente: AQUAENERGY.....	44
Figura 17. Bomba dosificadora eléctrica. Fuente: ITC.	45
Figura 18. Esquema de instalación de fertirriego. Fuente: ITC.....	46
Figura 19. Válvula antirretorno. Fuente: JARDINERIA FERROMAR.	46
Figura 20. Pérdidas de carga válvula antirretorno. Fuente: MUNDORIEGO.....	47
Figura 21. Ventosa de triple efecto. Fuente: MUNDORIEGO.....	47
Figura 22. Contador de caudal. Fuente: BERMAD.....	48
Figura 23. Pérdidas de carga del caudalímetro. Fuente: BERMAD.....	48
Figura 24. Electroválvula. Fuente: Hunter.....	49
Figura 25. Válvula de bola. Fuente: GENE BRE.	49
Figura 26. Pérdidas de carga de las válvulas manuales. Fuente: GENE BRE.....	50
Figura 27. Controlador de riego. Fuente: PROGRÉS.	51
Figura 28. Caseta de riego. Fuente: Urbanres Contenedores.	52
Figura 29. Placa solar de 550 W. Fuente: AutoSolar.	54
Figura 30. Dimensionamiento y disposición de placas. Elaboración propia.	55
Figura 31. Variador de frecuencia solar para la bomba del sondeo. Fuente: VEICHI.....	56
Figura 32. Variador de frecuencia para la bomba de fertirriego. Fuente: VEICHI.....	56
Figura 33. Sistema de conducción tipo B1. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.....	57
Figura 34. Fusible MC4 de 20 A. Fuente: SEMPERE SOLUTIONS.	60
Figura 35. Sistema de conducción tipo B2. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.....	61
Figura 36. Interruptor magnetotérmico tripolar de 20 A. Fuente: LEROYMERLIN.....	63
Figura 37. Interruptor magnetotérmico tripolar de 10 A. Fuente: Schneider Electric.....	64
Figura 38. Batería de litio de 12 V, 25 Ah. Fuente: NS Motorsport.	65
Figura 39. Esquema de las placas en paralelo. Elaboración propia.....	67
Figura 40. Inversor híbrido con regulador MPPT integrado. Fuente: Amazon.	67
Figura 41. Fusible MC4 de 40 A. Fuente: Slocable.....	69
Figura 42. Fusible ANL de 45 A. Fuente: repuestosmarinos.	70
Figura 43. Interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A. Fuente: LEROYMERLIN.....	71
Figura 44. Interruptor magnetotérmico bipolar de 6A. Fuente: LEROYMERLIN.....	72
Figura 45. Sistema de conducción tipo D2. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.....	72
Figura 46. Armario eléctrico. Fuente: ide.....	74

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Cálculo de ET _c . Fuentes: SIAR, El Cultivo del Pistacho. Elaboración propia. ...	3
Tabla 2. Datos de Pe. Fuente: SIAR, elaboración propia.	4
Tabla 3. Necesidades netas de riego mensuales. Elaboración propia.	6



Tabla 4. Volumen que aplicar según la corrección por fracción de lavado. Elaboración propia.	7
Tabla 5. Tabla de referencia para saber la EA. Fuente: Asignatura de riegos.	7
Tabla 6. Volumen que aplicar según la eficiencia de aplicación. Elaboración propia.	8
Tabla 7. Necesidades de riego totales al día. Elaboración propia.	9
Tabla 8. Necesidades totales dependiendo de la edad de la plantación. Fuente: El Cultivo del Pistacho, elaboración propia.	9
Tabla 9. Diámetro y área mojados para emisores de distintos caudales. Elaboración propia.	10
Tabla 10. Número de emisores por planta para emisores de distintos caudales. Elaboración propia.	11
Tabla 11. Tiempo de riego para 10 emisores/planta con caudal de 4L/h cada emisor, años 0-3. Elaboración propia.	13
Tabla 12. Tiempo de riego para 10 emisores/planta con caudal de 4L/h cada emisor, años 4-5. Elaboración propia.	13
Tabla 13. Tiempo de riego para 10 emisores/planta con caudal de 4L/h cada emisor, fase adulta. Elaboración propia.	13
Tabla 14. Tabla de referencia para el coeficiente por influencia de temperatura. Fuente: Asignatura de riegos.	23
Tabla 15. Características técnicas de la bomba sumergida. Fuente: Pedrollo.	38
Tabla 16. Características técnicas del hidrociclón. Fuente Filters itm.	39
Tabla 17. Caudal máximo por filtro. Fuente: AZUD.	41
Tabla 18. Características técnicas de los filtros de anillas. Fuente: AZUD.	41
Tabla 19. Pérdidas de carga de electroválvulas. Fuente: Hunter.	49
Tabla 20. Secciones de los cables DC del primer sistema fotovoltaico por criterio de caída de tensión. Elaboración propia.	58
Tabla 21. Secciones de cable para DC según intensidades. Fuente: UNE-HD 60364-5-52: 2014.	59
Tabla 22. Comprobación de caídas de tensión de los cables DC del primer sistema fotovoltaico. Elaboración propia.	59
Tabla 23. Secciones de los cables AC del primer sistema fotovoltaico por criterio de caída de tensión. Elaboración propia.	61
Tabla 24. Sección de los cables AC en el primer sistema fotovoltaico por criterio térmico. Elaboración propia.	61
Tabla 25. Secciones de cable para AC según intensidades. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.	62
Tabla 26. Comprobación de caídas de tensión de los cables AC del primer sistema fotovoltaico. Elaboración propia.	62
Tabla 27. Horas de sol al día de la zona. Fuente: SIAR, elaboración propia.	66
Tabla 28. Secciones de los cables DC en el segundo sistema fotovoltaico por criterio de caída de tensión. Elaboración propia.	68
Tabla 29. Sección de los cables DC en el segundo sistema fotovoltaico por criterio térmico. Elaboración propia.	68
Tabla 30. Comprobación de caídas de tensión de los cables DC del segundo sistema fotovoltaico. Elaboración propia.	69



Tabla 31. Secciones de los cables de las electroválvulas por criterio de caída de tensión. Elaboración propia.....	72
Tabla 32. Sección de los cables de las electroválvulas por criterio térmico. Elaboración propia.	73
Tabla 33. Secciones de cable para electroválvulas según intensidades. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.....	73
Tabla 34. Comprobación de caídas de tensión de los cables de las electroválvulas. Elaboración propia.....	74



1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objetivo describir las obras e instalaciones necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de riego y la electrificación básica de la plantación de pistachos de regadío objeto de este proyecto.

La plantación se abastecerá de agua mediante un sondeo ya ejecutado, desde el cual se realizará la captación por medio de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica. El sistema de riego empleado será por goteo, con el fin de optimizar el consumo hídrico y asegurar un aporte controlado y eficiente de agua a cada planta.

En cuanto a la electrificación, se instalará un sistema fotovoltaico, destinado a alimentar el grupo de bombeo, asegurando así la autosuficiencia energética del sistema de riego. Adicionalmente, se contempla la instalación de un punto de iluminación dentro de la caseta de riego, con el objetivo de facilitar las labores de mantenimiento y supervisión durante las horas nocturnas o en condiciones de baja visibilidad.

Las soluciones adoptadas se han diseñado atendiendo a criterios de eficiencia energética, sostenibilidad y bajo mantenimiento, adecuándose a las necesidades específicas del cultivo y del entorno rural donde se ubica la explotación.

2. RIEGO

El agua es un bien escaso que realiza una labor muy importante en la agricultura, pudiendo aumentar las producciones y la capacidad del cultivo en grandes dimensiones. El pistacho es un cultivo que se adapta muy bien a condiciones de secano, sin embargo, para conseguir una plantación rentable, un sistema de riego adecuado es necesario, y más aún según las condiciones pluviométricas de la zona.

El realizar un sistema de riego es un gasto grande e importante, al que se le sacará beneficio económico en un futuro, sin embargo, existen otros beneficios importantes:

- Aumento de la producción
- Incremento de la calidad de los frutos
- Disminuir los años de vecería del cultivo

Al igual que existen beneficios, también se pueden encontrar inconvenientes agronómicos por el riego como pueden ser el incremento de costes, mayor presencia de las malas hierbas y una mayor susceptibilidad a plagas y hongos. Por tanto, la creación y el manejo del riego serán claves para minimizar estos inconvenientes.

Se instalará un sistema de riego localizado, el cual es un sistema que aplica agua de manera precisa y controlada directamente a las raíces de las plantas. Utiliza técnicas que permiten suministrar el agua solo donde es necesario, minimizando desperdicios. Este tipo de riego tiene una serie de ventajas que son las siguientes:

- Eficiencia en el uso del agua: Reduce las pérdidas por evaporación y escurrimiento, utilizando solo la cantidad de agua necesaria para las raíces.

- Reducción de enfermedades: Al mantener el follaje seco, se disminuyen las condiciones que favorecen el desarrollo de enfermedades fúngicas.
- Ahorro energético: Requiere menos presión y energía que otros sistemas de riego, lo que reduce el consumo energético.
- Control preciso: Permite ajustar con exactitud la cantidad y la frecuencia de riego según las necesidades de las plantas.
- Adecuado para terrenos irregulares: Este sistema se adapta bien a terrenos con diferentes pendientes o características.

Como ya se explicó en el Anejo I, el sondeo ya fue realizado por el promotor en la parcela, por lo que será necesario un bombeo de agua por medio de placas solares y toda la instalación de tuberías para abastecer a toda la plantación. A modo de recordatorio, las características del sondeo son las siguientes:

- Dotación: 10.000 m³/ha.año
- Volumen máximo anual: 11.835 m³
- Volumen máximo mensual: 3550 m³
- Diámetro de sondeo: 200 mm
- Profundidad: 66 m
- Caudal máximo instantáneo: 4,66 L/s

2.1. Diseño agronómico

Primero de todo, se realizará un diseño agronómico del tipo de sistema de riego que necesita la plantación en base a los conocimientos agrícolas que se tienen. Hay que tener en cuenta los factores externos de los que depende la parcela acerca de sus ganancias y pérdidas de agua. Una vez completado este diseño se sabrán las necesidades hídricas de la planta para poder montar el sistema de riego.

2.1.1. Necesidades netas de riego

Las necesidades netas de riego (NR_n) representan la cantidad de agua que realmente necesita el cultivo para compensar el agua que pierde por evapotranspiración, menos la que recibe de forma efectiva por la precipitación, por lo tanto, le corresponde la siguiente fórmula para su cálculo:

$$NR_n = (ET_c \times K_1 \times K_2 \times K_3) - Pe$$

Siendo:

- ET_c : Evapotranspiración del cultivo.
- Pe : Precipitación efectiva.
- K_1 : Coeficiente de corrección por localización.
- K_2 : Coeficiente de corrección por variación climática.
- K_3 : Coeficiente de corrección por fenómenos de microadvención.

EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo es la cantidad total de agua que un cultivo pierde hacia la atmósfera por dos vías combinadas:

1. Evaporación del agua del suelo (superficie húmeda, charcos, etc.).
2. Transpiración del agua desde las hojas de las plantas (proceso fisiológico de la planta).

Este factor se tiene en cuenta ya que representa la demanda real de agua del cultivo en condiciones óptimas (sin estrés hídrico), de modo que es la base para calcular las necesidades de riego. Su cálculo es el siguiente:

$$ET_c = ET_0 \times Kc$$

La evapotranspiración de referencia (ET_0), es un valor climático que representa la cantidad de agua que evapora y transpira una superficie de referencia, normalmente un césped bien regado, de 12 cm de altura y en crecimiento activo. Es un indicador de la demanda atmosférica de agua, es decir, cuanto más calor, sol y viento haya, mayor será la ET_0 .

El coeficiente de cultivo (Kc), es un valor que permite ajustar la evapotranspiración de referencia a la evapotranspiración real de un cultivo específico, el pistacho en este caso. Este coeficiente varía según la fase fenológica en la que se encuentre, por lo que tendrá distintos valores según la demanda que requiera cada fase. Para el riego del pistacho estas fases se pueden resumir en cuatro:

1. Desde brotación de yemas florales hasta desarrollo máximo del fruto.
2. Desde máximo tamaño de fruto hasta el comienzo del desarrollo de la semilla.
3. Desde el comienzo del desarrollo de la semilla hasta la recolección.
4. Postcosecha.

Los datos acerca de estos dos valores vienen indicados en la Tabla 1, que representa los promedios de la evapotranspiración de referencia en la estación climatológica de Villarrubia de Santiago por meses en un período de tiempo de 24 años (2000-2024), al igual que en el estudio climático del Anejo I.

Tabla 1. Cálculo de ET_c . Fuentes: SIAR, El Cultivo del Pistacho. Elaboración propia.

MES	ET_0 (mm)	Kc	ET_c (mm)
Enero	25,4	0	0
Febrero	37,7	0	0
Marzo	73,1	0	0
Abril	101,4	0,25	25,34
Mayo	140,8	0,8	112,67
Junio	170,3	1,13	192,47
Julio	192,4	1,19	228,96
Agosto	164,8	1,16	191,22
Septiembre	107,4	0,93	99,88
Octubre	63,0	0,56	35,29
Noviembre	30,7	0,35	10,75
Diciembre	20,4	0	0

PRECIPITACIÓN EFECTIVA (P_e)

La precipitación efectiva es la parte de la lluvia que realmente aprovecha el cultivo, es decir, la que se infiltra en el suelo y queda disponible en la zona radicular para ser absorbida por las raíces. En la Tabla 2 se puede ver los datos de P_e promedios mensuales, aportados por la estación meteorológica de Villarrubia de Santiago, en un período de 24 años (2000-2024).

Tabla 2. Datos de P_e . Fuente: SIAR, elaboración propia.

MES	P_e (mm)
Enero	9,0
Febrero	10,2
Marzo	17,6
Abril	18,5
Mayo	16,2
Junio	9,9
Julio	2,2
Agosto	4,7
Septiembre	10,1
Octubre	21,7
Noviembre	13,1
Diciembre	12,4

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN POR LOCALIZACIÓN (K_1)

Para determinar este coeficiente, se debe conocer primero la fracción de área sombreada (FAS) mediante la siguiente fórmula:

$$FAS = \frac{\pi \times Da^2}{4 \times a \times b} = \frac{\pi \times 4^2}{4 \times 7 \times 7} = 0,256 m^2$$

Donde:

- Da : Diámetro aéreo de la planta. Se va a tomar un diámetro de copa medio de 4 m, que corresponde a un diámetro del 7º año de plantación aproximadamente.
- $a \times b$: Marco de plantación.

Ahora se saca K_1 por medio de 4 fórmulas distintas, descartando las dos más extremos y haciendo la media entre las dos intermedias:

- Aljibure $\rightarrow K_1 = 1,34 \times FAS = 1,34 \times 0,256 = 0,343$
- Decroix $\rightarrow K_1 = 0,1 + FAS = 0,1 + 0,256 = 0,356$
- Hoare $\rightarrow K_1 = FAS + 0,5 \times (1 - FAS) = 0,256 + 0,5 \times (1 - 0,256) = 0,628$
- Keller $\rightarrow K_1 = FAS + 0,15 \times (1 - FAS) = 0,256 + 0,15 \times (1 - 0,256) = 0,368$

Los dos valores más extremos serían 0,343 y 0,628, por lo tanto, se descartan y se hace la media entre los otros dos valores restantes:

$$K_1 = \frac{0,356 + 0,368}{2} = 0,362$$

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN POR VARIACIÓN CLIMÁTICA (K_2)

Para este coeficiente se le adjudica un valor de $K_2=1,2$, mayorando el 20% las necesidades de agua.

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN POR FENÓMENOS DE MICROADVENCIÓN (K_3)

Este coeficiente se determina a partir del tamaño de la parcela y del tipo de cultivo mediante la Figura 1.

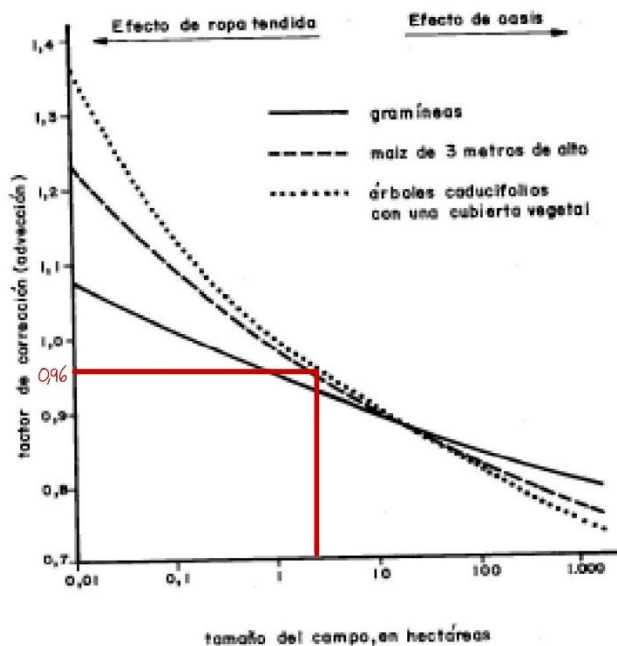


Figura 1. Gráfico para la determinación de K_3 . Fuente: Asignatura de riegos.

Según la Figura 1, el valor de K_3 es 0,96.

Una vez se tienen todas las incógnitas para el cálculo de las necesidades netas de riego, se procede a calcularlas en la Tabla 3.

Tabla 3. Necesidades netas de riego mensuales. Elaboración propia.

MES	Et _c	Pe	K ₁	K ₂	K ₃	NR _n
Enero	0	9,0				-9,03
Febrero	0	10,2				-10,16
Marzo	0	17,6				-17,61
Abril	25,34	18,5				-7,91
Mayo	112,67	16,2				30,75
Junio	192,47	9,9	0,362	1,2	0,96	70,40
Julio	228,96	2,2				93,26
Agosto	191,22	4,7				75,00
Septiembre	99,88	10,1				31,51
Octubre	35,29	21,7				-6,94
Noviembre	10,75	13,1				-8,60
Diciembre	0	12,4				-12,39

Con estos datos, se sabe cuándo la planta demanda agua y cuando no es necesario regar.

2.1.2. Necesidades totales de riego

Las necesidades totales de riego son la cantidad total de agua que se debe aplicar al cultivo mediante el sistema de riego, teniendo en cuenta las pérdidas del sistema como son el uso de aguas salinas, la percolación profunda y la uniformidad del riego.

AGUAS SALINAS

La corrección por uso de aguas salinas es un ajuste que se hace a las necesidades netas de riego cuando el agua disponible para riego tiene sales disueltas en concentraciones que pueden afectar al cultivo.

Según el análisis de agua aportado en el Anejo I, la calidad del agua de la que se dispone deja bastante que desear en cuanto al aspecto de salinidad, por tanto, se calculó la fracción de lavado que habría que aplicar para evitar problemas relacionados con la salinidad en el agua del riego.

Esta fracción del lavado se consigue mediante la siguiente fórmula:

$$FL = \frac{CE_a}{2 \times CEE_{max}}$$

Donde:

- FL: Fracción de Lavado
- CE_a: Conductividad Eléctrica del agua de riego (Anejo I → CE_a = 2,5 dS/m)
- CEE_{max}: Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo para la cual, el descenso de producción es del 100% (dS/m). Según Couceiro et al. 2013 este valor es de 4 dS/m.

$$FL = \frac{2,5}{2 \times 4} = 0,312 = 31,2\%$$

Teniendo en cuenta esta fracción de lavado que es $FL = 31,2\%$, se calcula el agua que hay que echar de más para cumplir con esta fracción de lavado mediante la siguiente fórmula.

$$V = \frac{NR_n}{1 - FL}$$

Donde:

- V: Volumen de agua a aplicar con la corrección por lavado
- NR_n : Necesidades de riego netas
- FL: Fracción de lavado

Los resultados mensuales de volumen de agua de riego a aplicar con la corrección por lavado en los meses de riego se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Volumen que aplicar según la corrección por fracción de lavado. Elaboración propia.

MES	NR_n	FL	V
Mayo	30,75	0,312	44,69
Junio	70,40		102,32
Julio	93,26		135,56
Agosto	75,00		109,01
Septiembre	31,51		45,79

EFICIENCIA DE APLICACIÓN

La eficiencia de aplicación (EA) se refiere a la proporción del agua aplicada que realmente queda disponible para el cultivo en la zona radicular, es decir, el agua útil que aprovechan las plantas y que no se pierde por percolación en el suelo. Esta EA se obtiene mediante una tabla de referencia que viene representada en la Tabla 5.

Tabla 5. Tabla de referencia para saber la EA. Fuente: Asignatura de riegos.

CLIMAS ÁRIDOS				
Profundidad radicular	Textura			
	Gravosa	Gruesa	Media	Fina
< 75 cm	0,85	0,90	0,95	0,95
75 a 150	0,90	0,90	0,95	0,95
> 150	0,95	0,95	1,00	1,00
CLIMAS HÚMEDOS				
Profundidad radicular	Textura			
	Gravosa	Gruesa	Media	Fina
< 75	0,65	0,75	0,85	0,90
75 a 150	0,75	0,80	0,90	0,95
> 150	0,85	0,90	0,95	1,00

Según el Anejo I, el clima al que pertenece la zona es árido, la profundidad radicular está entre 75 y 150 cm, y textura gruesa, al ser franco-arenosa. Por tanto, la eficiencia de aplicación es $EA = 0,90$.

Una vez conocida la eficiencia de aplicación, se debe saber el volumen por correcciones real que se va a realizar. Para ello, hay que tener en cuenta el volumen por corrección por fracción de lavado (que se ha calculado antes), y el volumen por corrección de eficiencia de aplicación que se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{NR_n}{EA}$$

En la Tabla 6 se presenta el volumen de corrección por eficiencia de aplicación en los meses en los que se debe regar.

Tabla 6. Volumen que aplicar según la eficiencia de aplicación. Elaboración propia.

MES	NR _n	EA	V
Mayo	30,75	0,90	34,16
Junio	70,40		78,22
Julio	93,26		103,63
Agosto	75,00		83,33
Septiembre	31,51		35,01

Como el volumen por correcciones es mayor el que tiene en cuenta la fracción de lavado, se utilizará este volumen como volumen por correcciones real (Tabla 4).

UNIFORMIDAD DE RIEGO

La uniformidad de riego es un parámetro que indica qué tan homogéneamente se distribuye el agua de riego sobre una parcela o cultivo. Es decir, mide si todas las plantas reciben más o menos la misma cantidad de agua.

Para saber esta uniformidad de distribución de riego, se debe conocer el coeficiente de uniformidad (CU) mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left(1 - \frac{1,27 \times CV}{\sqrt{e}}\right) \times \frac{q_{min}}{q}$$

Donde:

- CV: Coeficiente de variación del emisor
- e: número de emisores
- q_{min} : Caudal mínimo arrojado por emisor
- q: Caudal medio arrojado en la subunidad

Para la instalación del riego, se usarán goteros autocompensantes, por lo que el coeficiente de uniformidad del emisor será $CU \approx 1$.

Conocidos todos los datos por pérdidas que se pueden producir, se puede calcular las necesidades totales de riego (NT_r). Para ello, sabiendo el volumen de agua aplicar según las correcciones, en los meses en los que se debe regar, y el coeficiente de uniformidad:

$$NT_r = \frac{V}{CU}$$

En la Tabla 7 se representan los resultados para las necesidades totales de riego por día en los meses en los que se debe regar.

Tabla 7. Necesidades de riego totales al día. Elaboración propia.

MES	V	CU	NT _r (mm/mes)	NT _r (mm/día)
Mayo	44,69	1	44,69	1,44
Junio	102,32		102,32	3,41
Julio	135,56		135,56	4,37
Agosto	109,01		109,01	3,52
Septiembre	45,79		45,79	1,53
TOTAL ANUAL			437,38	2,86

La cantidad total de agua que necesitaría la plantación anualmente será de 4373,8 m³/ha al año, de modo que la cantidad de agua que hay en el pozo es más que suficiente para suministrar este volumen de agua que necesitan los árboles.

La estimación de la cantidad de agua necesaria, dependiendo de la edad de los árboles, es esencial, ya que permite aprovechar correctamente un bien tan valioso como lo es el agua y que la plantación crezca sana evitando problemas por encharcamientos o aparición de enfermedades, sabiendo que el pistachero es bastante susceptible.

Como es natural, los árboles no tienen las mismas necesidades cuando son jóvenes que cuando son adultos. Cuando son jóvenes requieren de menos agua de riego, ya que el sistema radicular se está desarrollando y todavía no entran en la fase de producción, la cual demanda bastante agua.

Sabiendo esto, se considerará que una plantación joven, en los tres primeros años de plantación, tendrá un 40% de las necesidades de una plantación adulta, y del cuarto al quinto año, tendrá un 70% de las necesidades de una plantación adulta. En la Tabla 8 se representan estas necesidades totales mensuales, dependiendo de la edad del árbol.

Tabla 8. Necesidades totales dependiendo de la edad de la plantación. Fuente: El Cultivo del Pistacho, elaboración propia.

MES	NT_r 0-3 años (mm)	NT_r 4-5 años (mm)	NT_r adulta (mm)
Mayo	17,88	31,28	44,69
Junio	40,93	71,63	102,32
Julio	54,22	94,89	135,56
Agosto	43,61	76,31	109,01
Septiembre	18,32	32,06	45,79

2.1.3. Número de emisores

Una vez se tiene el conocimiento de los requerimientos hídricos que tiene la plantación, se puede calcular la cantidad de goteros que son necesarios en el sistema de riego.

SUPERFICIE REGADA POR EMISOR

La superficie regada por emisor es el área del suelo que queda efectivamente humedecida por un solo emisor de riego. Hace referencia a la proyección horizontal del volumen mojado del suelo, como se supone que moja en una superficie circular, se debe determinar el diámetro mojado de suelo (Dm), que depende del tipo de suelo que se tenga.

Como la textura del suelo es franco-arenosa, se utilizan las fórmulas para suelos francos y para suelos arenosos y se hace la media:

Suelo arenoso: $Dm_1 = 0,3 + 0,12 \times q$

Suelo franco: $Dm_2 = 0,7 + 0,11 \times q$

$$Dm = \frac{Dm_1 + Dm_2}{2}$$

Siendo:

- q : Caudal del emisor (L/h)

Con los datos de diámetro mojado, se puede proceder después a calcular el área mojada (Am) por el gotero mediante la siguiente fórmula:

$$Am = \frac{\pi \times Dm^2}{4}$$

Como no se sabe qué caudal del emisor conviene más, se harán los cálculos para tres tipos de emisores con distintos caudales, de 2, 4 y 8 L/h, y se verá cuál de ellos será más sencillo de instalar y cuál de ellos tendrá más sentido poner en la plantación.

En la Tabla 9 se muestra el diámetro y el área mojados para emisores de distintos caudales.

Tabla 9. Diámetro y área mojados para emisores de distintos caudales. Elaboración propia.

q (L/h)	Dm_1 (m)	Dm_2 (m)	Dm (m)	Am (m ²)
2	0,54	0,92	0,73	0,42
4	0,78	1,14	0,96	0,72
8	1,26	1,58	1,42	1,58

Hay un condicionante a tener presente a la hora de determinar el número de emisores. Este es el porcentaje de suelo mojado (P), el cual tiene unos valores mínimos recomendados de 33% en cultivos leñosos como lo es el pistacho.

Se procede ahora a calcular el número de emisores necesarios por planta, mediante la fórmula de Hernández Abreu (1987) el cual relaciona un porcentaje mínimo (50%) de área mojada con el área sombreada por la planta:

$$n_e \geq \frac{P \times a \times b \times FAS}{100 \times Am}$$

En la Tabla 10 se representan los resultados del número de emisores para emisores de distintos caudales.

Tabla 10. Número de emisores por planta para emisores de distintos caudales. Elaboración propia.

q (L/h)	Dm1 (m)	Dm2 (m)	Dm (m)	Am (m2)	P	FAS	a x b	ne
2	0,54	0,92	0,73	0,42	50%	0,256	49	15
4	0,78	1,14	0,96	0,72				9
8	1,26	1,58	1,42	1,58				4

Los emisores que se deben utilizar son los que tienen un caudal de 4 L/h. El número de emisores por planta es de 9, pero tienen que ser 10, ya que se pondrán dos tuberías de goteros, una a cada lado del árbol. Esto dará un total de 10 emisores por planta, 5 a cada lado del árbol.

2.1.4. Separación entre emisores

La separación entre los emisores es un factor clave para realizar un correcto sistema de riego, ya que con esta se determina el solape de bulbos húmedos entre los emisores. Este solape debe aparecer para favorecer el desarrollo radicular y evitar la formación de barreras salinas entre bulbos húmedos, por lo que es necesario un solape mínimo entre estos.

Una separación demasiado alta entre emisores provocará la inexistencia de solapes entre los bulbos, lo que ocasionará zonas con déficit de humedad, que afectará al desarrollo radicular y la salinización parcial del suelo, teniendo en cuenta el gran contenido de sales que presenta el agua de riego disponible. Además, el solape tampoco tiene que ser excesivo, ya que se desperdiciarán recursos y energía innecesarios.

Se debe calcular la separación entre emisores (Se), teniendo en cuenta un solape del 15%, el cual es un valor estándar y el más habitual para este tipo de cultivos.

$$Se = r \times \left(2 - \frac{a}{100}\right) = 0,48 \times \left(2 - \frac{15}{100}\right) = 0,89 \text{ m}$$

Siendo:

- r : Radio mojado por el emisor (m)
- a : Solape

La separación de emisores debe ser aproximadamente de 0,89 m, sin embargo, los emisores que se comercializan no tienen ese tipo de distancias marcadas de fábrica. La distancia comercial que más se aproxima es la de 1 m entre emisores, sin embargo, el solape que se consigue con una distancia de 1 m entre emisores es nulo, de modo que hay que escoger una distancia comercial entre emisores de 0,75 m.

Con esta distancia entre emisores, se consigue un solape del 43,75 %, el cual es un solape adecuado, ya que no sobrepasa el 50% que es el límite aconsejado. Igualmente, para rebajar un poco este solape, entre líneas de riego habrá una distancia de 1 m. La distancia entre grupos de emisores será de 3,96 m $\approx$ 4 m.

En la Figura 2 se puede observar el croquis de la disposición de los goteros en las plantas, con las medidas correspondientes en metros.

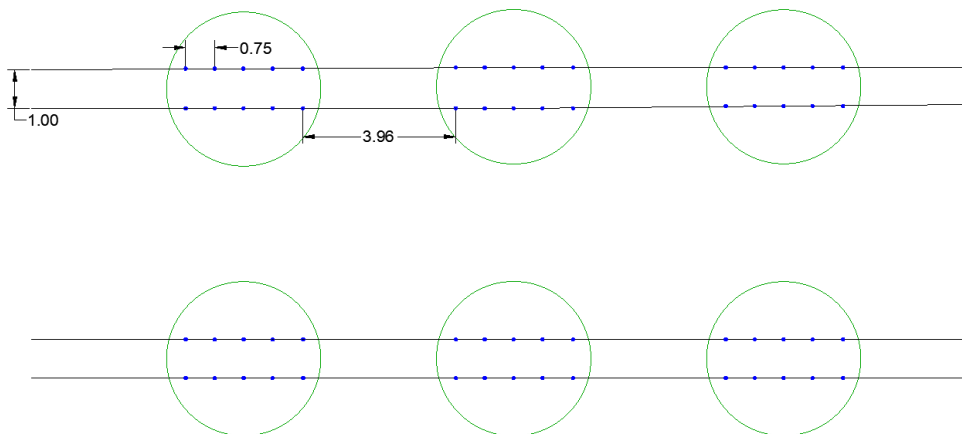


Figura 2. Croquis de disposición de goteros. Elaboración propia.

2.1.5. Tiempo de riego

El tiempo de riego es el período por el que el sistema de riego puede regar para satisfacer las necesidades del cultivo, dependiendo del número de emisores, el caudal de estos y otros factores. Para proceder a su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$NT_r \times I = n_e \times q \times T$$

Siendo:

- I: Intervalo entre riegos (días)
- T: Tiempo de riego (h)

El tiempo de riego que será necesario para satisfacer las necesidades hídricas de la plantación debe ser lo suficiente para que haya un bulbo húmedo, pero sin excederse. Se buscarán intervalos de riego en los que se necesite regar 3 horas al día aproximadamente, para facilitar el manejo al agricultor.

Fase joven (1 – 5 año)

En la Tabla 11 se presentan los resultados de tiempo de riego en los meses de riego, según distintos intervalos entre riegos, para 10 emisores por planta de caudal de 4 L/h entre los años 0 y 3 de plantación.

Tabla 11. Tiempo de riego para 10 emisores/planta con caudal de 4L/h cada emisor, años 0-3. Elaboración propia.

MES	T riego (h)					
	I = 1 días	I = 2 días	I = 3 días	I = 4 días	I = 5 días	I = 6 días
Mayo	0,71	1,41	2,12	2,83	3,53	4,24
Junio	1,67	3,34	5,01	6,69	8,36	10,03
Julio	2,14	4,29	6,43	8,57	10,71	12,86
Agosto	1,72	3,45	5,17	6,89	8,62	10,34
Septiembre	0,75	1,50	2,24	2,99	3,74	4,49

En color verde se muestran las horas al día de riego necesarias. Para los meses de mayo y septiembre se realizarán riegos cada cinco días, mientras que en los meses de junio, julio y agosto se realizarán riegos cada dos días.

En la Tabla 12 se presentan los resultados de tiempo de riego en los meses de riego, según distintos intervalos entre riegos, para 10 emisores por planta de caudal de 4 L/h entre los años 4 y 5 de plantación.

Tabla 12. Tiempo de riego para 10 emisores/planta con caudal de 4L/h cada emisor, años 4-5. Elaboración propia.

MES	T riego (h)			
	I = 1 días	I = 2 días	I = 3 días	I = 4 días
Mayo	1,24	2,47	3,71	4,94
Junio	2,92	5,85	8,77	11,70
Julio	3,75	7,50	11,25	15,00
Agosto	3,02	6,03	9,05	12,06
Septiembre	1,31	2,62	3,93	5,24

En color verde se muestran las horas al día de riego necesarias. Para los meses de mayo y septiembre se realizarán riegos cada tres días, mientras que en los meses de junio, julio y agosto se realizarán riegos una vez al día.

Fase adulta (6 – fin de vida útil)

En la Tabla 13 se presentan los resultados de tiempo de riego en los meses de riego, según distintos intervalos entre riegos, para 10 emisores por planta de caudal de 4 L/h en fase adulta.

Tabla 13. Tiempo de riego para 10 emisores/planta con caudal de 4L/h cada emisor, fase adulta. Elaboración propia.

MES	T riego (h)			
	I=0,5 días	I=1 días	I=1,5 días	I=2 días
Mayo	0,88	1,77	2,65	3,53
Junio	2,09	4,18	6,27	8,36
Julio	2,68	5,36	8,04	10,71
Agosto	2,15	4,31	6,46	8,62
Septiembre	0,93	1,87	2,80	3,74

En color verde se muestran las horas al día de riego necesarias. Para los meses de mayo y septiembre se realizarán riegos cada dos días, mientras que en los meses de junio, julio y agosto se realizarán riegos una vez al día.

Los tiempos de riego que se muestran son orientativos, el día de comienzo y fin de la jornada dependerá de otros múltiples factores como las precipitaciones, la reserva de agua en el suelo, la climatología, etc.

2.1.6. Número de sectores de riego

Una vez se sabe el número de emisores por planta que se necesitan y el caudal del emisor, se calcula el número de sectores que hará falta en la plantación. Un sector de riego es una zona específica dentro de un terreno que se riega por separado del resto para suministrar de mejor manera el agua, ya que no se puede abastecer a toda la plantación a la vez.

Para saber el número de sectores que serán necesarios en la parcela, hará falta saber el caudal por árbol, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{q}{\text{árbol}} = n_e \times q = 10 \times 4 = 40 \text{ L/h}$$

También se necesita conocer el caudal requerido (Q_r) por cada sector con la siguiente fórmula:

$$Q_r = \frac{q/\text{árbol} \times \text{Superficie}}{\text{Marco de plantación}} = \frac{40 \times 41400}{7 \times 7} = 33795,92 \text{ L/h}$$

Por último, queda calcular el número de sectores (NS) mediante la división entre el caudal requerido (Q_r) y el caudal disponible (Q_d), que se considerará como el caudal máximo instantáneo del sondeo (4,66 L/s $\rightarrow$ 16.762 L/h). Al ser este el caudal máximo que puede sacar el sondeo se va a redondear a 12.000 L/h para que haya mayor margen.

$$NS = \frac{Q_r}{Q_d} = \frac{33795,92}{12000} = 2,81 \approx 3 \text{ sectores}$$

Otra manera de comprobar el número de sectores es mediante las jornadas de riego. Teniendo en cuenta unas jornadas de riego de 16 horas, y considerando el tiempo de riego del mes más demandante, es decir, julio:

$$NS = \frac{JR}{Tr} = \frac{16}{5,36} = 2,98 \approx 3 \text{ sectores}$$

El número de sectores que habría que instalar en la parcela serán 3, el primer sector abastecerá a 219 árboles, el segundo sector a 220 árboles y el tercer sector a 204 árboles. El boceto de los sectores distribuidos en la parcela será el que aparece en la Figura 3.

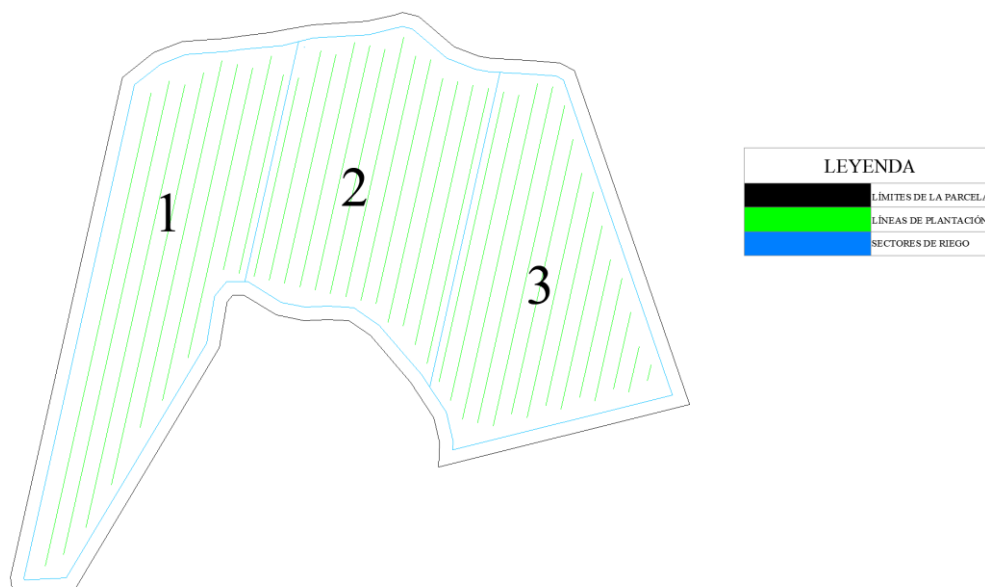


Figura 3. División de sectores en la parcela. Elaboración propia.

2.2. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico en una instalación de riego es el proceso técnico mediante el cual se calcula y planifica cómo se va a distribuir el agua desde su fuente hasta el cultivo, asegurando una entrega eficiente, uniforme y adecuada según las necesidades del terreno y las plantas. Un buen diseño hidráulico evita desperdicios de agua y energía, reduce costos operativos, asegura un riego uniforme y eficiente, minimiza el mantenimiento del sistema y favorece un mejor crecimiento de los cultivos.

2.2.1. Materiales y elementos de la instalación

CABEZAL DE RIEGO

El cabezal de riego es el conjunto de elementos que se encuentran al principio de un sistema de riego y que se encargan de controlar, distribuir y regular el flujo de agua hacia las distintas zonas de riego. Es una parte fundamental de cualquier sistema de riego, ya que centraliza y coordina el control del agua que se va a distribuir.

El cabezal de riego tiene que cumplir con ciertas funciones:

- Filtrar el agua antes de que llegue a las tuberías y goteros, protegiendo el sistema de posibles obstrucciones.
- Regular la presión del agua para garantizar un riego eficiente y uniforme.
- Controlar el caudal de agua que fluye hacia las distintas zonas de riego, asegurando que cada área reciba la cantidad adecuada.
- Facilitar el mantenimiento y la gestión del sistema, al centralizar los controles del riego en un solo punto.

A su vez, al cabezal de riego lo compone 8 elementos:

1. Bomba: Esencial para extraer el agua del sondeo y enviarla a través de tuberías hacia el área de riego.

2. Sistema de filtrado: Evita que partículas y contaminantes presentes en el agua obstruyan los emisores o goteros del sistema. Los filtros pueden ser de malla, de discos o de arena, dependiendo de la fuente de agua y el tipo de sistema.
3. Sistema de fertirrigación: Inyecta en el riego los fertilizantes que se necesiten aplicar.
4. Llaves o válvulas: Controlan el flujo de agua hacia el sistema de riego. Pueden ser manuales o automáticas (electroválvulas), y se utilizan para abrir o cerrar el paso de agua según sea necesario. También se pueden instalar válvulas antirretorno o de retención, las cuales hacen que el agua vaya en una dirección y no retroceda en la tubería.
5. Manómetros o transmisores de presión: Muestran el rango de presiones en tiempo real en el momento de riego, pudiéndose observar posibles averías ante datos anormales.
6. Ventosas o purgadores: Sirven para eliminar el aire dentro de las tuberías de riego, se coloca una en el cabezal de riego y, si se dan las circunstancias, en puntos de mayor altura.
7. Contadores de caudal o caudalímetros: Miden la cantidad de agua que pasa por el sistema, lo que es útil para monitorizar el consumo y asegurarse de que se está aplicando la cantidad de agua correcta.
8. Controlador o programador de riego: Es un dispositivo que permite automatizar el sistema, programando las horas y la duración del riego, así como la apertura o cierre de las válvulas.

RED DE TUBERÍAS

La red de tuberías es un conjunto de tuberías y mangueras que distribuyen el agua desde la fuente (cabezal de riego) hasta los emisores, que son los dispositivos encargados de aplicar el agua directamente a las raíces de las plantas. Esta red es fundamental para asegurar que el agua llegue de manera eficiente y uniforme a todas las áreas de riego. A esta red de tuberías la componen distintos elementos:

1. Tubería principal: Es la tubería de mayor diámetro y se encarga de transportar el agua desde el cabezal hasta las zonas de riego. Será de PVC o PE.
2. Tuberías terciarias: Son tuberías de menor diámetro que derivan de la tubería principal y distribuyen el agua a las distintas líneas de goteo. Serán de PVC o PE.
3. Tuberías porta goteros: Son mangueras flexibles que se conectan a las tuberías secundarias. Contienen los goteros a intervalos regulares para que el agua se distribuya directamente a las raíces de las plantas.
4. Emisores o goteros: Son los dispositivos que se instalan a lo largo de las mangueras de goteo y controlan la cantidad exacta de agua que se libera a cada planta. Serán goteros integrados en las mangueras.
5. Conectores, codos y tees: Son accesorios que permiten unir, cambiar la dirección o dividir las tuberías según sea necesario. Se utilizan para adaptar el sistema a la forma del terreno o a la disposición de las plantas.

2.2.2. Red de tuberías

En la red de tuberías tienen que estar diferenciadas tres subunidades distintas. Se propondrán tres diseños y se escogerá el mejor de ellos.

El primer diseño está representado en la Figura 4, el cual muestra las tuberías terciarias en la parte norte de la parcela, tirando las tuberías laterales porta goteros hacia debajo de la parcela.

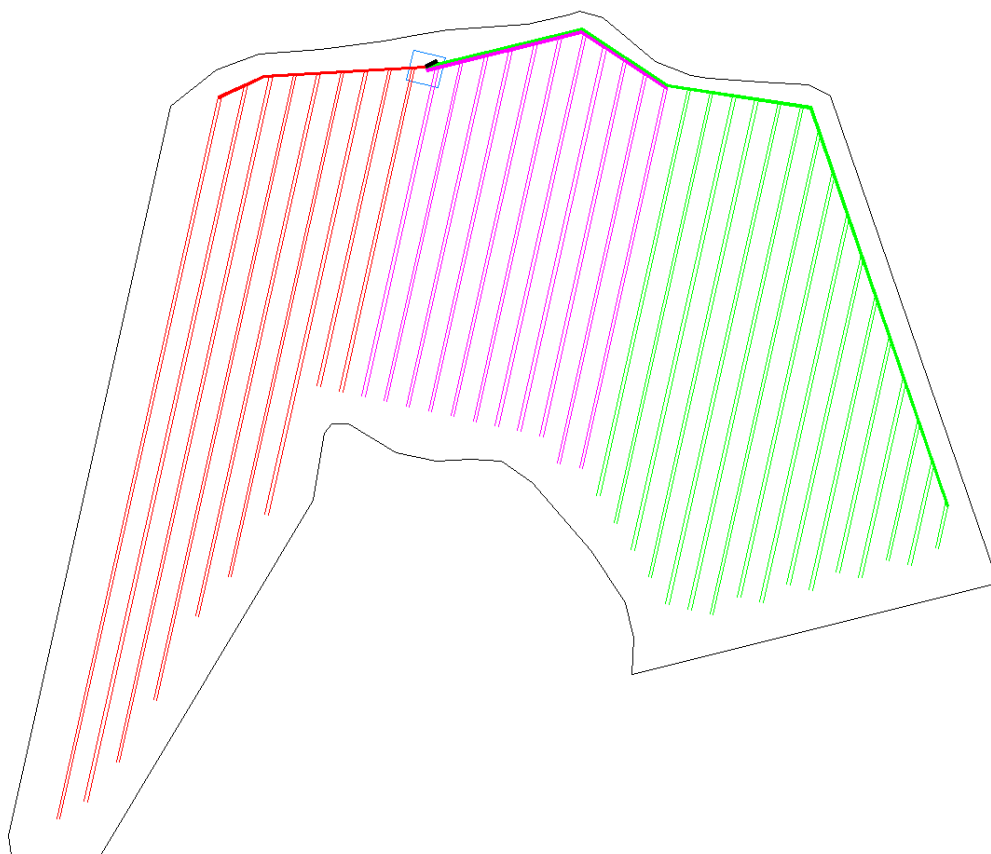


Figura 4. Primer diseño subunidades de riego. Elaboración propia.

Este diseño no es compatible ya que las líneas de goteros serán demasiado largas, las pérdidas de carga serán demasiado grandes y el agua tardará en llegar a los últimos emisores.

El segundo diseño se representa en la Figura 5.

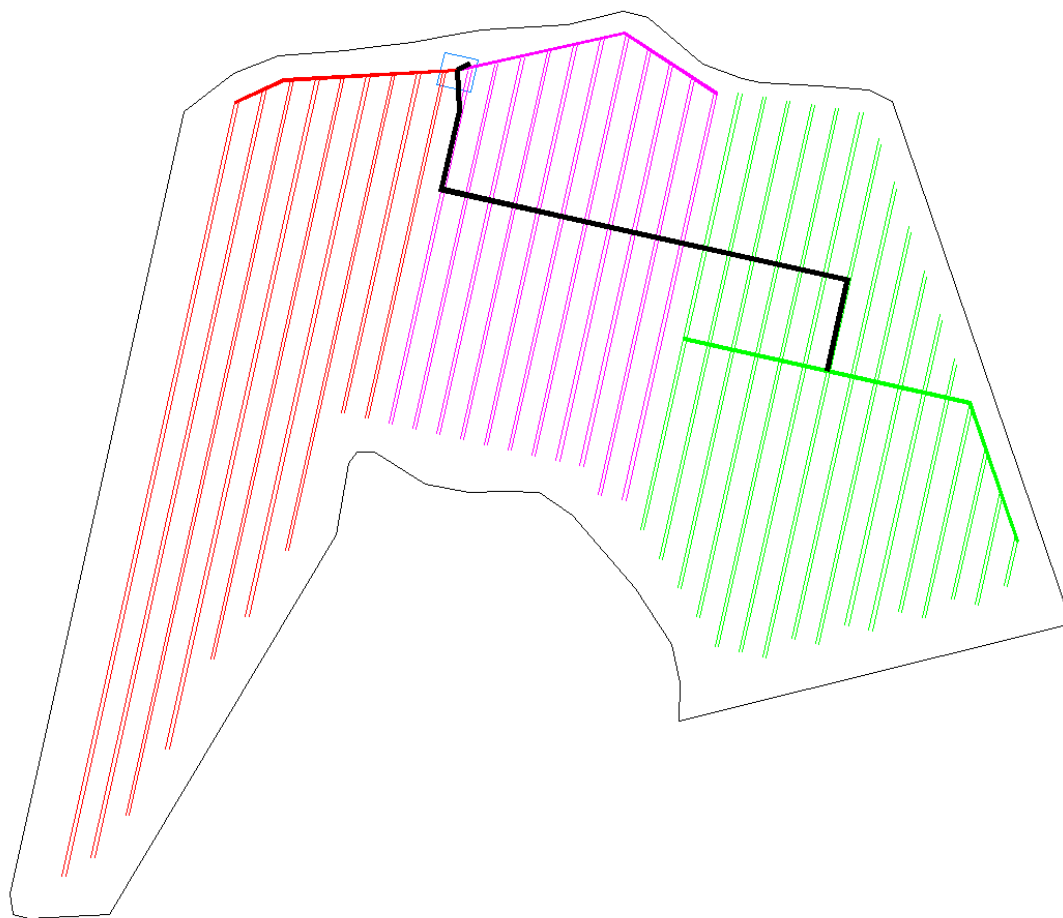


Figura 5. Segundo diseño subunidades de riego. Elaboración propia.

En este diseño se proponen que las terciarias de las subunidades 1 y 2 se mantengan arriba, mientras que la subunidad 3 vaya abastecida por medio de una terciara en su parte intermedia para eliminar esos laterales que se quedan tan largos.

Sin embargo, esta no sigue siendo una propuesta válida, ya que en la subunidad 1 siguen quedando los laterales demasiado largos.

Por último, se propone un tercer diseño el cual viene representado en la Figura 6.

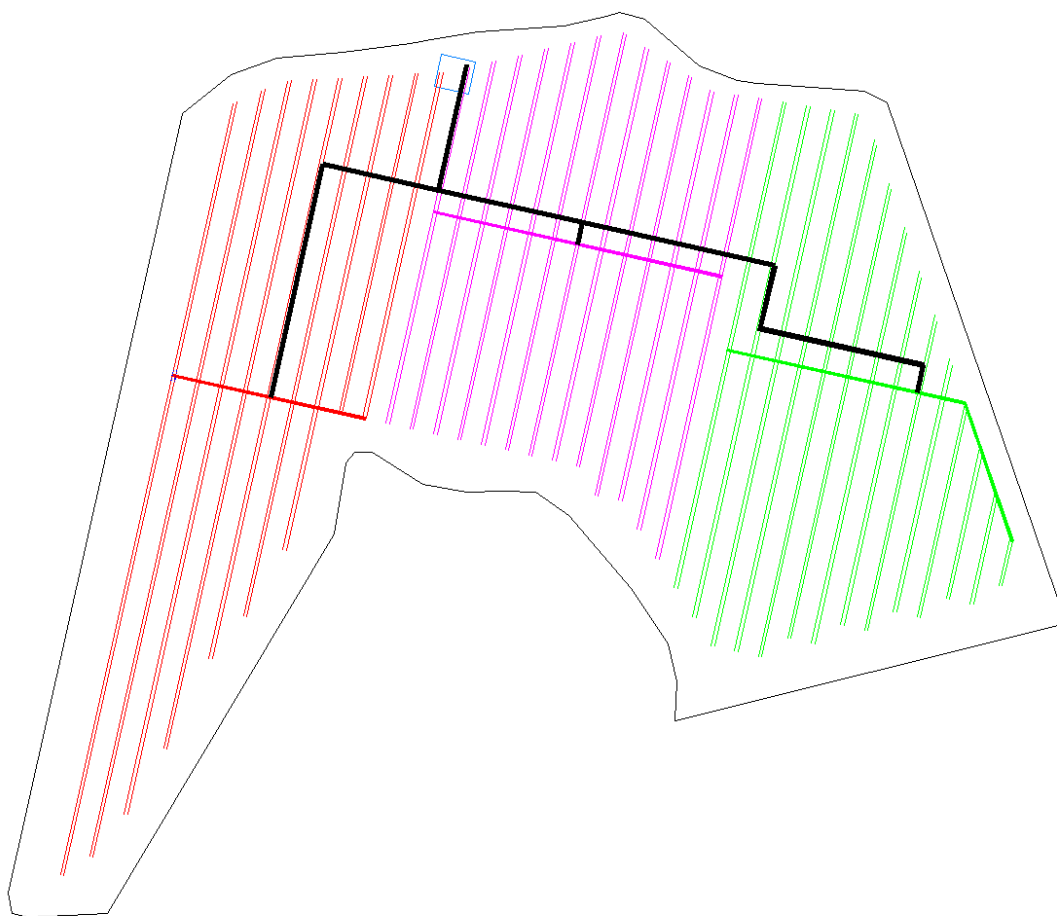


Figura 6. Tercer diseño subunidades de riego. Elaboración propia.

Este diseño ya tiene más coherencia, ya que se saca la tubería principal desde el sondeo hasta la mitad de las subunidades, donde se sacan tuberías terciarias que abastecen por el punto medio a los laterales, lo cuales ya no quedan tan largos, consiguiendo un riego más uniforme. Por consiguiente, este será el diseño final que tendrá el riego.

Aun así, como se puede ver, algunos laterales porta goteros siguen siendo de distinta longitud debido a que la parcela tiene unas dimensiones muy irregulares, por lo que se escogerá el lateral más desfavorable, es decir, el más largo de todos de cada subunidad para su dimensionamiento, unificando esas dimensiones con el resto de los laterales.

Cabe destacar que las tuberías terciarias irán enterradas por debajo del suelo a una profundidad de 80 cm, profundidad que es suficiente para evitar averías en caso de que en un futuro se tengan que realizar labores en el terreno.

GOTEROS

Se ha tomado la decisión de instalar goteros autocompensantes, los cuales tienen una válvula de compensación de presión que ajusta el flujo a medida que la presión cambia, lo que permite una distribución uniforme del agua a lo largo de todo el sistema, incluso en terrenos irregulares o en largas distancias.

Por lo tanto, estos emisores tendrán una capacidad de mantener un flujo constante de agua independientemente de las variaciones de presión en la red de riego, asegurando siempre que a cada planta le llegue la misma cantidad de agua. Por tanto, como ya se mencionó en el diseño agronómico, habrá 4 goteros por planta, con 8L/h de caudal, separados 1 m entre ellos y 6 m entre grupos, integrados en las mangueras y autocompensantes.

El cálculo de la curva de gasto del emisor se realiza mediante la ecuación característica del emisor, la cual es:

$$q = k \times H^x$$

Donde:

- q: Caudal constante del emisor (L/h).
- k: Constante del emisor.
- H: Presión de agua a la entrada del emisor (mca).
- x: Coeficiente de descarga del emisor.

Como ya se ha mencionado antes, los emisores serán autocompensantes, por consiguiente, el coeficiente de descarga del emisor será próximo a 0, en este caso, no sería posible utilizar la ecuación característica del emisor porque puede conducir a valores excesivos e irreales. Por tanto, la máxima presión admisible en la subunidad vendría dada por:

$$\Delta H_s = H_{max} - H_{min}$$

Siendo:

- H_{max} : Máxima presión de funcionamiento del emisor.
- H_{min} : Mínima presión de funcionamiento del emisor.

En la mayoría de los goteros autocompensantes se caracterizan por tener un rango de compensación de entre 5 y 35 mca, sin embargo, en la práctica este intervalo se reduce por distintas razones:

- Cuando la presión está por debajo del mínimo, el flujo que entregan los emisores autocompensantes puede diferir considerablemente del valor establecido.
- Las tuberías de polietileno de baja densidad (PE BD) destinadas a los ramales de microirrigación, según la Norma UNE 53-367, están diseñadas para operar con una presión máxima de servicio de 0,25 MPa (aproximadamente 25 mca) a lo largo de su vida útil. Por ello, someterlas a presiones superiores podría acortar su durabilidad.
- Muchos emisores autocompensantes están diseñados para ser conectados en derivación. Cuando se instalan en los laterales y se exponen a altas temperaturas y presiones durante el verano, existe un riesgo significativo de que se desprendan de la tubería. Este riesgo se reduce considerablemente al disminuir la presión de funcionamiento del emisor.
- El funcionamiento del emisor a presiones elevadas requiere, para un mismo caudal, aplicar una presión mayor, lo que implica una demanda superior de

potencia en los sistemas de bombeo y, en consecuencia, un incremento en los costos energéticos.

De este modo, el intervalo práctico de funcionamiento dependerá del intervalo de compensación del emisor, de la topografía de las subunidades y del dimensionamiento de los laterales y las terciarias.

En la mayoría de los casos, y priorizando la seguridad en el dimensionamiento de subunidades con emisores autocompensantes, pueden establecerse las siguientes limitaciones:

- Presión mínima de funcionamiento de la subunidad: $H_{min} \approx 8 - 10 \text{ mca}$
- Variación máxima de presiones en la subunidad: $\Delta H_{max} \approx 4 - 20 \text{ mca}$

Es importante saber que, en el caso de los goteros autocompensantes, la presión en el punto de origen de la subunidad deberá asegurar que la presión mínima registrada sea superior a la presión mínima admisible para el correcto funcionamiento de todos los emisores.

DIMENSIONAMIENTO DE LA PRIMERA SUBUNIDAD

Laterales porta goteros

El lateral más grande de la primera subunidad (rojo), tiene una longitud total de 147 m y abastece a un total de 22 árboles, teniendo en cuenta que hay cinco goteros por árbol, hay un total de 110 goteros en el lateral.

El caudal que circulará por el lateral (Q_L) será:

$$Q_L = n \times q = 110 \times 4 = 440 \text{ L/h}$$

Siendo:

- n: Número de emisores.
- q: Caudal del emisor (L/h).

Las pérdidas de carga son las reducciones de presión que sufre el agua a medida que circula por el interior de una tubería. Estas pérdidas se deben a la resistencia al flujo que ofrecen la fricción interna del agua con las paredes de la tubería y los obstáculos o cambios en el recorrido, como codos, válvulas, uniones, reducciones, etc.

Para el incremento de estas pérdidas de carga se realiza la siguiente fórmula:

$$\Delta h_L = \Delta H_L - \Delta Z_L$$

Donde:

- ΔH_L : Diferencia de presiones en el lateral.
- ΔZ_L : Diferencia de pendientes.

Para calcular la diferencia de presiones en el lateral, se debe conocer la diferencia de presiones en la subunidad. Como ya se dijo antes, al tener goteros autocompensantes la máxima diferencia de presiones en la subunidad será de entre 4 y 20 mca, suponiendo que

la presión mínima en la subunidad es de 9 mca y la máxima de 20 mca, la variación de presiones será de 11 mca.

Se procede ahora a calcular la relación entre pérdidas de carga entre el lateral y la subunidad, para ello, se debe conocer primero el coeficiente de forma (Cf):

$$Cf = \frac{L_L}{L_T} = \frac{147}{57} = 2,58$$

Ahora se pasa a calcular la relación entre pérdidas de carga entre el lateral y la subunidad (ρ), teniendo en cuenta que el lateral es alimentado por el punto medio y la distancia entre laterales (L):

$$\rho = \frac{0,842 \times Cf^{0,1577}}{L^{0,06}} = \frac{0,842 \times 2,58^{0,1577}}{1^{0,06}} = 0,98$$

Por último, se calcula la diferencia de presiones en el lateral mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta H_L = \Delta H_s \times \rho = 11 \times 0,98 = 10,78 \text{ mca}$$

La parcela está totalmente nivelada, por lo que $\Delta Z_L = 0$, el incremento de pérdidas de carga es:

$$\Delta h_L = \Delta H_L - \Delta Z_L = 10,78 \text{ m}$$

Ahora se pasa a ver que diámetro es el más conveniente mediante la fórmula empírica de Blasius:

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd$$

Siendo:

- h: Pérdidas de carga.
- Km: Coeficiente mayorante.
- L: Longitud del lateral.
- C: Coeficiente por influencia de la temperatura.
- Q: Caudal del lateral.
- Fd: Coeficiente de Christiansen.
- m: Coeficiente que depende del material (al ser PE m=1,75).
- D: Diámetro del lateral.

Esta fórmula será comprobada por el número de Reynolds en el dimensionamiento final de las tuberías laterales y terciarias.

Para conseguir el coeficiente mayorante (Km) se utiliza la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que la longitud equivalente (l_e) es 0,23, al tener emisores interlínea:

$$Km = \frac{L + n \times l_e}{L} = \frac{147 + 110 \times 0,23}{147} = 1,17$$

Para obtener el coeficiente por influencia de la temperatura (C), se utiliza una tabla de referencia (Tabla 14) que muestra los valores que tiene dependiendo de la temperatura del agua de riego. Como referencia se supone una temperatura de agua de 20°C, por lo que C = 0,466.

Tabla 14. Tabla de referencia para el coeficiente por influencia de temperatura. Fuente: Asignatura de riegos.

Temperatura (°C)	C	Temperatura (°C)	C
5	0,516	30	0,441
10	0,497	35	0,430
15	0,480	40	0,420
20	0,466	45	0,411
25	0,453	50	0,402

El coeficiente de Christiansen (F) es aquel que mide cuán uniformemente se distribuye el agua sobre una superficie regada. Un coeficiente de Christiansen alto indica que el agua se distribuye de manera más uniforme, mientras que un coeficiente bajo significa que la distribución es desigual, lo que puede llevar a áreas de la parcela que reciban demasiado agua y otras que no reciban suficiente.

Para hallar este coeficiente se utiliza la siguiente expresión:

$$F1 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 110} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 110^2} = 0,368$$

$$F2 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 22} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 22^2} = 0,387$$

Ahora se realiza la fórmula de Teodoro Montalvo:

$$r = \frac{S_0}{S_e} = \frac{0}{0,75} = 0$$

$$Fr1 = \frac{r + n \times F1 - 1}{r + n - 1} = \frac{0 + 110 \times 0,368 - 1}{0 + 110 - 1} = 0,362$$

$$Fr2 = \frac{r + n \times F2 - 1}{r + n - 1} = \frac{0 + 110 \times 0,387 - 1}{0 + 110 - 1} = 0,381$$

Y habría que realizar la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que N es el número de emisores y N2 es el número de grupos de emisores:

$$Fd = \frac{S_e \times N \times Fr1 + (S_g - S_e) \times N2 \times Fr2 + (S_0 - S_g)}{L} = \frac{0,75 \times 110 \times 0,362 + (4 - 0,75) \times 22 \times 0,381 + (0 - 4)}{147} = 0,361$$

Una vez se tienen todos estos datos, se pasa a calcular el diámetro:

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd; 10,78 = 1,17 \times 147 \times 0,466 \times \frac{440^{1,75}}{D^{1,75+3}} \times 0,361;$$

$$D = 11,59 \text{ mm}$$

El diámetro que debe tener la tubería porta goteros debe de ser de 11,59 mm, sin embargo, hay que mirar los diámetros comerciales de los que se disponen, ya que esa medida no es universal. Las tuberías laterales porta goteros tendrán las siguientes características en la subunidad 1:

- Diámetro nominal: 16 mm
- Diámetro interior: 13,2 mm
- Espesor: 1,4 mm
- Presión: 2,5 atm
- Material: PE

Las pérdidas de carga que habrá para estas características de tubería son:

$$h_L = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd = 1,17 \times 147 \times 0,466 \times \frac{440^{1,75}}{13,2^{1,75+3}} \times 0,361 \\ = 5,82 \text{ mca}$$

Tubería terciaria

Una vez se ha conseguido el dimensionamiento de los laterales de la primera subunidad, se pasa a calcular el dimensionamiento de la tubería terciaria de esta subunidad.

El procedimiento es prácticamente el mismo que el que se siguió para los laterales.

Caudal de la tubería terciaria (Q_T):

$$Q_T = N_L \times Q_L = 32 \times 440 = 14080 \frac{L}{h}$$

Siendo:

- N_L : Número de laterales.
- Q_L : Caudal del lateral.

Pérdidas de carga (Δh_T):

$$\Delta H_s = \Delta h_T + h_L - \Delta Z_T - \Delta Z_L; 11 = \Delta h_T + 6,72; \Delta h_T = 4,28 \text{ mca}$$

Coeficiente mayorante (Km):

En tuberías terciarias el coeficiente mayorante es distinto, ya que la longitud equivalente varía respecto a la de los laterales. Según algunos documentos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA. Revista Agricultura, n.º 897, págs. 462–465), este coeficiente en las tuberías terciarias varía entre 1,1 y 1,4.

Para este proyecto se va a considerar un coeficiente mayorante para el dimensionamiento de las tuberías terciarias de 1,2.

$$Km = 1,2$$

Influencia de la temperatura ($C = 0,466$)

Coefficiente de Christiansen (F_d):

$$F1 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 32} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 32^2} = 0,379$$

$$F2 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 16} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 16^2} = 0,395$$

$$r = \frac{S_0}{S_e} = \frac{0}{1} = 0$$

$$Fr1 = \frac{r + n \times F1 - 1}{r + n - 1} = \frac{0 + 32 \times 0,379 - 1}{0 + 32 - 1} = 0,359$$

$$Fr2 = \frac{r + n \times F2 - 1}{r + n - 1} = \frac{0 + 16 \times 0,395 - 1}{0 + 16 - 1} = 0,355$$

$$F_d = \frac{S_e \times N \times Fr1 + (S_g - S_e) \times N2 \times Fr2 + (S_0 - S_g)}{L} \\ = \frac{1 \times 32 \times 0,359 + (6 - 1) \times 16 \times 0,355 + (0 - 6)}{57} = 0,594$$

Diámetro de la tubería terciaria:

$$h_t = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times F_d; 4,28 = 1,2 \times 57 \times 0,466 \times \frac{14080^{1,75}}{D^{1,75+3}} \times 0,594;$$

$$D = 46,17 \text{ mm}$$

El diámetro comercial que se puede escoger para un diámetro requerido de 49,06 mm:

- Diámetro nominal: 63 mm
- Diámetro interior: 55 mm
- Espesor: 3,8 mm
- Presión: 4 atm
- Material: PE

Pérdidas de carga (h):

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times F_d = 1,2 \times 57 \times 0,466 \times \frac{14080^{1,75}}{55^{1,75+3}} \times 0,594 \\ = 1,86 \text{ mca}$$

DIMENSIONAMIENTO DE LA SEGUNDA SUBUNIDAD

Laterales porta goteros

El procedimiento para calcular las dimensiones será el mismo que para la primera subunidad. El lateral más grande de la segunda subunidad (rosa), tiene una longitud total



de 83,2 m y abastece a un total de 13 árboles, teniendo en cuenta que hay cinco goteros por árbol, hay un total de 65 goteros en el lateral.

Caudal del lateral (Q_L):

$$Q_L = n \times q = 65 \times 4 = 260 \text{ L/h}$$

Pérdidas de carga (Δh_L):

$$Cf = \frac{L_L}{L_T} = \frac{83,2}{85} = 0,98$$

$$\rho = \frac{0,842 \times Cf^{0,1577}}{L^{0,06}} = \frac{0,842 \times 0,98^{0,1577}}{1^{0,06}} = 0,84$$

$$\Delta h_L = \Delta H_s \times \rho = 11 \times 0,84 = 9,24 \text{ mca}$$

Diámetro de los laterales:

$$Km = \frac{L + n \times l_e}{L} = \frac{83,2 + 65 \times 0,23}{83,2} = 1,18$$

$$C = 0,466$$

$$F1 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 65} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 65^2} = 0,371$$

$$F2 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 13} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 13^2} = 0,403$$

$$r = \frac{S_0}{S_e} = \frac{0,7}{0,75} = 0,94$$

$$Fr1 = \frac{r + n \times F1 - 1}{r + n - 1} = \frac{0,94 + 65 \times 0,371 - 1}{0,94 + 65 - 1} = 0,371$$

$$Fr2 = \frac{r + n \times F2 - 1}{r + n - 1} = \frac{0,94 + 13 \times 0,403 - 1}{0,94 + 13 - 1} = 0,400$$

$$Fd = \frac{S_e \times N \times Fr1 + (S_g - S_e) \times N2 \times Fr2 + (S_0 - S_g)}{L} = \frac{0,75 \times 65 \times 0,371 + (4 - 0,75) \times 13 \times 0,400 + (0,7 - 4)}{83,2} = 0,381$$

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd; 9,24 = 1,18 \times 83,2 \times 0,466 \times \frac{260^{1,75}}{D^{1,75+3}} \times 0,381;$$

$$D = 8,87 \text{ mm}$$

El diámetro que debe tener la tubería porta goteros debe de ser de 8,87 mm, sin embargo, hay que mirar los diámetros comerciales de los que se disponen, ya que esa medida no es

universal. Las tuberías laterales porta goteros tendrán las siguientes características en la subunidad 2:

- Diámetro nominal: 12 mm
- Diámetro interior: 10 mm
- Espesor: 1 mm
- Presión: 2,5 atm
- Material: PE

Pérdidas de carga (h):

$$h_L = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd = 1,18 \times 83,2 \times 0,466 \times \frac{260^{1,75}}{10^{1,75+3}} \times 0,381$$

$$= 5,22 \text{ mca}$$

Tubería terciaria

Caudal de la tubería terciaria (Q_T):

$$Q_T = N_L \times Q_L = 52 \times 260 = 13520 \frac{L}{h}$$

Pérdidas de carga (Δh_T):

$$\Delta H_s = \Delta h_T + h_L - \Delta Z_T - \Delta Z_L; 11 = \Delta h_T + 4,94; \Delta h_T = 6,06 \text{ mca}$$

Diámetro de la tubería terciaria:

$$Km = 1,2$$

$$C = 0,466$$

$$F1 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 52} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 52^2} = 0,373$$

$$F2 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 26} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 26^2} = 0,383$$

$$r = \frac{S_0}{S_e} = \frac{0,5}{1} = 0,5$$

$$Fr1 = \frac{r + n \times F1 - 1}{r + n - 1} = \frac{0,5 + 52 \times 0,373 - 1}{0,5 + 52 - 1} = 0,367$$

$$Fr2 = \frac{r + n \times F2 - 1}{r + n - 1} = \frac{0,5 + 26 \times 0,383 - 1}{0,5 + 26 - 1} = 0,371$$

$$Fd = \frac{S_e \times N \times Fr1 + (S_g - S_e) \times N2 \times Fr2 + (S_0 - S_g)}{L}$$

$$= \frac{1 \times 52 \times 0,367 + (6 - 1) \times 26 \times 0,371 + (0,5 - 6)}{85} = 0,727$$

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd; 6,06 = 1,2 \times 85 \times 0,466 \times \frac{13520^{1,75}}{D^{1,75+3}} \times 0,727;$$

$$D = 47,98 \text{ mm}$$

El diámetro comercial que se puede escoger para un diámetro requerido de 46,92 mm:

- Diámetro nominal: 63 mm
- Diámetro interior: 55 mm
- Espesor: 3,8 mm
- Presión: 4 atm
- Material: PE

Pérdidas de carga (h):

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd = 1,2 \times 85 \times 0,466 \times \frac{13520^{1,75}}{55^{1,75+3}} \times 0,727 = 3,17 \text{ mca}$$

DIMENSIONAMIENTO DE LA TERCERA SUBUNIDAD

Para esta subunidad, se calcularán las pérdidas de carga de dos laterales, debido a que no se sabe a ciencia cierta cuál es el más desfavorable de los dos.

Laterales porta goteros

Pérdidas de carga 1 (Δh_L):

$$Cf = \frac{L_L}{L_T} = \frac{83,9}{41} = 2,05$$

$$\rho = \frac{0,842 \times Cf^{0,1577}}{L^{0,06}} = \frac{0,842 \times 2,05^{0,1577}}{1^{0,06}} = 0,94$$

$$\Delta h_L = \Delta H_s \times \rho = 11 \times 0,94 = 10,34 \text{ mca}$$

Pérdidas de carga 2 (Δh_L):

$$Cf = \frac{L_L}{L_T} = \frac{73}{56} = 1,3$$

$$\rho = \frac{0,842 \times Cf^{0,1577}}{L^{0,06}} = \frac{0,842 \times 1,3^{0,1577}}{1^{0,06}} = 0,88$$

$$\Delta h_L = \Delta H_s \times \rho = 11 \times 0,88 = 9,68 \text{ mca}$$

El lateral más desfavorable es el que más pérdidas de carga tiene, es decir, el primero calculado, que tiene una longitud total de 83,9 m. Abastece a un total de 13 árboles, teniendo en cuenta que hay cinco goteros por árbol, hay un total de 65 goteros en el lateral.

Caudal del lateral (Q_L):

$$Q_L = n \times q = 65 \times 4 = 260 \text{ L/h}$$

Diámetro de los laterales:

$$Km = \frac{L + n \times l_e}{L} = \frac{83,9 + 65 \times 0,23}{83,9} = 1,18$$

$$C = 0,466$$

$$F1 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 65} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 65^2} = 0,371$$

$$F2 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 13} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 13^2} = 0,403$$

$$r = \frac{S_0}{S_e} = \frac{0}{0,75} = 0$$

$$Fr1 = \frac{r + n \times F1 - 1}{r + n - 1} = \frac{0 + 65 \times 0,371 - 1}{0 + 65 - 1} = 0,362$$

$$Fr2 = \frac{r + n \times F2 - 1}{r + n - 1} = \frac{0 + 13 \times 0,403 - 1}{0 + 13 - 1} = 0,353$$

$$Fd = \frac{S_e \times N \times Fr1 + (S_g - S_e) \times N2 \times Fr2 + (S_0 - S_g)}{L} = \frac{0,75 \times 65 \times 0,362 + (4 - 0,75) \times 13 \times 0,353 + (0 - 4)}{83,9} = 0,340$$

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd; 10,34 = 1,18 \times 83,9 \times 0,466 \times \frac{260^{1,75}}{D^{1,75+3}} \times 0,340;$$

$$D = 8,47 \text{ mm}$$

El diámetro que debe tener la tubería porta goteros debe de ser de 8,47 mm, sin embargo, hay que mirar los diámetros comerciales de los que se disponen, ya que esa medida no es universal. Las tuberías laterales porta goteros tendrán las siguientes características en la subunidad 3:

- Diámetro nominal: 12 mm
- Diámetro interior: 10 mm
- Espesor: 1 mm
- Presión: 2,5 atm
- Material: PE

Las pérdidas de carga que habrá para estas características de tubería son:

$$h_L = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd = 1,18 \times 83,9 \times 0,466 \times \frac{260^{1,75}}{10^{1,75+3}} \times 0,340 = 4,69 \text{ mca}$$

Tubería terciaria

Caudal de la tubería terciaria (Q_T):

$$Q_T = N_L \times Q_L = 48 \times 260 = 12480 \frac{L}{h}$$

Pérdidas de carga (Δh_T):

$$\Delta H_s = \Delta h_T + h_L - \Delta Z_T - \Delta Z_L; 11 = \Delta h_T + 4,44; \Delta h_T = 6,56 \text{ mca}$$

Diámetro de la tubería terciaria:

$$Km = 1,2$$

$$C = 0,466$$

$$F1 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 48} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 48^2} = 0,374$$

$$F2 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times n} + \frac{(m-1)^{0,5}}{6 \times n^2} = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \times 24} + \frac{(1,75-1)^{0,5}}{6 \times 24^2} = 0,385$$

$$r = \frac{S_0}{S_e} = \frac{0}{1} = 0$$

$$Fr1 = \frac{r + n \times F1 - 1}{r + n - 1} = \frac{0 + 48 \times 0,374 - 1}{0 + 48 - 1} = 0,361$$

$$Fr2 = \frac{r + n \times F2 - 1}{r + n - 1} = \frac{0 + 24 \times 0,385 - 1}{0 + 24 - 1} = 0,358$$

$$Fd = \frac{S_e \times N \times Fr1 + (S_g - S_e) \times N2 \times Fr2 + (S_0 - S_g)}{L}$$

$$= \frac{1 \times 48 \times 0,361 + (6 - 1) \times 24 \times 0,358 + (0 - 6)}{112} = 0,485$$

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd; 6,56 = 1,2 \times 112 \times 0,466 \times \frac{12480^{1,75}}{D^{1,75+3}} \times 0,485;$$

$$D = 44,59 \text{ mm}$$

El diámetro comercial que se puede escoger para un diámetro requerido de 66,28 mm:

- Diámetro nominal: 63 mm
- Diámetro interior: 55 mm
- Espesor: 3,8 mm
- Presión: 4 atm
- Material: PE

Las pérdidas de carga que habrá para estas tuberías serán:

$$h = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd = 1,2 \times 112 \times 0,466 \times \frac{12480^{1,75}}{55^{1,75+3}} \times 0,485$$

$$= 2,42 \text{ mca}$$

DIMENSIONAMIENTO FINAL

Con el fin de conseguir una mayor uniformidad y facilidad a la hora de instalar el riego, se van a escoger las tuberías de riego con mayor diámetro, ya que así el sistema de riego tendrá la capacidad de funcionar correctamente con un solo tipo de tuberías.

Tuberías laterales porta goteros

Se selecciona la de mayor diámetro que es la de la subunidad 1:

- Diámetro nominal: 16 mm
- Diámetro interior: 13,2 mm
- Espesor: 1,4 mm
- Presión: 2,5 atm
- Material: PE

Goteros

Una vez se conocen las características de las tuberías porta goteros, puede escoger el emisor que debe tener las siguientes características:

- Autocompensante.
- Integrado en tubería.
- Caudal de 4L/h.
- Adaptado a tubería de 16DN.

Se elige el modelo FlowDrip o similar, gotero autocompensante integrado de 4L/h, se refleja en la Figura 7.



Figura 7. Gotero autocompensante de 4 L/h. Fuente: dripalia.

Presión al inicio del lateral

La presión requerida al comienzo de un lateral o tubería terciaria debe ser suficiente para que la presión promedio en las derivaciones garantice el caudal previsto en el diseño. La presión necesaria al inicio de los laterales vendrá determinada por la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que no hay diferencia de cotas en la parcela:

$$\frac{P_0}{\gamma} = H_{min} + h_L$$

Como la presión mínima de la subunidad (H_{min}) para goteros autocompensantes presenta unos rangos entre 8 y 10 mca, se utilizará un valor de 9 mca.

Subunidad 1:

$$h_L = 5,82 \text{ mca}$$

$$\frac{P_{0L}}{\gamma} = H_{min} + h_L = 9 + 5,82 = 14,82 \text{ mca}$$

Subunidad 2:

$$h_L = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd = 1,18 \times 83,2 \times 0,466 \times \frac{260^{1,75}}{13,2^{1,75+3}} \times 0,381 \\ = 1,39 \text{ mca}$$

$$\frac{P_{0L}}{\gamma} = H_{min} + h_L = 9 + 1,39 = 10,39 \text{ mca}$$

Subunidad 3:

$$h_L = Km \times L \times C \times \frac{Q^m}{D^{m+3}} \times Fd = 1,18 \times 83,9 \times 0,466 \times \frac{260^{1,75}}{13,2^{1,75+3}} \times 0,340 \\ = 1,25 \text{ mca}$$

$$\frac{P_{0L}}{\gamma} = H_{min} + h_L = 9 + 1,19 = 10,25 \text{ mca}$$

Número de Reynolds

Por último, queda por comprobar que el número de Reynolds no sobrepase los 100.000 para que se cumpla la fórmula de Blasius.

$$Re = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{1,5 \times 0,0132}{1,31 \times 10^{-6}} = 15114,5$$

Siendo:

- Re: Número de Reynolds.
- v: Velocidad media del agua (se quiere una velocidad que no supere los 1,5 m/s).
- D: Diámetro de la tubería (m).
- μ : Viscosidad del agua ($1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

El número de Reynolds no sobrepasa los 100.000, por consiguiente, esta tubería es apta.

En los sistemas de riego, se prefiere que el flujo del agua sea turbulento porque permite una mejor distribución de la presión a lo largo de la tubería, lo cual garantiza una entrega más uniforme del agua en los emisores o goteros. Además, la turbulencia ayuda a mantener en suspensión las partículas que pueda arrastrar el agua, reduciendo el riesgo de obstrucción en las tuberías y accesorios del sistema.

Para las tuberías laterales, se busca un flujo de agua turbulento moderado, lo que quiere decir, un número de Reynolds de entre 5.000-30.000. En este caso, se tiene un número de Reynolds de 15.114,5, de modo que es perfecto.

Tuberías terciarias

Para las tuberías terciarias, todas necesitan el mismo diámetro por lo que:

- Diámetro nominal: 63 mm
- Diámetro interior: 55 mm
- Espesor: 3,8 mm
- Presión: 4 atm
- Material: PE
- Enterradas a 80 cm de profundidad

Presión al inicio de la terciaria

La presión necesaria al inicio de las tuberías terciarias vendrá determinada por la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que no hay diferencia de cotas en la parcela:

$$\frac{P_{0S}}{\gamma} = \frac{P_{0L}}{\gamma} + h_T$$

Subunidad 1:

$$h_T = 1,86 \text{ mca}$$

$$\frac{P_{0S}}{\gamma} = \frac{P_{0L}}{\gamma} + h_T = 14,52 + 1,66 = 16,38 \text{ mca}$$

Subunidad 2:

$$h_T = 3,17 \text{ mca}$$

$$\frac{P_{0S}}{\gamma} = \frac{P_{0L}}{\gamma} + h_T = 10,32 + 3,17 = 13,49 \text{ mca}$$

Subunidad 3:

$$h_T = 2,42 \text{ mca}$$

$$\frac{P_{0S}}{\gamma} = \frac{P_{0L}}{\gamma} + h_T = 10,19 + 2,42 = 12,61 \text{ mca}$$

Todas cumplen sin sobrepasarse de la presión máxima admitida de 20 mca.

Número de Reynolds

$$Re = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{1,5 \times 0,055}{1,31 \times 10^{-6}} = 62977,1$$

El número de Reynolds no sobrepasa los 100.000, por lo que esta tubería es apta.

DIMENSIONAMIENTO TUBERÍA PRINCIPAL

Para el dimensionamiento de la tubería principal se debe conocer el caudal total necesario para alimentar a los tres sectores, regando de uno en uno, es decir, el caudal de la tubería principal será el caudal de la tubería terciaria que requiera mayor caudal (Subunidad 1):

$$Q = 14080 \frac{L}{h} = 0,0039 \frac{m^3}{s}$$

La longitud de la tubería principal es de 319,16 m, y se supone una velocidad del agua de 1,5 m/s, ya que se sigue el criterio de no sobrepasar esa velocidad máxima de agua. Se realiza la siguiente fórmula para saber el diámetro de la tubería:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0039}{\pi \times 1,5}} = 0,057 \text{ m} = 57 \text{ mm}$$

La tubería comercial que se puede escoger en base a este diámetro tiene las siguientes características:

- Diámetro exterior: 63 mm
- Diámetro interior: 59 mm
- Espesor: 2 mm
- Presión: 6 atm
- Material: PVC
- Enterrada a 80 cm de profundidad

La velocidad del agua en la tubería que resulta con este diámetro es:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}; 0,059 = \sqrt{\frac{4 \times 0,0039}{\pi \times v}}; v = 1,43 \text{ m/s}$$

La velocidad es de 1,43 m/s, por lo que no sobrepasa el máximo permitido de 1,5 m/s.

Las pérdidas de carga para esta tubería vendrán definidas mediante la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Donde:

- f: Factor de fricción de Darcy.
- L: Longitud de la tubería (m).
- D: Diámetro de la tubería (m).
- v: Velocidad del agua (m/s).
- g: Aceleración de la gravedad (m/s²).

Para obtener el factor de fricción de Darcy (f), se debe calcular primero el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{1,43 \times 0,059}{1,31 \times 10^{-6}} = 64404,58$$

Ahora se debe conseguir la rugosidad relativa del material de la tubería:

$$\varepsilon_r = \frac{K}{D} = \frac{0,0015}{59} = 2,54 \times 10^{-5}$$

Siendo:

- K: Rugosidad absoluta del material (0,0015 mm).
- D: Diámetro de la tubería (mm).

Una vez calculado el número de Reynolds y la rugosidad relativa del material, por medio del Ábaco de Moody representado en la Figura 8, se obtiene el factor de fricción de Darcy.

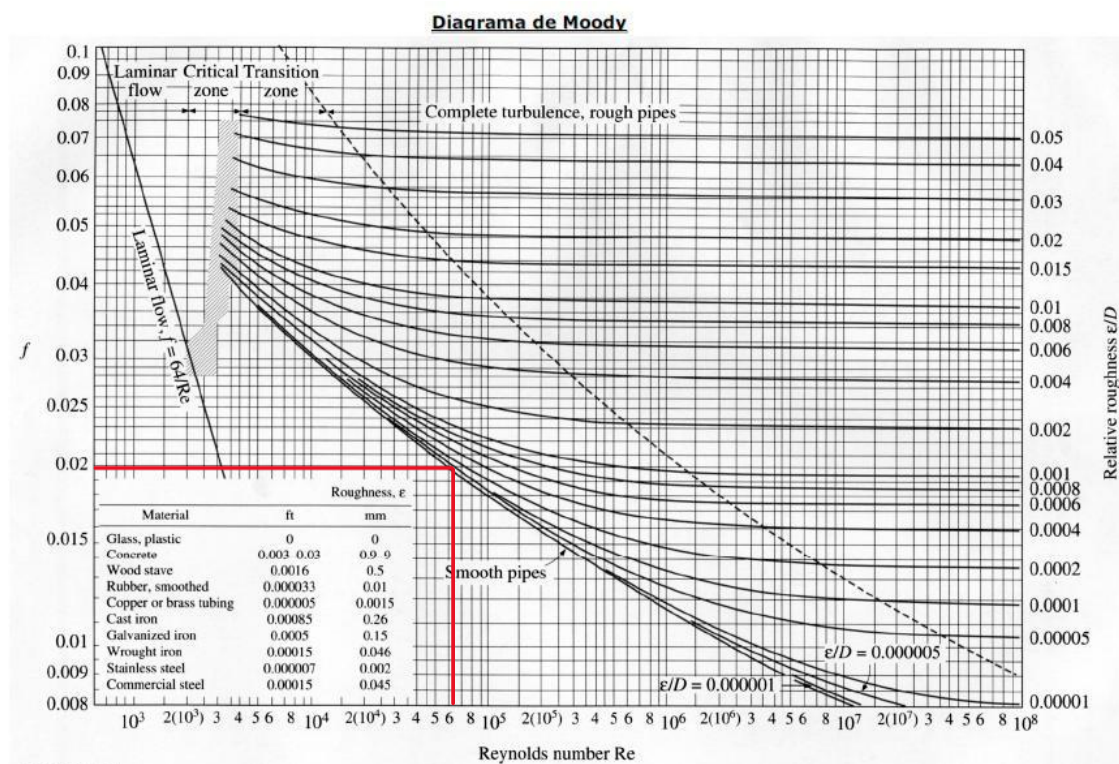


Figura 8. Ábaco de Moody. Fuente: La Guía Física.

El valor de fricción de Darcy, según el Ábaco de Moody, es aproximadamente de 0,02. Por tanto, las pérdidas de carga serán:

$$h = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,02 \times \frac{319,16}{0,059} \times \frac{1,43^2}{2 \times 9,8} = 11,29 \text{ mca}$$

Como se puede observar, las pérdidas de carga de la tubería principal son de 11,29 mca, las cuales son demasiado altas, en particular, se adopta la recomendación técnica del Manual de Riego de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) de la Universidad Politécnica de Madrid, donde se sugiere que en redes principales de riego localizado, las pérdidas de carga no deben superar los 2 mca para no penalizar la eficiencia energética del sistema.

Esta directriz responde al hecho de que, en instalaciones alimentadas por energía solar, cada metro adicional de carga implica un mayor dimensionamiento del sistema fotovoltaico y del grupo de bombeo, lo que repercute en costes económicos y operativos.

Por tanto, se aumenta el diámetro interior de la tubería principal, de forma que las pérdidas de carga queden reducidas a 2 mca o menos, garantizando un diseño más eficiente, sostenible y alineado con buenas prácticas académicas avanzadas en ingeniería de riego. De este modo, se aumentará el diámetro a:

- Diámetro exterior: 90 mm
- Diámetro interior: 84,4 mm
- Espesor: 2,8 mm
- Presión: 6 atm
- Material: PVC
- Enterrada a 80 cm de profundidad

Se realizarán los mismos cálculos que se han hecho hasta ahora:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}; 0,0844 = \sqrt{\frac{4 \times 0,0039}{\pi \times v}}; v = 0,697 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{v \times D}{\mu} = \frac{0,697 \times 0,0844}{1,31 \times 10^{-6}} = 44905,95$$

$$\varepsilon_r = \frac{K}{D} = \frac{0,0015}{84,4} = 1,77 \times 10^{-5}$$

f (Figura 8, Ábaco de Moody) = 0,021

$$h = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,021 \times \frac{319,16}{0,0844} \times \frac{0,697^2}{2 \times 9,8} = 1,97 \text{ mca}$$

2.2.3. Cabezal de riego

El orden de los elementos que componen al cabezal de riego será:

Bomba → Primer sistema de filtrado → Sistema de fertirrigación → Segundo sistema de filtrado → Válvula antirretorno → Ventosa → Caudalímetro → Arquetas con válvulas

BOMBA

Para saber el tipo de bomba que se necesita según las características de la plantación y del sondeo, se debe saber la altura manométrica total (HMT):

$$HMT = H_g + H_{pres} + H_{tub} + H_{cab}$$

Donde:

- H_g : Altura geométrica (nivel piezométrico del sondeo).
- H_{pres} : Presión total (Sector con mayor presión en la subunidad).

- H_{red} : Pérdidas de carga de la red de tuberías (la subunidad con más pérdidas de carga, es decir, la subunidad 1).
- H_{cab} : Pérdidas de carga del cabezal de riego (pérdidas de carga de todos los componentes de la subunidad de riego).

$$HMT = 66 + 16,18 + 9,65 + 5,35 = 97,18 mca$$

Ahora se puede calcular la potencia absorbida por la bomba, teniendo en cuenta un rendimiento del 70%:

$$P = \frac{Q \times HMT}{75 \times \eta} = \frac{3,91 \times 97,18}{75 \times 0,7} = 7,24 CV = 5,32 kW$$

Una vez conocidos estos datos, se pasa a ver que bomba es la que mejor se puede adaptar. Teniendo en cuenta que es un sondeo profundo, el caudal es de 3,91 L/s, tiene una HMT de 97,18 mca y la electricidad vendrá de placas solares, la bomba será:

- Bomba sumergible multietapas.
- Con motor de corriente alterna (teniendo en cuenta que se van a usar varias placas solares).
- Potencia necesaria de 7,5 HP.
- Que no sobrepase el diámetro del sondeo, por ejemplo, 6" = 152,4 mm < 200 mm.



Figura 9. Bomba sumergida. Fuente: Pedrollo.

Tabla 15. Características técnicas de la bomba sumergida. Fuente: Pedrollo.

MODELO	POTENCIA (P ₂)		Q m ³ /h l/min	0	3	6	9	12	15	18	21	24
	kW	HP		0	50	100	150	200	250	300	350	400
6SR70G/75	5.5	7.5	H metros	140	135	130	122	110	98	80	60	40
6SR70G/100	7.5	10		182	174	168	155	140	125	104	80	50
6SR70G/150	11	15		281	270	260	240	220	198	162	122	78
6SR70G/200	15	20		381	365	351	325	300	265	220	168	108

La Figura 9 muestra una representación del tipo de bomba que se necesita. La Tabla 15 muestra las características técnicas de las bombas. Se escogerá el modelo 6SR70G/75 o similar. En la Figura 10 se representa la curva característica de la conducción en base a la curva característica de la bomba, donde se puede observar el punto de funcionamiento.

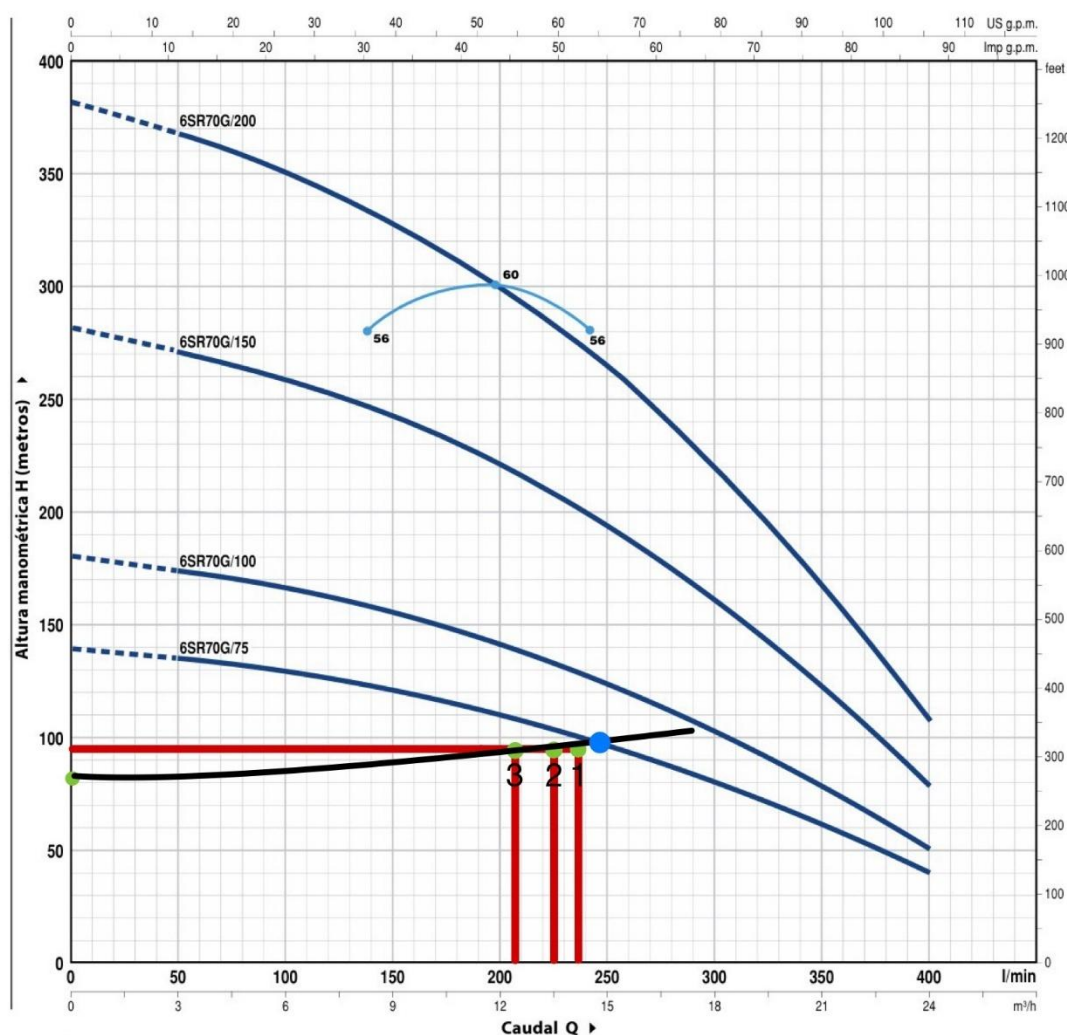


Figura 10. Curva característica de la conducción y puntos de funcionamiento. Fuente: Pedrollo.

SISTEMA DE FILTRADO

Para realizar un buen sistema de filtrado que se adapte a las condiciones del proyecto, se debe tener en cuenta sobre todo el análisis de calidad de agua de riego del Anejo I. Para el sistema de filtrado, hay que contar con que puede haber sólidos en suspensión, hay una

turbidez del agua moderada, lo que indica posible presencia de partículas finas o arena, y una salinidad alta. El sistema de filtrado de la red de riego estará compuesto por:

Hidrociclón

Es un separador hidráulico de arena el cual elimina las partículas pesadas por fuerza centrífuga. Es capaz de eliminar el 98% de las partículas de densidad superior a 1,5 y tamaños superiores a 0,1 mm. Se ubicará antes del sistema de filtrado principal. En la Figura 11 se muestra un esquema de un hidrociclón y en la Tabla 16 las características técnicas para diferentes modelos. El depósito de acumulación de sólidos de la parte inferior debe ser vaciado periódicamente.

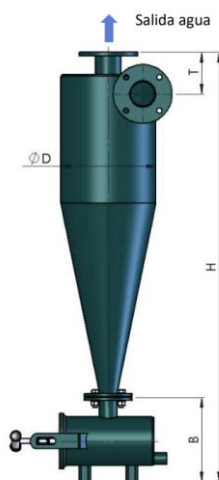


Figura 11. Esquema hidrociclón. Fuente: Filters itm.

Tabla 16. Características técnicas del hidrociclón. Fuente Filters itm.

MODELO	ØI/ØO	Caudal (m³/h)	Peso Neto (kg)	Dimensiones (mm)						
				H	ØD	W	M	L	B	T
HID - 2" ROSCA	Rosca Macho 2"	24	34	1130	220	250	360	533	285	141
HID - 3"	Brida 3"	51	54	1454	323	250	412	550	285	141
HID - 4"	Brida 4"	74	124	1666	406	290	494	590	285	151

El modelo que se puede elegir, viendo estas características, es el HID – 2". Las pérdidas de carga que tendría para un caudal de 14,08 m³/h se encuentra representado en la Figura 12.

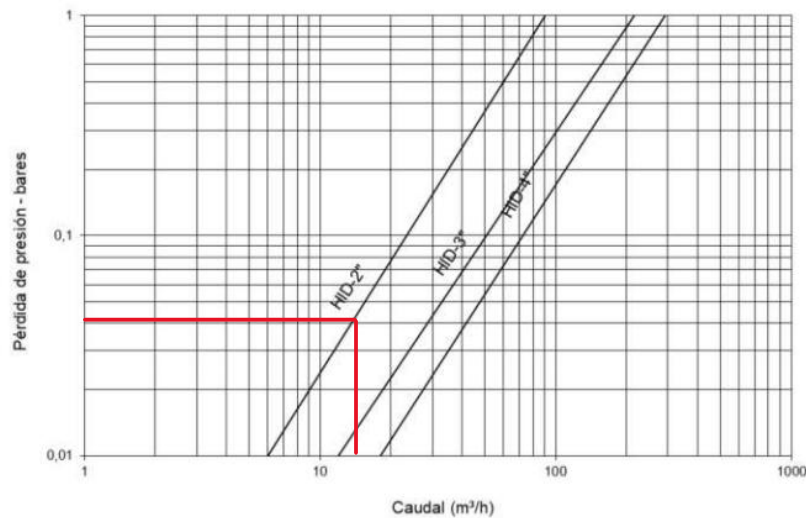


Figura 12. Pérdidas de carga del hidrociclón. Fuente: Filters itm.

Según la Figura 12, las pérdidas de carga que aportaría el hidrociclón serían de 0,35 bar, o lo que es lo mismo, 0,41 mca.

Filtros de anillas

Este tipo de filtro utiliza un elemento filtrante compuesto por anillos o discos con ranuras, colocados en una o ambas caras del material. La filtración ocurre a lo largo de todo el volumen del filtro, el componente filtrante consiste en un cartucho formado por anillos ranurados que se comprimen entre sí, permitiendo el paso del agua y reteniendo las partículas cuyo tamaño excede el de las ranuras. Su función es retener partículas finas, orgánicas e inorgánicas.

Para la correcta elección de los filtros de anillas, hay que saber los micrones que tienen que ser capaces de retener, para ello, se debe tener en cuenta el diámetro del paso del gotero seleccionado, el cual es de 0,9 mm, o lo que es lo mismo, 900 micrones. Los filtros de anillas deben retener la décima parte del diámetro de paso, es decir, 90 micrones. Para saber el número de filtros necesarios, se utiliza la siguiente fórmula aportada por el fabricante:

$$N^{\circ} \text{ Filtros} = \frac{\text{Caudal a filtrar en la instalación}}{\text{Caudal máximo por filtro}} = \frac{14,08}{22} = 0,64 \text{ filtros}$$

Considerando el agua como media, el caudal máximo por filtro es el que se observa en la Tabla 17:

Tabla 17. Caudal máximo por filtro. Fuente: AZUD.

FILTRACION		2" SUPER							
		400 micron	200 micron	130 micron	100 micron	50 micron	20 micron	10 micron	5 micron
CAUDAL MÁXIMO	BUENA	28 m³/h 123,27 gpm	27 m³/h 118,87 gpm	26 m³/h 114,47 gpm	24 m³/h 105,66 gpm	14 m³/h 61,63 gpm	8 m³/h 35,22 gpm	6 m³/h 26,41 gpm	5 m³/h 22,01 gpm
	MEDIA	26 m³/h 114,47 gpm	25 m³/h 110,07 gpm	24 m³/h 105,66 gpm	22 m³/h 96,86 gpm	13 m³/h 57,23 gpm	7 m³/h 30,81 gpm	5 m³/h 22,01 gpm	4 m³/h 17,61 gpm
	AGUA MALA	24 m³/h 105,66 gpm	23 m³/h 101,26 gpm	22 m³/h 96,86 gpm	20 m³/h 88,05 gpm	12 m³/h 52,83 gpm	6 m³/h 26,41 gpm	4 m³/h 17,61 gpm	3 m³/h 13,20 gpm
	AGUA MUY MALA	22 m³/h 96,86 gpm	21 m³/h 92,45 gpm	20 m³/h 88,05 gpm	18 m³/h 79,25 gpm	11 m³/h 48,43 gpm	5 m³/h 22,01 gpm	3 m³/h 13,20 gpm	2 m³/h 8,80 gpm

Para mayor seguridad, se montarán dos filtros de anillas paralelos con colector común de 100 micrones y 150 mesh con capacidad autolimpiante. El funcionamiento de la autolimpieza se activa automáticamente cuando el filtro detecta una diferencia de presión entre la entrada y la salida o tras un tiempo programado. Durante este proceso, el flujo de agua se invierte, separando las anillas y arrastrando la suciedad acumulada hacia una válvula de purga. El ciclo dura unos segundos y permite mantener el sistema limpio sin interrumpir el riego.

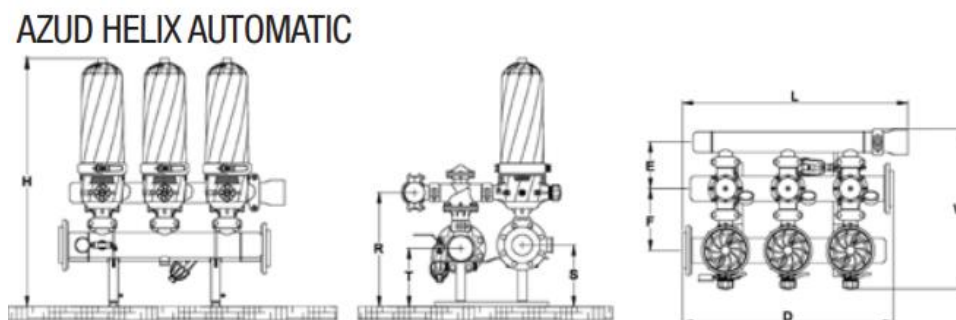


Figura 13. Esquema de los filtros de anillas. Fuente: AZUD.

Tabla 18. Características técnicas de los filtros de anillas. Fuente: AZUD.

Modelo	Características				Dimensiones																		
	N. Filtros	Colector	Superficie filtrante cm² in²		F mm	in	E mm	in	D mm	in	L mm	in	W mm	in	R mm	in	T mm	in	S mm	in	H mm	in	
SERIE 200	202/3FX	2" x 2	3" - 90 mm	3240	502	272	10.7	204	8	715	28.1	745	29.3	700	27.6	496	19.5	255	10	277	10.9	1085	42.7
	203/3FX	2" x 3	3" - 90 mm	4860	753	272	10.7	204	8	930	36.6	990	39	700	27.6	496	19.5	255	10	277	10.9	1085	42.7
	203/4FX	2" x 3	4" - 110 mm	4860	753	272	10.7	204	8	930	36.6	990	39	700	27.6	516	20.3	265	10.4	287	11.3	1105	43.5
	204/4FX	2" x 4	4" - 110 mm	6480	1044	272	10.7	204	8	1065	41.9	1220	48	700	27.6	516	20.3	265	10.4	287	11.3	1105	43.5
	204/6FX	2" x 4	6" - 150 mm	6480	1044	272	10.7	204	8	1085	42.7	1220	48	700	27.6	566	22.3	290	11.4	312	12.3	1155	45.5
	205/4FX	2" x 5	4" - 110 mm	8100	1255	272	10.7	204	8	1480	58.3	1540	60.6	700	27.6	516	20.3	265	10.4	287	11.3	1105	43.5
	205/6FX	2" x 5	6" - 150 mm	8100	1255	272	10.7	204	8	1520	59.9	1560	61.4	700	27.6	566	22.3	290	11.4	312	12.3	1155	45.5
	206/6FX	2" x 6	6" - 150 mm	9720	1506	272	10.7	204	8	1795	70.7	1835	72.2	700	27.6	566	22.3	290	11.4	312	12.3	1155	45.5
	207/6FX	2" x 7	6" - 150 mm	11340	1757	272	10.7	204	8	2070	81.5	2110	83.1	700	27.6	566	22.3	290	11.4	312	12.3	1155	45.5
	208/6FX	2" x 8	6" - 150 mm	12960	2008	272	10.7	204	8	2345	92.3	2385	93.9	700	27.6	566	22.3	290	11.4	312	12.3	1155	45.5
208/8FX	2" x 8	8" - 200 mm	12960	2008	350	13.8	204	8	2345	92.3	2410	94.9	780	30.7	608	23.9	312	12.3	334	13.1	1200	47.2	
SERIE 300	302/4FX	3" x 2	4" - 110 mm	3240	502	311	12.2	230	9.1	715	28.1	745	29.3	785	30.9	571	22.5	265	10.4	307	12.1	1160	45.7
	303/4FX	3" x 3	4" - 110 mm	4860	753	311	12.2	230	9.1	930	36.6	990	39	785	30.9	571	22.5	265	10.4	307	12.1	1160	45.7
	304/6FX	3" x 4	6" - 150 mm	6480	1044	311	12.2	230	9.1	1085	42.7	1220	48	785	30.9	621	24.4	290	11.4	332	13.1	1210	47.6
	305/6FX	3" x 5	6" - 150 mm	8100	1255	311	12.2	230	9.1	1520	59.8	1560	61.4	785	30.9	621	24.4	290	11.4	332	13.1	1210	47.6
	306/6FX	3" x 6	6" - 200 mm	9720	1506	311	12.2	230	9.1	1795	70.7	1835	72.2	785	30.9	621	24.4	290	11.4	332	13.1	1210	47.6
	306/8FX	3" x 6	8" - 200 mm	9720	1506	311	12.2	230	9.1	1795	70.7	1860	73.2	785	30.9	661	26	310	12.2	352	13.9	1250	49.2
	307/8FX	3" x 7	8" - 200 mm	11340	1757	311	12.2	230	9.1	2070	81.5	2135	84.1	785	30.9	661	26	310	12.2	352	13.9	1250	49.2
	308/8FX	3" x 8	8" - 200 mm	12960	2008	311	12.2	230	9.1	2345	92.3	2410	94.9	785	30.9	661	26	310	12.2	352	13.9	1250	49.2

La Figura 13 representa el esquema de los filtros y la Tabla 18 las características técnicas de estos. Se selecciona el modelo 202/3FX o similar.

PÉRDIDA DE CARGA EQUIPOS AZUD HELIX AUTOMATIC

130 micron

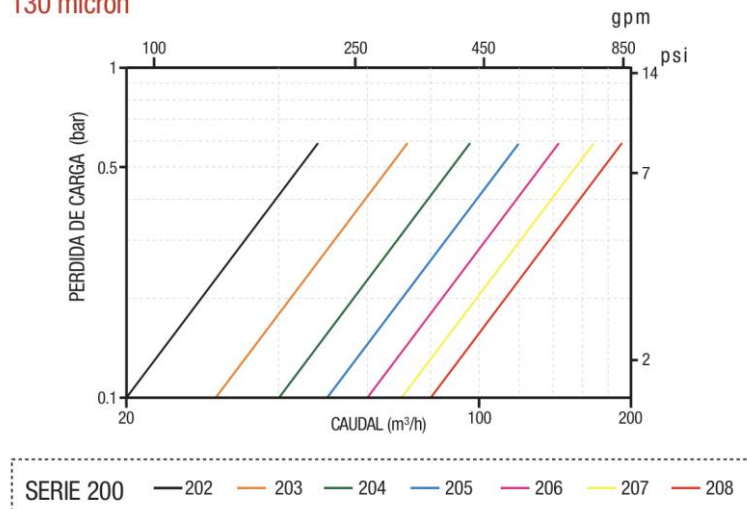


Figura 14. Pérdidas de carga para los filtros de anillas. Fuente: AZUD.

Según la Figura 14, las pérdidas de carga en el caso del proyecto estarán por debajo de 0,1 bar al tener como caudal 14,08 m³/h, como en representación del fabricante no hay valor por debajo de este, se considera que las pérdidas de carga son inapreciables.

TRANSDUCTORES DE PRESIÓN

Se instalarán dos transductores de presión (Figura 15), uno antes y otro después del sistema de filtros de anillas. Estos aparatos medirán la presión que pasa por la tubería en tiempo real y podrán ir directamente conectados al programador de riego para poder visualizar la presión desde el o desde el móvil, pudiendo así identificar posibles averías en el sistema de riego o comprobar que todo funciona correctamente.



Figura 15. Transmisor de presión. Fuente: Perfecta technologies.

SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN

Como ya se mencionó en el Anejo III, la mayor parte de la fertilización de la plantación será por fertirriego.

La instalación contará con una bomba dosificadora eléctrica centralizada, que permite inyectar fertilizantes líquidos desde cuatro depósitos independientes (nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos) mediante un sistema automatizado de electroválvulas

gestionadas por el programador de riego. Cada depósito estará conectado a una línea de aspiración individual equipada con una electroválvula y válvula de retención, convergiendo todas en un colector común de aspiración antes de llegar a la bomba.

Durante el riego, el programador selecciona qué fertilizantes deben dosificarse, activando únicamente las electroválvulas correspondientes. Esto permite aplicar un solo fertilizante o una mezcla de varios según las necesidades nutricionales del cultivo en cada fase fenológica. Los productos son aspirados simultáneamente, mezclados internamente por la bomba y enviados a la red de riego.

Además, se incorpora una línea independiente para la inyección de ácido nítrico, utilizada exclusivamente al finalizar los ciclos de fertirrigación para la limpieza del sistema, activada también mediante electroválvula controlada por el programador.

La dimensión de los tanques será la necesaria para que la plantación se vea abastecida de los abonos que se mencionan en el Anejo III durante cada mes. Para asegurar un correcto funcionamiento del sistema, la capacidad de los tanques se calculará teniendo en cuenta una concentración de producto del 85% de su solubilidad por margen de seguridad.

Tanque 1 (Abono N 25%)

Teniendo en cuenta que hacen falta 0,67 kg de fertilizante por árbol en el mes de junio en estado ON del árbol, que es la más demandante. Hay 643 árboles y que la solubilidad del abono N 25% es de 1,25 kg/L a 20°C:

$$\text{Tanque 1} = \frac{0,67 \times 643}{1,25 \times 0,85} = 405,54 \text{ L} \approx 500 \text{ L}$$

El tanque 1 debe tener una capacidad de 500 L para suministrar el abono nitrogenado.

Tanque 2 (DAP 18-46-0)

Teniendo en cuenta que hacen falta 0,03 kg de fertilizante por árbol en el mes de mayo en estado OFF del árbol, que es la más demandante. Hay 643 árboles y que la solubilidad del abono DAP es de 0,058 kg/L a 20°C:

$$\text{Tanque 2} = \frac{0,03 \times 643}{0,058 \times 0,85} = 424,92 \text{ L} \approx 500 \text{ L}$$

El tanque 2 debe tener una capacidad de 500 L para suministrar el abono DAP.

Tanque 3 (Sulfato potásico cristalino K₂O 52% + 45% SO₃ o NPK cristalino 15-5-30 + micros)

Como en este tanque se van a aplicar dos tipos de fertilizantes, uno para el estado juvenil y otro para el estado adulto del árbol, se tendrá en cuenta el fertilizante que necesite mayores cantidades, es decir, el sulfato potásico.

Hacen falta 0,43 kg de fertilizante por árbol en el mes de julio en estado ON, que es la más demandante. Hay 643 árboles y que la solubilidad del sulfato potásico es de 0,124 kg/L a 20°C:

$$\text{Tanque 3} = \frac{0,43 \times 643}{0,124 \times 0,85} = 2619,61 \approx 3000 \text{ L}$$

El tanque 3 debe tener una capacidad de 3000 L para suministrar el sulfato potásico cristalino.

Tanque 4 (Microelementos)

Se instalará un cuarto depósito destinado a la disolución y dosificación de microelementos esenciales (hierro, zinc, manganeso, boro, cobre, molibdeno) necesarios para el correcto desarrollo del cultivo del pistacho. Estos nutrientes, aunque requeridos en cantidades menores respecto a los macronutrientes, son imprescindibles para funciones fisiológicas clave como la fotosíntesis, la formación de clorofila, el cuajado del fruto y la resistencia a estrés hídrico o salino.

Dada la baja demanda total de estos elementos, el volumen requerido de solución nutritiva es reducido. Considerando una frecuencia de aplicación mensual y un margen operativo, se instalará un depósito de 300 litros.

La inclusión de este depósito permite mejorar la eficiencia de la fertilización, corregir deficiencias específicas del suelo y mantener un equilibrio nutricional completo en las distintas fases del ciclo fenológico del pistacho, especialmente en suelos calizos o con alta salinidad como el presente, donde la disponibilidad de ciertos microelementos puede verse limitada.

Tanque 5 (Ácido nítrico)

Se utilizará un depósito de 300 litros de capacidad para almacenar ácido nítrico, cuya función será la corrección del pH del agua de riego y la prevención de obstrucciones en los emisores por precipitación de carbonatos.

El ácido nítrico se aplicará una vez al finalizar cada fase fenológica, coincidiendo con el fin de cada periodo de fertirrigación, a una dosis de 0,5–1 L por cada 1.000 L de agua de riego. La aplicación en este momento permite limpiar el sistema de riego de posibles residuos de fertilizantes y carbonatos acumulados durante el ciclo, garantizando así una mayor durabilidad y eficiencia del sistema.



Figura 16. Depósito para fertilizantes. Fuente: AQUAENERGY.

En la Figura 16 se representa un ejemplo de un tanque de fertirriego. El llenado de los tanques se realizará mediante una manguera flexible con llave manual de bola, conectada a la tubería principal de riego.

Bomba de fertirriego

Para la elección de la bomba dosificadora, se debe tener en cuenta el caudal de fertilizante que va a salir, es decir, el volumen de fertilizante y el tiempo de riego. Considerando los casos más desfavorables, se considera que se aplica un volumen de 1000 L y un tiempo de riego de 4 horas del mes de mayor demanda de agua que es julio, teniendo en cuenta una pequeña variación de media hora al introducir y terminar el fertirriego. Sabiendo esto, la bomba a instalar debe poder suministrar un caudal de 250 L/h.



Figura 17. Bomba dosificadora eléctrica. Fuente: ITC.

Se escoge el modelo DOSTEC 40 de pistón (Figura 17) o similar, la cual es una bomba dosificadora compacta y versátil, diseñada especialmente para la inyección de fertilizantes en aplicaciones agrícolas. Tiene cabezal fabricado en polipropileno (PP), lo que la hace adaptable a distintos tipos de productos químicos.

Sus caudales van, desde 2,5 hasta 600 L/h, incluye un regulador micrométrico con bloqueo de seguridad. Además, puede incorporar un variador de frecuencia, lo que permite ajustar el caudal entre el 10% y el 120%, optimizando el uso de fertilizantes y adaptándose con precisión a las condiciones del cultivo y de la instalación. Presenta una potencia de 0,37 kW, que son 0,5 HP.

El esquema de la instalación de fertirriego se representa en la Figura 18.

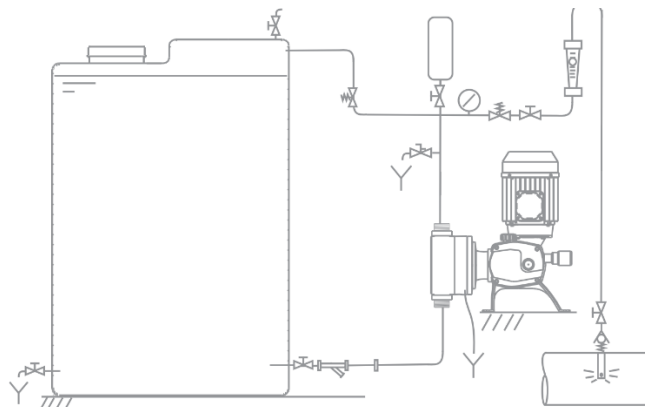


Figura 18. Esquema de instalación de fertirriego. Fuente: ITC.

SEGUNDO SISTEMA DE FILTRADO

El segundo sistema de filtrado estará instalado a modo de seguridad para la tubería. Su función clave será eliminar los elementos no deseados provenientes de los abonos de los depósitos del fertirriego. Se utilizará exactamente el mismo equipo que para el primer sistema de filtrado, es decir, dos filtros de anillas paralelos.

VÁLVULA ANTIRRETORNO, VENTOSA Y CONTADOR DE CAUDAL

Se instalarán una válvula antirretorno, una ventosa y un contador de caudal después del sistema de filtrado del fertirriego, en este mismo orden que se ha mencionado.

Válvula antirretorno

La válvula antirretorno se asegurará que el agua circule en una sola dirección y que no retroceda. Se escoge una válvula antirretorno de 2", Figura 19.



Figura 19. Válvula antirretorno. Fuente: JARDINERIA FERROMAR.

En la Figura 20 se pueden observar las pérdidas de carga que aporta la válvula antirretorno en el sistema de riego, las cuales son de 0,065 bar, o lo que es lo mismo, de 0,66 mca.

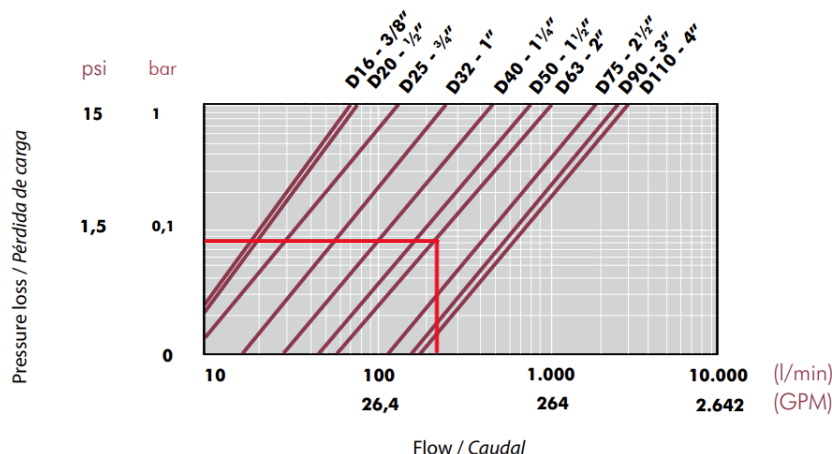


Figura 20. Pérdidas de carga válvula antirretorno. Fuente: MUNDORIEGO.

Además de situar una válvula antirretorno a la salida del cabezal de riego, se va a ubicar otra justo en la tubería de impulsión, a la salida directa de la bomba sumergida, antes de llegar al cabezal de riego. Aunque ya se tiene una válvula antirretorno en el cabezal, colocar otra en el pozo evita que el agua de toda la columna de impulsión vuelva a caer al pozo al apagar la bomba. Por consiguiente, reduce el golpe de ariete, protege el motor y mantiene la columna de agua presurizada, lo que favorece un arranque más suave.

Ventosa

La ventosa elimina el aire de la tubería y evita que entre cuando el sistema se vacía. Se selecciona una ventosa de triple efecto (entrada, salida y purga de aire) R.M. 2" GTR-2T PN16 (Figura 21) o similar.



Figura 21. Ventosa de triple efecto. Fuente: MUNDORIEGO.

Las pérdidas de carga que ocasiona la ventosa son inapreciables, por lo que no se consideran. Además de esta ventosa, se colocará otra justo al inicio de la tubería principal, tras salir del cabezal de riego, antes de que se divida hacia los tres sectores. Esto es debido a que este es el punto donde entra agua presurizada a la red de riego, y donde más aire puede acumularse durante el llenado inicial. Con esta ventosa se permite expulsar el aire al iniciar el riego, lo que evita cavitación, golpes de ariete y pérdidas de presión.

Contador de caudal

El contador de caudal o caudalímetro mide la cantidad de agua que pasa por la tubería durante un período de tiempo mediante pulsaciones, va conectado al programador de

riego. Se opta por un contador de caudal con registrador magnético, concretamente, el modelo TURBO-IR-M o similar (Figura 22).



Figura 22. Contador de caudal. Fuente: BERMAD.

Este dispositivo ofrece varias características y ventajas destacadas. Cuenta con una transmisión magnética, que asegura un funcionamiento eficiente. Su diseño hermético cumple con las normativas IP68 y NEMA 6P, lo que lo protege completamente contra la entrada de polvo y agua. Además, presenta un sensor con interruptor de lengüeta (reed switch) que permite elegir entre una o dos salidas de pulsos, lo que proporciona flexibilidad según las necesidades del sistema. Por último, su mantenimiento es sencillo, lo que facilita su uso y prolonga su vida útil.

Este caudalímetro es compatible para registrar sus datos de las pulsaciones en el programador de riego a instalar. Las pérdidas de carga generadas por este contador de caudal son las que se presentan en la Figura 23, teniendo en cuenta un DN65, estas pérdidas de carga son inapreciables.

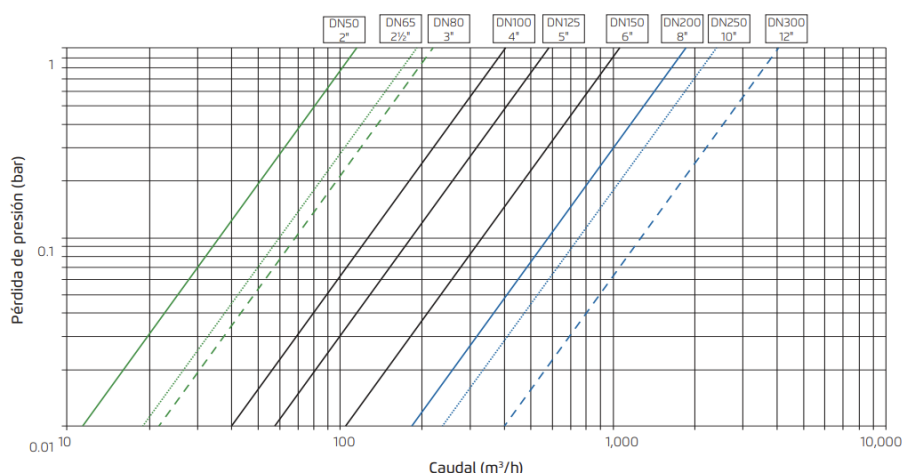


Figura 23. Pérdidas de carga del caudalímetro. Fuente: BERMAD.

VÁLVULAS MANUALES Y AUTOMÁTICAS

Las válvulas servirán para controlar el agua de riego que sale por cada sector. Como ya se ha mencionado antes, no se van a regar a la vez los tres sectores, por lo que en cada riego se regará un sector.

Habrà que instalar una válvula principal automática por sector, esta será una válvula de diafragma con solenoide eléctrico controlada por el programador de riego, con diámetro de 2", como el de la Figura 24.



Figura 24. Electroválvula. Fuente: Hunter.

Tabla 19. Pérdidas de carga de electroválvulas. Fuente: Hunter.

PGV, PÉRDIDA DE PRESIÓN EN BARES						
m³/h	1"	1"	1½"	1½"	2"	2"
	25 mm en línea	25 mm en ángulo	40 mm en línea	40 mm en ángulo	50 mm en línea	50 mm en ángulo
0,3	0,1	0,07				
1,0	0,1	0,07				
2,50	0,1	0,08				
3,50	0,2	0,09				
4,50	0,2	0,12	0,2	0,1	0,1	0,1
7,00	0,4	0,22	0,2	0,1	0,1	0,1
8,0	1,0		0,2	0,2	0,1	0,1
9,00	1,0		0,2	0,2	0,1	0,1
11,00			0,3	0,2	0,1	0,1
13,50			0,3	0,3	0,1	0,1
18,00			0,4	0,4	0,2	0,1
22,50			0,6	0,5	0,3	0,2
27,00			0,8	0,8	0,4	0,3
30,50					0,6	0,5
34,00					0,7	0,6

Las electroválvulas, según la Tabla 19, tendrán unas pérdidas de carga de 0,1 bar, es decir 1,02 mca.

Además, se instalarán válvulas auxiliares manuales (Figura 25) de bola en caso de avería en las electroválvulas o en el controlador de riego. Irán ubicadas en un bypass paralelo a la válvula automática.



Figura 25. Válvula de bola. Fuente: GENE BRE.

Las pérdidas de carga de las válvulas manuales de 2" vienen representadas en la Figura 26 que, como se puede observar, para un caudal de 14,08 m³/h no se aprecian.

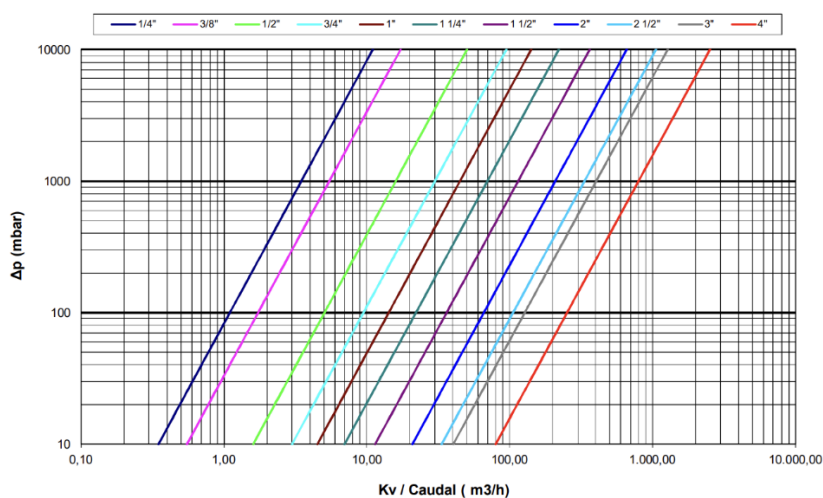


Figura 26. Pérdidas de carga de las válvulas manuales. Fuente: GENE BRE.

Este conjunto de electroválvula y válvula manual se dispondrán en tres arquetas, una para cada subunidad, en las cuales se encontrará una electroválvula y una válvula manual en configuración bypass en cada una de las arquetas. El controlador o programador, que se encontrará en la caseta será el encargado de abrir y cerrar estas válvulas a gusto del agricultor.

CONTROLADOR DE RIEGO

El controlador o programador de riego es un dispositivo que automatiza el encendido y apagado del sistema de riego. Permite programar horarios, duración y frecuencia del riego por sectores y también gestiona la fertirrigación, caudal, e incluso se controla desde el móvil.

El controlador de riego debe cumplir con las siguientes características:

- Tener tres salidas de válvula para controlar los tres sectores.
- Que sea compatible con válvulas eléctricas, transmisores de presión y caudalímetro de pulsos.
- Con posibilidad de controlar también el fertirriego.
- Que sea compatible con la alimentación solar.
- Que cuente con una programación flexible y segura.
- Que sea resistente y duradero al polvo y al agua.



Figura 27. Controlador de riego. Fuente: PROGRÉS.

Se escoge el programador de riego AGRONIC 2500 (Figura 27) o similar, el cual es un sistema de control del riego de la marca PROGRÉS, un equipo de altas prestaciones diseñado para aplicaciones de riego y fertirrigación en explotaciones agrícolas automatizadas. Este programador permite la gestión de hasta 30 sectores de riego, incluyendo la activación de válvulas eléctricas, el control de bombas, la dosificación de fertilizantes, la limpieza de filtros y la lectura de sensores analógicos y digitales.

Además, el programador ofrece opciones de comunicación remota mediante app móvil, mensajes SMS o conexión a PC, permitiendo la monitorización y modificación de parámetros desde cualquier ubicación. Su interfaz incluye una pantalla LCD gráfica retroiluminada y un teclado capacitivo de fácil manejo, lo que facilita la operación incluso en condiciones de baja visibilidad. El equipo cuenta con protecciones internas y almacenamiento de históricos de riego, fertilización y eventos del sistema.

3. CASETA DE RIEGO

Se dispondrá de una caseta de riego en la que se encuentre el cabezal de riego y todos los elementos que lo componen, además del cuadro eléctrico, el foco y la batería.

La caseta escogida será prefabricada en formato contenedor, con unas dimensiones de 6 x 3 x 2,8 m, con estructura de acero, dos ventanas y una puerta con cerradura. En la Figura 28 se muestra una imagen de la caseta de riego.



Figura 28. Caseta de riego. Fuente: Urbanres Contenedores.

La caseta se colocará sobre una base previamente nivelada y compactada, y será anclada mediante placas metálicas o tacos químicos para garantizar su estabilidad. No se ejecutará una losa de hormigón completa, pero la compactación del terreno se realizará conforme a las recomendaciones técnicas para asegurar la correcta transmisión de cargas y evitar desniveles en la base.

El contenedor cuenta con un excelente aislamiento en sus paredes mediante lana mineral de 60 mm, garantizando una eficiente protección térmica y acústica. Su estructura está compuesta por bastidores robustos con perfiles de acero sólidos, cumple con los estándares de calidad PN EN ISO 3834-2 y cuenta con certificado CE.

En cuanto al diseño del suelo, incorpora un panel de aglomerado P5 de 22 mm y un revestimiento de PVC gris de 2 mm, con una capacidad de carga de hasta 200 kg/m². Cuenta también con dos luminarias instaladas en formato de barras de luz de protección IP65 de 16W, además de dos tomas de corriente tipo F de 230 V.

4. ELECTRIFICACIÓN

La electrificación del proyecto se basará en la instalación de placas solares que puedan aportar suficiente energía como para bombear el agua desde la captación realizada hasta los ramales de goteros distribuidos por la parcela. Además, estas placas deben almacenar su energía en una batería para aportar luz a la caseta de riego durante las noches mediante un pequeño foco.

La electrificación del proyecto se va a resumir en dos sistemas fotovoltaicos distintos, uno el cual abastezca a la bomba del sondeo y a la bomba de fertirriego, y otro que abastezca a la batería. A su vez, estas dos instalaciones fotovoltaicas tendrán dos sistemas eléctricos, uno en corriente continua, y otro en corriente alterna.

Se presentan en el documento PLANOS un esquema unifilar, que engloba a todos los componentes de los dos sistemas fotovoltaicos, y un esquema multifilar, que representa las líneas de corriente que van del cuadro eléctrico a las electroválvulas.

4.1. Sistema fotovoltaico 1

Como ya se ha comentado, el primer sistema fotovoltaico hará funcionar la bomba de sondeo y la bomba de fertirriego. Los elementos que compondrán este primer sistema fotovoltaico son:

- Placas solares: Son dispositivos que convierten la energía solar en electricidad en forma de corriente continua. Están compuestas por células fotovoltaicas que generan electricidad al recibir luz solar. Su producción depende de la radiación solar y la orientación.
- Variador de frecuencia solar: Regula la velocidad del motor de las bombas para optimizar el consumo energético y mejorar el control del proceso. Además, debe tener la capacidad de convertir la corriente continua (DC) de los paneles solares en corriente alterna (AC) utilizable para alimentar las bombas. Habrá dos variadores de frecuencia, uno para la bomba del sondeo y otro para la bomba del fertirriego.
- Fusibles: Sirven para proteger el sistema de sobrecorrientes o cortocircuitos.
- Cableado: Conecta todos los componentes entre sí. Debe ser adecuado para corriente continua o alterna, con una sección suficiente para evitar caídas de tensión y pérdidas de energía.
- Bomba de sondeo: Bomba encargada de sacar el agua del sondeo hacia el sistema de riego.
- Bomba de fertirriego: Bomba encargada de inyectar los fertilizantes en el agua que circula por la tubería principal de riego.

4.1.1. Corriente continua

PANELES FOTOVOLTAICOS

Con el objetivo de realizar una plantación más sostenible, se va a incorporar unos paneles fotovoltaicos que capten la radiación solar y la conviertan en energía para el funcionamiento de dos bombas con motor de corriente alterna y una batería. Con la instalación fotovoltaica, se debe tener en cuenta que solo se podrá regar durante las horas de sol, por lo que el riego nocturno tiene que ser descartado.

Para saber los paneles fotovoltaicos necesarios para la primera instalación fotovoltaica, se deben tener en cuenta la potencia de las bombas. La bomba del sondeo requiere de una potencia de 5,5 kW, mientras que la de fertirriego de 0,37 kW, por consiguiente, las placas deberán suministrar algo más de esta potencia, teniendo en cuenta un rendimiento en la conversión de energía de los paneles del 40%:

$$\text{Potencia de los panales} = \frac{\text{kW bomba sondeo}}{0,40} = \frac{5,5}{0,40} = 13,75 \text{ kW}$$

Los paneles fotovoltaicos serán de 550 W, de modo que se instalarán 28 placas solares que tendrán una capacidad total de 15,4 kW para suministrar a la bomba del sondeo.

$$\text{Potencia de los panales} = \frac{\text{kW bomba fertirriego}}{0,40} = \frac{0,37}{0,40} = 0,925 \text{ kW}$$

Se instalarán 2 placas solares de 550 W cada una, que tendrán una capacidad total de 1,1 kW para suministrar a la bomba del sondeo. Lo que hace un total de 30 placas solares.

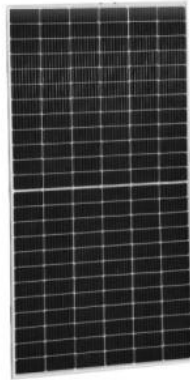


Figura 29. Placa solar de 550 W. Fuente: AutoSolar.

En la Figura 29 se representa la imagen de la placa a instalar. Esta placa es el panel solar JA Solar 550W Mono PERC, un módulo de alta potencia con 144 células monocristalinas tipo PERC, lo que le proporciona una eficiencia destacada del 21,3%. Las características eléctricas de cada uno de estos paneles son:

- Potencia Pico (P_{MAX}): 550 W
- Voltaje a máxima potencia (V_{MP}): 41,96 V
- Intensidad a máxima potencia (I_{MP}): 13,11 A
- Voltaje en circuito abierto (V_{OC}): 49,90 V
- Intensidad en cortocircuito (I_{SC}): 14,00 A

Las dimensiones de cada placa son de 2279 x 1134 x 35mm. La representación de la distribución de las 30 placas juntas se muestra en la Figura 30, en la que los rectángulos azules representan las placas solares.

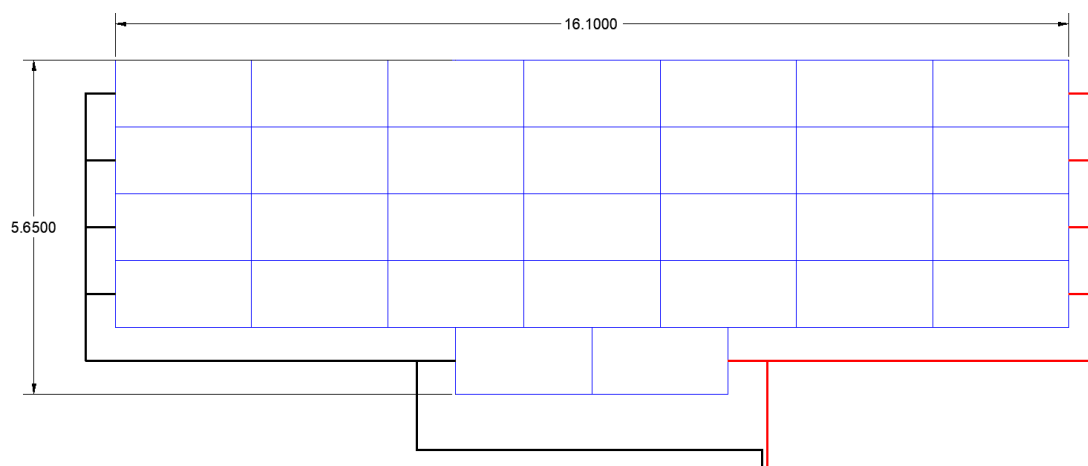


Figura 30. Dimensionamiento y disposición de placas. Elaboración propia.

Según esta disposición, habrá 4 strings en paralelo, cada uno formado por 7 paneles solares en serie, que suministran a la bomba del sondeo, y 2 paneles conectados en serie, que suministran a la bomba de fertirriego.

Estos paneles solares irán elevados a una altura de 3,5 m mediante una estructura metálica de la que sobresalen 4 postes, uno a cada esquina del conjunto de placas, consiguiendo mantenerlas así estables y seguras en altura. Tendrán una orientación Sur, con una inclinación de 30° , teniendo en cuenta que esta es la inclinación óptima para la provincia de Toledo.

VARIADORES DE FRECUENCIA SOLAR

Variador de frecuencia solar para la bomba del sondeo

Se escoge el modelo VEICHI SI30-PV-7K5G-4 (Figura 31) o similar, el cual es un variador de frecuencia especialmente diseñado para aplicaciones de bombeo alimentadas mediante energía solar fotovoltaica. Este modelo en concreto tiene una potencia nominal de 7.5 kW (10 HP) y es compatible con motores trifásicos de 380 V, siendo ideal para la bomba sumergida de sondeo.

Presenta un amplio rango de tensión de entrada en corriente continua, de 120 V a 440 V, lo que le permite trabajar perfectamente con strings de 7 paneles en serie. El equipo integra un controlador MPPT (Maximum Power Point Tracking) de alta precisión que maximiza la captación de energía solar en tiempo real, ajustando el punto de trabajo óptimo incluso con nubosidad o variaciones de radiación.

Dispone de modos de control V/F y vectorial sin sensor, lo que permite un arranque suave, estabilidad en el par motor y una operación eficiente incluso a baja velocidad. Además, el variador está equipado con protecciones automáticas contra sobretensiones, baja tensión, sobretensión, sobrecarga, cortocircuito y fallos a tierra, asegurando la protección tanto del motor como del sistema solar.

La carcasa cuenta con protección IP65 con conectividad remota mediante Bluetooth, Wi-Fi o GPRS, compatible con una app móvil desde la que puedes monitorear y configurar parámetros de forma sencilla.



Figura 31. Variador de frecuencia solar para la bomba del sondeo. Fuente: VEICHI.

Variador de frecuencia solar para la bomba de fertirriego

Se escoge el modelo VEICHI SI23-PV 0.75 kW (Figura 32) o similar, el cual es un variador de frecuencia solar compacto y de alta eficiencia, diseñado específicamente para alimentar motores de bombas trifásicas utilizando energía solar fotovoltaica en corriente continua (DC). Tiene una potencia nominal de 0.75 kW (1 HP) y una entrada mínima de tan solo 90 V DC, este modelo permite el arranque y operación estable con 2 paneles solares de 550 W en serie, cuya tensión en circuito abierto ronda los 100 V.

El variador convierte la corriente continua generada por los paneles solares en corriente alterna trifásica a 380 V, regulando la frecuencia y tensión de salida para controlar la velocidad del motor de la bomba, optimizando el consumo y extendiendo la vida útil del sistema.

Además, presenta un sistema MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia), que ajusta dinámicamente la captación de energía solar en tiempo real, asegurando un rendimiento máximo incluso en condiciones variables de radiación (mañanas, tardes, nubes).

El equipo incorpora protecciones electrónicas completas (sobretensión, sobrettemperatura, cortocircuito, fallo a tierra, baja tensión, etc.) y una interfaz de usuario sencilla, mediante teclado y pantalla LCD desmontable.



Figura 32. Variador de frecuencia para la bomba de fertirriego. Fuente: VEICHI.

CABLEADO

Se dispondrá de dos cableados distintos que salen de las placas, uno que va desde las 28 placas hasta el variador de frecuencia de la bomba del sondeo, el cual estará compuesto por 4 strings de 7 placas solares, y otro que va desde las dos placas hasta el variador de frecuencia de la bomba de fertirriego, que estará compuesto por un string de 2 placas solares.

El cableado de corriente continua de la primera instalación fotovoltaica será mixto, es decir, tendrá un tramo a la intemperie, en canal protectora suspendida, y otro tramo en el interior de la caseta, bajo tubo grapado a la pared. Ambos tendrán un sistema de instalación tipo B1 (Figura 33).

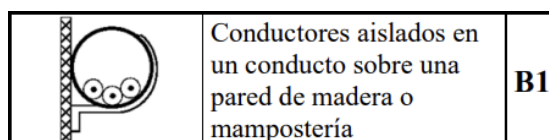


Figura 33. Sistema de conducción tipo B1. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.

El recubrimiento de los cables será de XPLE (Polietileno reticulado), el cual es un aislamiento termoestable que puede soportar hasta 90°C.

Para calcular el cableado que se debe utilizar en el sistema eléctrico de corriente continua se deben cumplir dos condiciones:

Criterio de caída de tensión

Para calcular la sección del cable se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta U = \frac{2 \times L \times Pc}{\sigma \times U \times n \times S \times \eta}; S = \frac{2 \times L \times Pc}{\sigma \times U \times n \times \Delta U \times \eta}$$

Donde:

- ΔU : Caída de tensión máxima admitida (1,5%).
- U : Tensión nominal (V).
- Pc : Potencia de cálculo (W).
- L : Longitud del cable de cada string que llega al inversor (m).
- n : Número de conductores por fase (1).
- η : Rendimiento (1).
- σ : Conductividad del cobre a la temperatura máxima del conductor. Dato proveniente del fabricante (51,5 $\Omega \cdot \text{mm}^2$)

Tensión nominal (U):

$$U1 = VOC \times n^{\circ} \text{ paneles por string} = 49,9 \text{ V} \times 7 \text{ paneles} = 349,3 \text{ V}$$

$$U2 = VOC \times n^{\circ} \text{ paneles por string} = 49,9 \text{ V} \times 2 \text{ paneles} = 99,8 \text{ V}$$

Potencia de cálculo (Pc):

$$Pc = \text{Potencia panel} \times n^{\circ} \text{ paneles por string} = 550 \text{ W} \times 7 \text{ paneles} = 3850 \text{ W}$$

$$P_c = \text{Potencia panel} \times n^{\circ} \text{ paneles por string} = 550 \text{ W} \times 2 \text{ paneles} = 1100 \text{ W}$$

Sección (S):

Para cada longitud de cada string se obtienen los resultados que se adjuntan en la Tabla 20.

Tabla 20. Secciones de los cables DC del primer sistema fotovoltaico por criterio de caída de tensión. Elaboración propia.

Strings	Longitud (m)	P _c (W)	σ (Ω.mm ²)	U (V)	ΔU (V)	S (mm ²)	S normalizada (mm ²)
String 1	14,58	3850	51,5	349,3	5,2395	1,19	1,5
String 2	13,45					1,10	1,5
String 3	12,32					1,01	1,5
String 4	11,19					0,91	1,5
String 5	4,51	1100		99,8	1,497	1,29	1,5

Según el criterio de caída de tensión, la sección normal comercial de los cables será de 1,5 mm².

Criterio térmico

La intensidad máxima de cada string es la intensidad máxima de cada panel, por lo que será de 14 A. Según este criterio, la instalación deberá estar dimensionada para un 25% más de intensidad:

$$14 \times 1,25 = 17,5 \text{ A}$$

Según los datos del fabricante, el cableado que soporta unas intensidades mayores a 17,5 A son de 4 mm². Esta será la sección que deberán tener los cables de los strings según este criterio.

En la Tabla 21 se muestran las secciones de cable comerciales según intensidades que soportan.

Tabla 21. Secciones de cable para DC según intensidades. Fuente: UNE-HD 60364-5-52: 2014.

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																	
A1		PVC 3	PVC 2				XLPE 3		XLPE 2									
A2	PVC 3	PVC 2			XLPE 3		XLPE 2											
B1															XLPE 2			
B2			PVC 3	PVC 2				XLPE 3		XLPE 2							XLPE 2	
C						PVC 3				PVC 2			XLPE 3				XLPE 2	
E								PVC 3				PVC 2				XLPE 2	XLPE 2	
F										PVC 3				PVC 2		XLPE 3	XLPE 2	
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm ²																		
Cobre																		
1,5															20		21	23
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	—
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	—
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	—
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	—
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	—
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
35	—	—	—	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
50	—	—	—	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
70	—	—	—	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
95	—	—	—	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
120	—	—	—	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	—	—	—	—	—	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
185	—	—	—	—	—	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
240	—	—	—	—	—	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617

Sección final

De los dos criterios, se debe coger la sección más desfavorable, como en los dos criterios se tiene la misma sección, esta será de 1,5 mm². Hay que tener en cuenta que lo normal es encontrar conectores para instalaciones fotovoltaicas de 4-6 mm², por lo tanto, se escoge la sección de 4 mm².

También hay que comprobar que la caída de tensión con este tipo de cableado no supere el 1,5% que es el máximo permitido, según REBT ITC-BT-06. Par calcular la caída de tensión, se utiliza la misma fórmula que para las secciones, quedando los resultados de la Tabla 22.

Tabla 22. Comprobación de caídas de tensión de los cables DC del primer sistema fotovoltaico. Elaboración propia.

Strings	Longitud (m)	Pc	σ	U	S (mm2)	ΔU
String 1	14,58	3850	51,5	349,3	4	1,56
String 2	13,45					1,44
String 3	12,32					1,32
String 4	11,19					1,20
String 5	4,51	1100		99,8		0,48

Las caídas de tensión que ocasionan estos cableados no superan los 5,24 V y los 1,497 V (1,5% caída de tensión). La sección de 4 mm² cumple perfectamente con todas las condiciones.

FUSIBLES

Los fusibles que se deben colocar en los paneles solares deben cumplir con dos criterios para su selección:

1. $I_B \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1,45 \times I_z$

Siendo:

- I_B : Intensidad según la previsión de cargas (17,5 A).
- I_z : Máxima intensidad que puede soportar el cable (38 A).
- I_n : Corriente que soporta el fusible.
- I_2 : Corriente que garantiza que el fusible funcione durante un período prolongado, el cual según normativa es $16 \times I_n$.

$$I_B \leq I_n \leq I_z = 17,5 \leq I_n \leq 38$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z = 1,6 \times I_n \leq 1,45 \times 38; I_n \leq 34,44$$

La intensidad normalizada que cumple con las dos condiciones para los fusibles será de 20 A.

Se colocarán 10 fusibles DC de 20 A, uno para cada cable negativo y cable positivo de los strings de las placas, en portafusibles tipo MC4 conectados al cable positivo que sale de cada string. En la Figura 34 se adjunta la imagen del fusible con su respectivo portafusible.



Figura 34. Fusible MC4 de 20 A. Fuente: SEMPERE SOLUTIONS.

4.1.2. Corriente alterna

CABLEADO

Se dispone de dos cableados diferentes, uno que va del inversor de la bomba de sondeo a esta bomba, y otro que va del inversor de la bomba de fertirriego a esta misma bomba. La instalación de corriente alterna debe cumplir con los mismos condicionantes que el de corriente continua.

Se escoge un sistema de instalación de cables tipo B2 (Figura 35), entubado empotrado en pared térmicamente aislante, en interior de caseta, con aislamiento de XPLE para tres conductores.

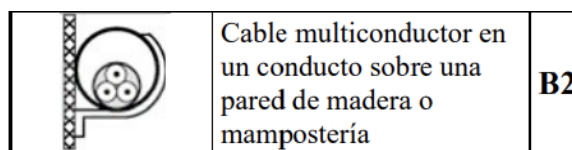


Figura 35. Sistema de conducción tipo B2. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.

Criterio de caída de tensión

$$\Delta U = \frac{L \times P_c}{\sigma \times U \times n \times S \times \eta}; S = \frac{L \times P_c}{\sigma \times U \times n \times \Delta U \times \eta}$$

Siendo:

- L: Longitud de la línea.
- P_c: Potencia del circuito (potencia de las bombas).
- σ: Conductividad del cobre (51,5 Ω.mm²).
- U: Tensión de la línea (400 V).
- n: Número de conductores.
- ΔU: Caída de tensión máxima de la línea (1,5% x U).
- η: Rendimiento de los variadores de frecuencia.

En la Tabla 23 se muestran los resultados de la sección de los cables por el criterio de caída de tensión.

Tabla 23. Secciones de los cables AC del primer sistema fotovoltaico por criterio de caída de tensión. Elaboración propia.

CABLES	Longitud (m)	P _c (W)	σ (Ω.mm ²)	U (V)	ΔU (V)	η	S (mm ²)	S normalizada (mm ²)
Bomba sondeo	7,32	5500	51,5	400	6	0,95	0,34	1,5
Bomba fertirriego	8,45	370					0,03	1,5

Según el criterio de caída de tensión, la sección normal comercial de los cables será de 1,5 mm².

Criterio térmico

La intensidad máxima del circuito de corriente alterna es la intensidad máxima que demanden las bombas. Al igual que antes, la instalación eléctrica deberá estar dimensionada suponiendo un 25% más de intensidad de corriente. En la Tabla 24 aparecen los resultados.

Tabla 24. Sección de los cables AC en el primer sistema fotovoltaico por criterio térmico. Elaboración propia.

CABLES	I (A)	I x 25% (A)	S normalizada (mm ²)
Bomba sondeo	14,4	18	2,5
Bomba fertirriego	0,76	0,95	1,5

En la Tabla 25 aparecen reflejadas las secciones comerciales según las intensidades.

Tabla 25. Secciones de cable para AC según intensidades. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																	
A1		PVC 3	PVC 2				XLPE 3		XLPE 2									
A2	PVC 3	PVC 2			XLPE 3		XLPE 2											
B1				PVC 3		PVC 2				XLPE 3				XLPE 2				
B2	→										XLPE 3		XLPE 2					
C						PVC 3				PVC 2			XLPE 3				XLPE 2	
E								PVC 3				PVC 2			XLPE 3		XLPE 2	
F										PVC 3				PVC 2			XLPE 3	XLPE 2
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm ²																		
Cobre																		
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	17	17,5	19	20	20	20	21	23	—	
2,5	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	—
4	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	—
6	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	—
10	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	—
16	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
25	—	—	—	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
35	—	—	—	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
50	—	—	—	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
70	—	—	—	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
95	—	—	—	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
120	—	—	—	—	—	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
150	—	—	—	—	—	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
185	—	—	—	—	—	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Sección final

De los dos criterios, se debe coger la sección más desfavorable, por lo que en un principio la sección final del cableado de corriente alterna será de 2,5 mm² para unificar. Sin embargo, como en el caso anterior, la mayor parte de los conectores eléctricos comerciales son de 4 mm², por lo tanto, se escoge esta sección.

También hay que comprobar que la caída de tensión con este tipo de cableado no supere el 1,5% que es el máximo permitido, según REBT ITC-BT-06. Par calcular la caída de tensión, se utiliza la misma fórmula que para las secciones, quedando los resultados de la Tabla 26.

Tabla 26. Comprobación de caídas de tensión de los cables AC del primer sistema fotovoltaico. Elaboración propia.

CABLES	Longitud (m)	Pc (W)	σ (Ω.mm2)	U (V)	η	S (mm2)	ΔU (V)
Bomba sondeo	7,32	5500	51,5	400	0,95	4	0,51
Bomba fertirriego	8,45	370					0,04

Las caídas de tensión que ocasionan estos cableados no superan el 1,5% caída de tensión (6 V). La sección de 4 mm² cumple perfectamente con todas las condiciones.

SISTEMAS DE PROTECCIÓN

El circuito de corriente alterna del primer sistema fotovoltaico debe tener una serie de sistemas de protección. Se colocará un sistema de protección para el cable de la bomba de sondeo y otro para el cable de la bomba de fertirriego. Se deben cumplir los mismos criterios que para los fusibles anteriormente calculados:

Bomba sondeo

$$I_B \leq I_n \leq I_z = 18 \leq I_n \leq 30$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z = 1,6 \times I_n \leq 1,45 \times 30; I_n \leq 27,18$$

El sistema de protección, para que cumpla con las dos condiciones, será de 20 A. Se escoge un interruptor magnetotérmico tripolar de 20 A (Figura 36).



Figura 36. Interruptor magnetotérmico tripolar de 20 A. Fuente: LEROYMERLIN.

Después del interruptor magnetotérmico se colocará un interruptor diferencial de 25 A – 30 mA para proteger la línea y el receptor frente a derivaciones de corriente a tierra, evitando posibles contactos indirectos. El valor de 25 A es adecuado, ya que es superior a la corriente nominal del magnetotérmico y garantiza una protección adecuada. Además, se instalará un relé térmico para proteger el circuito de sobrecargas.

Bomba fertirriego

$$I_B \leq I_n \leq I_z = 0,95 \leq I_n \leq 30$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z = 1,6 \times I_n \leq 1,45 \times 30; I_n \leq 27,18$$

El sistema de protección, para que cumpla con las dos condiciones, será de 10 A. Se escoge un interruptor magnetotérmico tripolar de 10 A (Figura 37).



Figura 37. Interruptor magnetotérmico tripolar de 10 A. Fuente: Schneider Electric.

Después del interruptor magnetotérmico se colocará un interruptor diferencial de 25 A – 30 mA para proteger la línea y el receptor frente a derivaciones de corriente a tierra, evitando posibles contactos indirectos. Además, se instalará un relé térmico para proteger el circuito de sobrecargas.

4.2. Sistema fotovoltaico 2

El segundo sistema fotovoltaico hará funcionar las luminarias, el programador de riego y las tomas de corriente. Los elementos que compondrán este primer sistema fotovoltaico son:

- Placas solares: Son dispositivos que convierten la energía solar en electricidad en forma de corriente continua. Están compuestas por células fotovoltaicas que generan electricidad al recibir luz solar. Su producción depende de la radiación solar y la orientación.
- Baterías: Se utilizan para almacenar la energía generada por las placas solares durante el día para poder usarla en momentos sin sol (noche o días nublados). En sistemas DC suelen ser baterías de plomo-ácido, AGM, gel o litio.
- Regulador de baterías: Este dispositivo controla el flujo de energía entre los paneles solares y las baterías. Protege las baterías evitando que se sobrecarguen o se descarguen en exceso. Puede ser de tipo PWM (más simple) o MPPT (más eficiente).
- Inversor: Convierte la corriente continua (DC) de los paneles solares o baterías en corriente alterna (AC) utilizable para alimentar equipos eléctricos.
- Cableado: Conecta todos los componentes entre sí. Debe ser adecuado para corriente continua o alterna, con una sección suficiente para evitar caídas de tensión y pérdidas de energía.
- Luminarias: Dos elementos que ya vienen instalados en la caseta de riego prefabricada, que sirven para iluminar la caseta en horas nocturnas o de poca visibilidad.
- Programador de riego: Dispositivo que se utiliza para realizar programas de riego y controlar todos los parámetros para configurar riegos en la plantación. Posible conexión mediante el móvil.
- Tomas de corriente: Dispositivos que permiten conectar aparatos eléctricos a la red para recibir energía.
- Sistemas de protección: Aquellos elementos que sirven para proteger el sistema de sobrecorrientes o cortocircuitos.

- Circuito de reserva: Es una salida especial del inversor que se activa únicamente cuando hay suficiente energía solar o de baterías, y que sirve para alimentar cargas prioritarias de forma independiente, asegurando el suministro eléctrico a los equipos más importantes, aunque el resto de la instalación quede sin servicio.

4.2.1. Corriente continua

BATERÍAS

El objetivo principal de esta batería será dar suministro eléctrico a los dos focos de 16 W que se encuentran ya montados en la caseta de riego. Para saber que batería utilizar, se debe conocer el tiempo en el que pueden estar los focos funcionando durante el invierno, que es el momento donde hay menos horas de sol. Este tiempo se estima que será de 16 horas:

$$\text{Consumo total} = 2 \text{ focos} \times 16 \text{ W} \times 16 \text{ h} = 512 \text{ Wh}$$

Se considera un rendimiento de las baterías a los receptores del 70%, debido al cableado, al inversor y a otros factores que intervienen:

$$\frac{512 \text{ Wh}}{0,7} = 731,43 \text{ Wh}$$

Se le añade también un extra de energía que debe necesitar por otro tipo de usos como el controlador de riego y las tomas de corriente:

$$731,43 \text{ Wh} \times 1,2 = 877,72 \text{ Wh} \approx 900 \text{ Wh}$$

Esta será la energía necesaria para las baterías al día. Para conseguir esa energía, se utilizarán tres baterías de 12 V de litio en serie, para saber el amperaje que deben tener se realiza la siguiente fórmula:

$$\frac{900 \text{ Wh}}{36 \text{ V}} = 25 \text{ Ah}$$

Por lo tanto, se instalarán 3 baterías de litio de 12 V y 25 Ah en serie, las cuales proporcionarán una energía de 900 Wh. En la Figura 38 se muestra una imagen de las baterías a utilizar.



Figura 38. Batería de litio de 12 V, 25 Ah. Fuente: NS Motorsport.

Las baterías se encontrarán cubiertas por un cajón de PE para su protección y seguridad.

PLACAS SOLARES

Se utilizarán las mismas placas solares que para el primer sistema fotovoltaico, es decir, placas de 550 W. Para saber cuántas placas se necesitan saber las horas de sol al día en el mes más desfavorable, en la Tabla 27 se muestran las horas de sol al día de la estación meteorológica de Villarrubia de Santiago (Toledo) en un período de 24 años (2000-2024).

Tabla 27. Horas de sol al día de la zona. Fuente: SIAR, elaboración propia.

MES	Radiación (MJ/m ²)	HSP
Enero	7,3	2,03
Febrero	11,0	3,06
Marzo	15,1	4,21
Abril	20,1	5,58
Mayo	24,3	6,75
Junio	27,2	7,57
Julio	28,5	7,92
Agosto	24,7	6,87
Septiembre	19,0	5,27
Octubre	12,6	3,50
Noviembre	8,1	2,25
Diciembre	6,2	1,72
TOTAL	204,1	56,71

Como se puede observar, el mes en el cual hay menores horas de luz del sol al día es en diciembre con 1,72 HSP. Las placas solares proporcionan 550 W, por lo que en el mes de diciembre se conseguirá una potencia:

$$1,72 \text{ HSP} \times 550 \text{ W} = 946 \text{ Wh/día}$$

Considerando un rendimiento del 85% debido a pérdidas por el cableado y otros factores entre las placas y las baterías:

$$946 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times 0,85 = 804,1 \approx 800 \text{ Wh/día}$$

En el mes con menor número de horas de sol (diciembre), cada placa solar puede generar aproximadamente 800 Wh diarios, por lo que, para alcanzar una producción energética total de 1600 Wh/día, se instalarán dos paneles solares conectados en paralelo. Esta configuración mantiene la tensión de trabajo en torno a 42 V, pero duplica la corriente disponible, asegurando así la carga adecuada del banco de baterías de 36 V incluso en condiciones desfavorables. Los paneles se ubicarán sobre la cubierta de la caseta de riego, con orientación Sur e inclinación de 30°, que es la óptima para la latitud del emplazamiento. La disposición de las placas en paralelos se puede observar en la Figura 39.

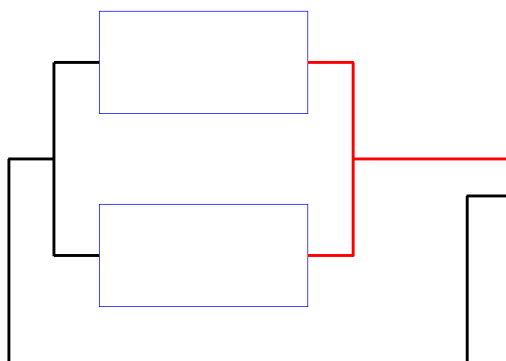


Figura 39. Esquema de las placas en paralelo. Elaboración propia.

REGULADOR E INVERSOR

Se ha seleccionado un inversor híbrido de 1200 W y 36 V (Figura 40), equipado con regulador MPPT integrado, para la gestión completa del sistema de electrificación del proyecto. Este equipo es capaz de gestionar la energía procedente de los paneles solares y de las baterías, priorizando el uso directo de energía solar durante las horas de radiación y recurriendo a las baterías únicamente cuando es necesario. Sus características son las siguientes:

- Tipo: Inversor híbrido aislado (off-grid).
- Tensión de entrada de baterías: 36 V DC.
- Tensión nominal de salida: 230 V AC, 50 Hz.
- Potencia nominal: 1200 W (potencia continua).
- Potencia pico: ≥ 2000 W (para arranque de cargas inductivas).
- Tipo de onda: Senoidal pura (compatible con equipos electrónicos sensibles).
- Regulador solar integrado: MPPT (Maximum Power Point Tracking).
- Rango de tensión de entrada fotovoltaica (V_{mp}): Compatible con paneles conectados en paralelo (~ 42 V).
- Protecciones: Contra sobrecarga, cortocircuito y sobretensión, protección frente a descarga profunda de baterías y protección por inversión de polaridad.
- Eficiencia del inversor: $>90\%$.
- Pantalla LCD: Para monitorización de estado, carga, potencia y alarmas.



Figura 40. Inversor híbrido con regulador MPPT integrado. Fuente: Amazon.

Se ha escogido un regulador MPPT (Maximum Power Point Tracking) frente a otras opciones como el PWM debido a su mayor eficiencia y capacidad de adaptación. Este tipo de regulador permite aprovechar al máximo la energía generada por los paneles solares, ajustando automáticamente la tensión y corriente de trabajo para extraer siempre la potencia óptima.

A diferencia del PWM, el MPPT puede trabajar con paneles de mayor tensión que la del banco de baterías, lo que permite mayor flexibilidad de diseño y un mejor rendimiento en condiciones de baja irradiación. Además, protege las baterías contra sobrecarga y gestiona la carga de forma inteligente y segura.

CABLEADO

Se realizará el mismo procedimiento que para el cableado de los paneles. Se deben calcular dos cables, el que va de las placas solares a las baterías, y el que va de las baterías al inversor.

Los cables tendrán un sistema de conducción tipo B1, en canal a pared o suspendido dentro de caseta, con aislamiento de XPLE para dos conductores.

Criterio de caída de tensión

Los resultados se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Secciones de los cables DC en el segundo sistema fotovoltaico por criterio de caída de tensión. Elaboración propia.

CABLES	Longitud (m)	Pc (W)	σ ($\Omega \cdot \text{mm}^2$)	U (V)	ΔU (V)	S (mm^2)	S normalizada (mm^2)
Placa-inversor	2,74	1100	51,5	42	0,63	4,42	6
Batería- inversor	0,41	900		36	0,54	0,74	1,5

Según el criterio de caída de tensión, el cable placa-inversor debe tener una sección de 6 mm^2 y el cable batería-inversor debe tener una sección de 1,5 mm^2 .

Criterio térmico

Según el criterio térmico el cableado debe estar dimensionado para un 25% más de intensidad. Para saber la intensidad máxima que circula por el cableado batería-inversor se debe tener en cuenta la potencia demandada por el inversor:

$$I (\text{batería} - \text{inversor}) = \frac{1200 \text{ W}}{36 \text{ V}} = 33,34 \text{ A}$$

Los resultados se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29. Sección de los cables DC en el segundo sistema fotovoltaico por criterio térmico. Elaboración propia.

CABLES	I (A)	I x 25% (A)	S normalizada (mm^2)
Placa-inversor	28	35	4
Batería- inversor	33,34	41,675	6

Teniendo como referencia la Tabla 25, según el criterio térmico, el cable placa-inversor debe tener una sección de 4 mm², mientras que el cable batería-inversor debe tener una sección de 6 mm².

Sección final

La sección más desfavorable es la mencionada en ambos criterios, es decir, una sección de 6 mm², la cual se considerará para todo el cableado de este sistema eléctrico para una mejor instalación. La comprobación de la caída de tensión para estos cables se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30. Comprobación de caídas de tensión de los cables DC del segundo sistema fotovoltaico. Elaboración propia.

CABLES	Longitud (m)	Pc (W)	σ ($\Omega \cdot \text{mm}^2$)	U (V)	S (mm ²)	ΔU (V)
Placa-inversor	2,74	1100	51,5	42	6	0,46
Batería- inversor	0,41	900		36		0,07

La caída de tensión con este cableado no supera el 1,5%, entonces estas secciones de cable son válidas.

FUSIBLES

Placas-inversor

A pesar de que el regulador MPPT presenta sus propios sistemas de protección contra sobrecorrientes, se debe de instalar además un fusible de protección según el fabricante del regulador. Se tienen que cumplir los dos criterios que se mencionaron anteriormente para los sistemas de protección:

$$I_B \leq I_n \leq I_z = 35 \leq I_n \leq 49$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z = 1,6 \times I_n \leq 1,45 \times 49; I_n \leq 44,41$$

Se instalará un fusible DC tipo MC4 de 40 A. No se instalará fusible en el conductor negativo, ya que en instalaciones de corriente continua aisladas de baja potencia es suficiente con proteger únicamente el polo positivo. Colocar un fusible en el negativo no aporta mayor seguridad y, en caso de que solo uno de los dos fusibles actúe, podría dejar parte del sistema en tensión, generando un riesgo adicional. En la Figura 41.



Figura 41. Fusible MC4 de 40 A. Fuente: Slocable.

Baterías-inversor

Será también necesaria la instalación de un sistema de protección para el cable que va de la batería al inversor. Se deben cumplir los criterios que se mencionaron para la elección de los fusibles de las placas solares.

$$I_B \leq I_n \leq I_z = 41,67 \leq I_n \leq 49$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z = 1,6 \times I_n \leq 1,45 \times 49; I_n \leq 44,41$$

Se incorporará un fusible de 45 A el cual no cumple con la segunda condición, pero es el fusible comercial que más se aproxima a las condiciones anteriores. El fusible es tipo ANL para DC, Figura 42.



Figura 42. Fusible ANL de 45 A. Fuente: repuestosmarinos.

Se colocará en el cable positivo ya que es el conductor activo, y es suficiente proteger un solo polo para interrumpir el circuito en caso de fallo. Colocar otro en el negativo no aporta seguridad adicional y puede incluso complicar la detección de fallos.

4.2.2. Corriente alterna

CABLEADO

Para este circuito se cuentan con cables que van del inversor al controlador de riego, a las luminarias y a las dos tomas de corriente que hay en la caseta. La instalación de corriente alterna debe cumplir con los mismos condicionantes que el de corriente continua.

Se utilizará cable mediante sistema de conducción tipo B2, entubado empotrado en pared de la caseta, con sistema de asilamiento de XPLE para dos conductores.

El cableado de corriente alterna del segundo sistema fotovoltaico tendrá una sección de 1,5 mm², ya que la potencia total de los receptores es muy baja (luminarias, programador de riego y tomas de corriente). Además, las distancias entre el inversor y los receptores son muy reducidas, lo que minimiza aún más las posibles caídas de tensión. Por ello, una sección de 1,5 mm² cumplirá holgadamente con los criterios térmicos y de caída de tensión establecidos por la normativa UNE-HD 60364-5-52 y el REBT.

SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Se instalará un interruptor magnetotérmico a la salida del inversor, como protección general del circuito de corriente alterna. Adicionalmente, se colocarán interruptores magnetotérmicos en cada una de las líneas de salida hacia los receptores, con el fin de proteger cada circuito de forma independiente frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Primer interruptor

La corriente máxima prevista para el primer interruptor es:

$$I = \frac{1200 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 5,22 \text{ A}$$

El primer interruptor magnetotérmico, debe cumplir con los dos requisitos:

$$I_B \leq I_n \leq I_z = 5,22 \leq I_n \leq 17,5$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z = 1,6 \times I_n \leq 1,45 \times 17,5; I_n \leq 15,86$$

Se instalará un interruptor magnetotérmico será bipolar de 10 A (Figura 43).



Figura 43. Interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A. Fuente: LEROYMERLIN.

Después del interruptor magnetotérmico se colocará un interruptor diferencial de 25 A – 30 mA para proteger la línea y el receptor frente a derivaciones de corriente a tierra, evitando posibles contactos indirectos.

Segundos interruptores

Las tomas de corriente son las que suponen una mayor corriente prevista, suponiendo un gasto de 300 W:

$$I = \frac{300 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 1,3 \text{ A}$$

Los segundos interruptores magnetotérmicos, deben cumplir con los dos requisitos:

$$I_B \leq I_n \leq I_z = 1,3 \leq I_n \leq 17,5$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z = 1,6 \times I_n \leq 1,45 \times 17,5; I_n \leq 15,86$$

Se instalarán 6 interruptores magnetotérmicos bipolares de 6 A en cada línea que va a los receptores (Figura 44).



Figura 44. Interruptor magnetotérmico bipolar de 6A. Fuente: LEROYMERLIN.

4.3. Sistema eléctrico del programador

En la caseta de riego se encontrarán diversos elementos los cuales tienen que ir conectados al programador de riego. Entre ellos se encuentran las electroválvulas de los sectores y del fertirriego, los transductores de presión, las bombas y el caudalímetro.

El sistema de conducción del cableado de estos elementos será tipo B2, entubado empotrado en pared térmicamente aislante, con aislamiento XPLE para dos conductores. Al tener todos ellos muy poca longitud de cable se considerarán todos ellos con una sección de 1,5 mm² de cable, a excepción de las electroválvulas de cada sector.

Ya se sabe que las electroválvulas que darán paso al agua en cada sector se encuentran situadas en arquetas en cada subunidad de riego. Por lo tanto, se deben conocer las características que deben tener los componentes eléctricos de cada electroválvula al tener una distancia elevada del programador de riego.

El tipo de conducción para estos cables será D2 (Figura 45), cable dentro de tubo enterrado, con aislamiento XPLE, con protección UV y humedad, para dos conductores.

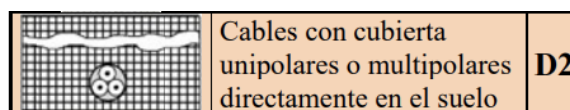


Figura 45. Sistema de conducción tipo D2. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.

CABLEADO

Criterio de caída de tensión

En este caso la caída de tensión máxima para los cables que van a las electroválvulas es del 5% de la tensión de la línea. En la Tabla 34 se muestran los resultados.

Tabla 31. Secciones de los cables de las electroválvulas por criterio de caída de tensión. Elaboración propia.

CABLES	Longitud (m)	Pc (W)	σ ($\Omega \cdot \text{mm}^2$)	U (V)	ΔU (V)	S (mm ²)	S normalizada (mm ²)
Sector 1	132,81	9	51,5	24	1,2	1,61	2,5
Sector 2	70,07					0,85	1,5
Sector 3	203,96					2,48	4

Según el criterio de caída de tensión, la electroválvula del primer sector tendrá una sección de 2,5 mm², la del segundo sector de 1,5 mm² y la del tercer sector de 4 mm².

Criterio de térmico

Según el criterio térmico el cableado debe estar dimensionado para un 25% más de intensidad máxima de las electroválvulas. Los resultados se muestran en la Tabla 35.

Tabla 32. Sección de los cables de las electroválvulas por criterio térmico. Elaboración propia.

CABLES	I (A)	I x 25% (A)	S normalizada (mm ²)
Sector 1	0,37	0,4625	1,5
Sector 2			1,5
Sector 3			1,5

Según el criterio térmico, todos los cables deben de tener una sección de 1,5 mm². En la Tabla 36 se muestran las secciones de los cables según intensidades para la conducción D2.

Tabla 33. Secciones de cable para electroválvulas según intensidades. Fuente: UNE-HD_60364-5-52: 2014.

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
1							
Cobre	2	3	4	5	6	7	22
1,5							
2,5	19,5	18,5	24	23	27	29	28
4	26	25	32	30	36	37	38
6	34	32	41	38	46	46	48
10	46	43	57	52	63	60	64
16	61	57	76	69	85	78	83
25	80	75	101	90	112	99	110
35	99	92	125	111	138	119	132
50	119	110	151	133	168	140	156
70	151	139	192	168	213	173	192
95	182	167	232	201	258	204	230
120	210	192	269	232	299	231	261
150	240	219	300	258	344	261	293
185	273	248	341	294	392	292	331
240	321	291	400	344	461	336	382
300	367	334	458	394	530	379	427

Sección final

En este caso, se puede observar que el criterio más desfavorable para el cableado que va del programador a las electroválvulas es el de caída de tensión, por lo que se sigue este criterio para el dimensionamiento de los cables. Para unificar y que sea más sencilla la instalación se pondrán para las tres electroválvulas el mismo cable, es decir, el que tiene

una sección mayor la cual es de 4 mm². La comprobación de la caída de tensión para estos dos cables se muestra en la Tabla 37.

Tabla 34. Comprobación de caídas de tensión de los cables de las electroválvulas. Elaboración propia.

CABLES	Longitud (m)	Pc (W)	σ (Ω .mm ²)	U (V)	S (mm ²)	ΔU (V)
Sector 1	132,81	9	51,5	24	4	0,48
Sector 2	70,07					0,26
Sector 3	203,96					0,74

La caída de tensión con este cableado no supera el 5%, máximo permitido para las electroválvulas, lo que muestra que estas secciones de cable son válidas.

El programador de riego Agrónic 2500 está alimentado por una fuente de 12 V CC, procedente del sistema fotovoltaico de apoyo, y está equipado con salidas configuradas para operar electroválvulas a 24 V CA, lo que garantiza la compatibilidad directa con los solenoides utilizados en la instalación. Gracias a esta configuración, no es necesario incorporar un transformador externo para la alimentación de las electroválvulas, ya que el propio equipo está diseñado para suministrar la tensión de salida adecuada.

4.4. Cuadro eléctrico

La instalación del cuadro eléctrico tiene como finalidad centralizar todos los elementos de protección, distribución y control de la instalación eléctrica del sistema fotovoltaico aislado destinado al riego automatizado. Este cuadro garantiza la seguridad eléctrica, facilita el mantenimiento de la instalación y permite una gestión eficiente de los distintos componentes conectados al sistema, tanto en corriente continua (DC) como en corriente alterna (AC).

El tipo de cuadro a instalar será un cuadro eléctrico mural estanco de superficie (Figura 46), fabricado en poliéster reforzado o material plástico resistente a ambientes exteriores, con grado de protección mínimo IP65. Estará equipado con placa metálica de montaje interior, entradas estancas para los conductores y espacio suficiente para la fijación de todos los dispositivos necesarios. Se montará en el interior de la caseta de riego, fijado en pared, en posición fácilmente accesible para labores de supervisión y mantenimiento.



Figura 46. Armario eléctrico. Fuente: ide.

En su interior se instalarán los siguientes elementos:

Elementos en corriente continua (DC):

- Sistema fotovoltaico 1:
 - Variador de frecuencia bomba sondeo.
 - Variador de frecuencia bomba fertirriego.
 - 10 fusibles tipo MC4 de 20 A.
 - Cableado entre placas fotovoltaicas y variadores de frecuencia solares.
- Sistema fotovoltaico 2:
 - Inversor híbrido con regulador MPPT integrado.
 - Fusible tipo MC4 de 40 A.
 - Fusible tipo ANL de 45 A.
 - Cableado entre paneles, baterías e inversor.

Elementos en corriente alterna (AC):

- Sistema fotovoltaico 1:
 - Interruptor magnetotérmico tripolar de 20 A.
 - Interruptor magnetotérmico tripolar de 10 A.
 - Relés térmicos de protección frente a sobrecarga.
 - Interruptores diferenciales de 25 A – 30 mA.
- Sistema fotovoltaico 2:
 - Interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A.
 - Interruptor diferencial de 25 A – 30 mA.
 - 6 interruptores magnetotérmicos bipolares de 6 A.

Control y automatización:

- Programador de riego Agrónic 2500.

Conexiones a:

- Electroválvulas del sistema de riego.
- Electroválvulas del sistema de fertirrigación.
- Sensor de presión y caudalímetro.

5. BIBLIOGRAFÍA

Advanced SYSTEMS. (2025). *Advanced SYSTEMS*. Obtenido de Advanced SYSTEMS: <https://asb-drives.eu/equipment/freq/inv/gd100-pv/13311/>

Amazon. (24 de octubre de 2024). *Amazon*. Obtenido de Amazon: <https://www.amazon.es/Inversor-Sinusoidal-Inteligente-Exteriores-GPRS-1200W-36V-220V/dp/B0DKS65SFP?th=1>

AQUAENERGY. (2025). *AQUAENERGY*. Obtenido de AQUAENERGY: <https://aquaenergy.es/categoria-producto/depositos/>

AutoSolar. (2025). *AutoSolar*. Obtenido de AutoSolar: <https://autosolar.pe/bombas-sumergibles-380v-trifasica/bomba-sumergible-pedrollo-6sr120g-10hp->



trifasica?srsId=AfmBOop4-
rMBY_vxIG_zOs8UzfKyldHt76IFLnGEZHfeUZTocy-NhsVr

- AZUD. (2023). *AZUD*. Obtenido de AZUD: <https://azud.com/productos/filtracion/dripalia>.
- dripalia. (2023). *dripalia*. Obtenido de dripalia: <https://dripalia.com/es/goteros-autocompensantes/1206-flowdripac16e141150r400.html>
- Filters itm. (2021). *Filters itm*. Obtenido de Filters itm: <https://itmfilters.com/producto/separador-hidrociclon-hid/>
- FuenteJardín. (2025). *FuenteJardín*. Obtenido de FuenteJardín: <https://www.fuentejardin.com/filtros-semi-automaticos-de-malla/3540-filtro-semi-automatico-de-malla-2-f6400.html>
- GENEBRE. (2025). *GENEBRE*. Obtenido de GENE BRE: <https://www.genebre.es/3029-valvula-esfera?reference=3029%2002>
- Gijón López, M., Pérez-López, D., Guerrero Villseñor, J., Couceiro López, J., & Moriana Elvira, A. (s.f.). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)*. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA): https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_2010_930_458_462.pdf
- González, M. (agosto de 23 de 2011). *La Guía*. Obtenido de La Guía: <https://fisica.laguia2000.com/complementos-matematicos/diagrama-de-moody>
- IDE ELECTRIC. (2025). *IDE*. Obtenido de IDE: https://ide.es/esp/productos/armarios-murales/armarios-de-fijacion-mural-ip66-en-acero-laminado/ref_GNT604020
- ITC. (2025). *ITC*. Obtenido de ITC: <https://www.itc.es/es/products/dostec-40/#descripcion-general>
- LEROYMERLIN. (2025). *LEROYMERLIN*. Obtenido de LEROYMERLIN: <https://www.leroymerlin.es/productos/interruptor-magnetotermico-bipolar-tosun-de-6a-con-2-modulos-6ka-89791199.html>
- MUNDORIEGO. (2025). *MUNDORIEGO*. Obtenido de MUNDORIEGO: <https://mundoriego.es/producto/valvula-retencion-pvc-63mm-muelle/>
- novelec. (2025). *novelec*. Obtenido de novelec: https://www.gruponovelec.com/p/leg_603055
- NS MOTORSPORT. (2025). *NS MOTORSPORT*. Obtenido de NS MOTORSPORT: <https://www.nsmotorsport.es/es/baterias/11006-bateria-litio-29ah.html>
- Perfecta technologies. (2024). *Perfecta technologies*. Obtenido de Perfecta technologies: <https://p-tec.es/producto/transmisor-de-presion-para-riego-serie-aquapro/>
- PROGRÉS. (2025). *PROGRÉS*. Obtenido de PROGRÉS: <https://www.progres.es/es/agronic2500>



- Recio Maíllo, L. (10 de septiembre de 2019). *Prysmian Club*. Obtenido de Prysmian Club: <https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-5-kw-para-autoconsumo/>
- repuestosmarinos. (2013). *repuestosmarinos*. Obtenido de repuestosmarinos: <https://repuestosmarinos.es/es/fusibles/9017-fusible-anl-50a-632085051228.html>
- Schneider Electric. (2025). *Schneider Electric*. Obtenido de Schneider Electric: <https://www.se.com/es/es/product/A9F79310/interruptor-magnetot%C3%A9rmico-acti9-ic60n-3p-10-a-curva-c-6000-a-10-ka/>
- SEMPERE SOLUTIONS. (2025). *SEMPERE SOLUTIONS*. Obtenido de SEMPERE SOLUTIONS: <https://www.semperesolutions.com/fusible-solar-en-linea-conector-mc4>
- Slocable. (2025). *Slocable*. Obtenido de Slocable: <https://www.slocable.com.cn/factory-best-selling-4mm2-40a-connector-mc4-fuse-connector-slocable.html>
- Urbanres CONTENEDORES. (2024). *Urbanres CONTENEDORES*. Obtenido de Urbanres CONTENEDORES: https://urbanrescontenedores.es/contenedores-modificados/26-unidad-de-stock-63-metros-con-ventanas-lado-largo-izquierdo-ral-7016.html?gad_source=1&gbraid=0AAAAA-tCthqx92Z5q_Gpjx25QLW7cA2XN&gclid=Cj0KCQjw2ZfABhDBARIsAHFTxGwhmMZq00r8cTX1kTC_5GmtOPVnxnn2gLH8
- VEICHI. (2021). *VEICHI*. Obtenido de VEICHI: <https://es.veichi.com/product/si30-synchronous-solar-pump-inverter.html>

ANEJO V:
PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN



ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	AÑO -1	1
3.	AÑO 0	1
3.1.	Subsolado	1
3.2.	Abonado orgánico.....	1
4.	AÑO 1	1
4.1.	Entrega de plantas.....	1
4.2.	Instalación del riego.....	2
4.3.	Plantación	2
4.4.	Riego de plantación	2
5.	AÑO 2 - 6	2
5.1.	Reposición de marras.....	2
5.2.	Poda de formación	3
5.3.	Fertilización	3
5.4.	Mantenimiento de la cubierta vegetal.....	3
5.5.	Riego.....	3
5.6.	Control de plagas y enfermedades	3
6.	AÑO 7 - FINAL DE VIDA ÚTIL	3
6.1.	Poda de producción	3
6.2.	Fertilización	3
6.3.	Mantenimiento de la cubierta vegetal.....	4
6.4.	Riego.....	4
6.5.	Control de plagas y enfermedades	4
7.	BIBLIOGRAFÍA	6

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Calendario de operaciones. Elaboración propia.	5



1. INTRODUCCIÓN

Una vez se ha descrito la preparación, la ejecución y el mantenimiento del proyecto, se tiene que llevar a cabo un calendario el cual indique de manera aproximada cuando se han de realizar todas estas actividades que aparecen descritas en el Anejo III.

El objetivo de este anejo es facilitar al promotor y al agricultor el tiempo en el que han de ejecutar las diferentes actividades encomendadas, así como elaborar un calendario resumido y visual para que sea más fácil comprender cuándo se ejecutan las labores en campo.

2. AÑO -1

Lo primero de todo es encargar las plantas a un vivero certificado, el cual asegure que el material vegetal injertado se encuentre en buenas condiciones con garantías de que la mayor parte de plantas, con los cuidados precisos, salgan adelante. El encargo de plantas debe hacerse un año antes de la plantación al estar ya injertadas y a raíz desnuda.

3. AÑO 0

Antes de plantar, se deben realizar una serie de acciones que permitan estar preparados para comenzar con el proyecto.

3.1. Subsulado

La labor del subsulado tiene como objetivo descompactar y airear el terreno, preparándolo así para el establecimiento de las plantas en el suelo. Esta labor se debe realizar con suficiente antelación a la plantación, entre dos y cinco meses antes, recomendado hacerlo cuando el terreno esté seco para facilitar la rotura real y evitar apelmazamientos.

3.2. Abonado orgánico

Al tener unos valores bajos de materia orgánica en el suelo, se opta por realizar un abono orgánico mediante estiércol compostado de oveja para subir estos niveles y que la planta se adapte mejor al suelo cuando se plante. El momento en el cual se realizará esta actividad será tras el subsulado, cuando el terreno esté en tempero. Inmediatamente después se dará un pase de gradas para enterrar superficialmente el abono en el terreno.

4. AÑO 1

4.1. Entrega de plantas

En el momento antes de la plantación deben llegar las plantas para proceder a plantarlas. Las condiciones que hay en los viveros son mucho mejores que las condiciones de nave del agricultor, por lo que habrá que esperarse al último momento para tener las plantas.

Cuando lleguen las plantas se debe asegurar que sean de calidad, que estén sanas y que sean legalmente comerciables. Para ello, hay que asegurarse de que el vivero esté inscrito en el Registro de Productores, Comerciantes e Importadores Vegetales.

Además, cada lote de plantas debe contener un pasaporte fitosanitario que confirme que las plantas están libres de plagas y enfermedades, que el vivero ha sido inspeccionado por el servicio de sanidad vegetal, y el material vegetal cumple con los requisitos fitosanitarios comunitarios.

Por último, las plantas deben tener una etiqueta o certificado varietal que asegure la variedad de pistacho entregada y el portainjerto, y una factura o albarán de entrega con detalle técnico, donde consten todos los detalles del pedido de plantas.

4.2. Instalación del riego

Se instalará la red principal de riego enterrada en invierno, dejando preparados los portarramales. Para facilitar el trabajo, se dejan las tuberías portagoteros para después de que se haya realizado la plantación y del riego del riego post-plantación.

4.3. Plantación

Tras todos los procesos anteriores, cuando pasan las heladas invernales, con temperaturas de entre 10 y 15 °, es decir, entre los meses de marzo y abril, se procederá a la plantación de los pistacheros. Esto es debido a que la planta a raíz desnuda solo puede manipularse cuando está en reposo sin hojas ni brotes, además las plantas no sufren tanto estrés al ser trasplantadas y, si se plantan temprano, tendrán más tiempo de adaptarse antes de la llegada de la actividad vegetativa en primavera.

Cuando se lleve a cabo la plantación, hay que evitar los suelos encharcados, los días con heladas intensas y la brotación prematura. Como ya se explicó en el Anejo III, mientras se realiza la plantación se irán ubicando los tutores y los protectores en cada planta.

4.4. Riego de plantación

Es una actividad bastante importante para favorecer el contacto de la raíz con el suelo y eliminar las bolsas de aire. Se debe realizar hasta 48 horas después de la plantación y previo al riego, hay que realizar alcorques en cada árbol.

5. AÑO 2 - 6

Se comprenden las actividades que se deben realizar en la etapa joven de la plantación.

5.1. Reposición de marras

Al año siguiente, entre finales de invierno y principios de primavera, cuando hayan pasado los riesgos fuertes de heladas y todavía no haya empezado la brotación activa, se procederá a la reposición de aquellas plantas que no hayan podido adaptarse y hayan muerto tras la plantación.



5.2. Poda de formación

Se comenzará a realizar la poda de formación ya en el primer año después de la plantación. El árbol debe haber desarrollado su eje central lo suficiente como para poder trabajar, si no es así, se dejará otro año. Se realiza en invierno cuando ya hayan pasado los riesgos de heladas.

5.3. Fertilización

En las etapas de brotación, crecimiento vegetativo y post-verano, se aplicarán diferentes abonos nutricionales que demande la planta, dependiendo de su estado fenológico, vía riego o foliar.

5.4. Mantenimiento de la cubierta vegetal

Ya en el primero año tras la plantación, al tener un marco de plantación de 7 x 7 m, que es lo suficientemente grande para que la planta no tenga competencia, se podrá dejar emerger la vegetación adventicia para formar la cubierta vegetal. Hay que tener en cuenta de hacer un control de las hierbas mediante las tres siegas anuales mencionadas en el Anejo III y el control en línea de plantación mediante herbicidas, el cual debe ser muy controlado en los primeros años debido a la gran susceptibilidad de los árboles jóvenes.

5.5. Riego

Como se mencionó, en el Anejo IV, los riegos comenzarán en abril hasta septiembre, dependiendo de la demanda del árbol. Hay que tener en cuenta que la demanda en estado joven es menor que en fase adulta.

5.6. Control de plagas y enfermedades

Se realizará un monitoreo de las posibles plagas y enfermedades, vigilando los síntomas posibles que puedan aparecer. Si se observan indicios de cualquier patógeno, se aplicarán controles fitosanitarios, siguiendo las pautas de los fabricantes de los productos.

6. AÑO 7 - FINAL DE VIDA ÚTIL

A partir del séptimo año se estima que el árbol entre en producción y, por tanto, en su etapa adulta. Estas labores se realizarán todos los años hasta el final de la vida útil del árbol.

6.1. Poda de producción

A partir del séptimo año, se comenzará a realizar la poda de producción correspondiente, la cual tendrá como objetivo dar una mayor sanidad al árbol y conseguir producciones altas.

6.2. Fertilización

Se realizarán aportes de materia orgánica mediante aplicaciones de estiércol cada dos años para mantener los niveles de materia orgánica estables y adecuados. La fertilización mineral será la misma que para la etapa joven, pero teniendo en cuenta las fases de



floración, cuajado y desarrollo del fruto, considerando un aumento en los niveles de demanda por parte de la planta.

6.3. Mantenimiento de la cubierta vegetal

Se realizará el mismo mantenimiento mencionado anteriormente.

6.4. Riego

El riego se verá modificando, aplicando una mayor cantidad de agua, ya que el árbol en fase adulta presenta mayores necesidades hídricas por su mayor estructura vegetal y la formación de frutos.

6.5. Control de plagas y enfermedades

Se aplicarán los mismos criterios mencionados en el apartado anterior.



Tabla 1. Calendario de operaciones. Elaboración propia.

AÑO	ACTIVIDADES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	Subsolado												
	Fertilización orgánica												
1	Entrega de plantas												
	Plantación												
	Riego post-plantación												
	Instalación del riego												
	Riego												
2-6	Reposición de marras												
	Poda de formación												
	Fertilización												
	Siegas												
	Herbicida en línea												
	Riego												
	Control de plagas y enfermedades												
7-FINAL	Poda de producción												
	Fertilización												
	Siegas												
	Herbicida en línea												
	Riego												
	Control de plagas y enfermedades												



7. BIBLIOGRAFÍA

Couceiro López, J., Guerrero Villaseñor, J., Gijón López, M., Moriana Elvira, A., Pérez López, D., & Rodríguez de Francisco, M. (2017). *EL CULTIVO DEL PISTACHO*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

ANEJO VI:
JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS DEL
PRESUPUESTO DEL PROYECTO



ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MANO DE OBRA	1
3.	MAQUINARIA	2
4.	MATERIALES	3
5.	PRECIOS AUXILIARES	8
6.	JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS	10
7.	BIBLIOGRAFÍA	20



1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto justificar y desglosar los precios unitarios que conforman el presupuesto del proyecto. Esta justificación se realiza con el fin de proporcionar una base técnica y económica coherente con las características de la obra, detallando los costes asociados a la mano de obra, maquinaria, materiales y precios auxiliares.

La metodología empleada para la determinación de los precios se fundamenta en valores de mercado actualizados, bases de datos de referencia sectoriales (como la Base de Precios de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha), y el análisis detallado de rendimientos y recursos necesarios. Asimismo, se han considerado los costes indirectos y medios auxiliares requeridos para la ejecución de cada unidad de obra.

Este anejo permite garantizar la viabilidad económica del proyecto, aportando transparencia y rigor técnico en la estimación de costes, elementos esenciales para una planificación eficiente y realista de la actuación proyectada.

2. MANO DE OBRA

En este apartado se recogen y justifican los precios unitarios correspondientes al personal necesario para la ejecución del proyecto. Se especifican los tipos de operarios (oficiales, peones, encargados, etc.), sus funciones, el número de horas previstas y el coste por hora, obteniendo así el coste total por cada categoría.

Cuadro de mano de obra

Página 1

Núm. Código	Denominación de la mano de obra	Precio	Horas	Total
1 MOOC03a	Oficial 1ª construcción.	20,090	2,500 h	50,23
2 MOOI05a	Oficial 1ª electricidad.	19,550	47,650 h	930,73
3 MOOI02a	Oficial 1ª hidráulica/fontanería.	19,450	519,610 h	10.100,81
4 MOOI06a	Ayudante electricidad.	18,590	47,650 h	884,33
5 MOOI03a	Ayudante hidráulica/fontanería.	17,790	519,610 h	9.246,22
6 MOOC06a	Peón ordinario construcción.	17,240	3,001 h	51,74
7 MOOJ02a	Encargado trabajos agrícolas.	5,000	7,105 h	37,62
8 MOOR02a	Encargado de trabajos agrícolas.	5,000	56,349 h	281,76
9 MOOJ04a	Peón agrícola.	2,500	7,105 h	16,72
10 MOOR06a	Peón agrícola.	2,500	75,639 h	195,54
			Total mano de obra:	21.795,70



3. MAQUINARIA

Aquí se detallan los equipos y maquinaria empleados en las distintas fases del proyecto (preparación del terreno, plantación, instalación de sistemas, etc.). Se indican las unidades de maquinaria necesarias, el tiempo estimado de uso (en horas) y el precio por hora de trabajo, con el correspondiente cálculo del total por máquina.

Cuadro de maquinaria

Núm. Código	Denominación de la maquinaria	Precio	Cantidad	Total
1 MATE08a	Camión con grúa de 11 a 25 t.	61,830	1,000 h	61,83
2 MATE07a	Camión con grúa, hasta 10 t.	45,000	4,000 h	180,00
3 MAMR03a	Tractor de neumáticos 131/150 CV.	40,000	44,037 h	1.761,50
4 MAMVb2a	Zanjadora hidráulica de 40 CV.	27,180	1,722 h	45,92
5 MAMR02a	Tractor de neumáticos 71/100 CV con pala.	20,000	4,140 h	82,80
6 MAMV65a	Cuba todo terreno de arrastre por tractor de 3.000 l.	10,240	19,290 h	199,33
7 MAMR65a	Plantadora, apero.	3,990	1,286 h	6,43
8 MAMR30a	Grada de discos de 26 platos, disco de 26 pulgadas, apero, no incluida mano de obra.	3,930	2,761 h	10,85
9 MAMC20a	Compactador pisón vibrador 70 kg.	3,360	1,500 h	5,04
10 MAMC02a	Hormigonera 200 l gasolina.	2,680	0,024 h	0,06
11 MAMC01a	Hormigonera 160 l gasolina.	2,100	0,176 h	0,38
12 MAMR56a	Subsolador fijo de 2 rejonas, apero.	0,770	16,560 h	12,75
			Total maquinaria:	2.366,89

4. MATERIALES

Este bloque incluye todos los materiales que se van a utilizar en la ejecución de la plantación: desde elementos agrícolas como las plantas de pistacho o fertilizantes, hasta componentes técnicos como tubos, electroválvulas, paneles solares, casetas, etc. Cada material se presenta con su código, descripción técnica, unidad de medida, precio unitario y total.

Cuadro de materiales

Página 3

Núm. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
1 CASREG02	Caseta de riego prefabricada tipo contenedor, de dimensiones interiores 6 × 3 × 2,8 m, fabricada en estructura de acero con aislamiento térmico y acústico mediante lana mineral de 60 mm, suelo de panel aglomerado P5 de 22 mm con revestimiento de PVC gris, equipada con dos ventanas, puerta metálica con cerradura, luminarias LED IP65, tomas de corriente y preinstalación eléctrica. Destinada a albergar cabezal de riego, cuadros, programador y sistemas de control. Medida la unidad completamente instalada.	1.840,000	1,000 ud	1.840,00
2 PIDQ10hd	Bomba sumergible para pozo de 8" de diámetro, con grado de protección IP 58, de 7,5 CV de potencia.	1.628,800	1,000 u	1.628,80
3 PIDQ01dda	Suministro e instalación de bomba dosificadora eléctrica de pistón, modelo DOSTEC 40 o similar, con cuerpo en polipropileno, caudal regulable hasta 250 L/h, presión máxima de 8 bar, motor trifásico de 0,37 kW (0,5 CV) a 400 V, protección IP55, apta para inyección de fertilizantes líquidos, incluso anclajes, conexiones hidráulicas y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	1.137,400	1,000 u	1.137,40
4 PIDF17a	Equipo de filtración automático de discos, con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras.	1.098,750	2,000 u	2.197,50
5 VAR01	Variador de frecuencia solar trifásico de 7,5kW, compatible con alimentación en corriente continua (DC) desde campo fotovoltaico, con salida en corriente alterna (AC) para motor de bomba sumergida. Incluye seguidor MPPT, protecciones integradas y carcasa IP65. Modelo VEICHI SI30-PV-7K5G-4.	950,000	1,000 ud	950,00
6 PIDM01bc	Programador electrónico, alimentación AC, de 8 estaciones.	905,000	1,000 u	905,00
7 PIDC09a	Depósito de abono con agitación, de 3.000 l de capacidad.	757,700	1,000 u	757,70
8 INVERS01	Inversor de onda senoidal pura para sistemas aislados, con entrada en corriente continua de 36 V, potencia nominal de 1200 W y salida en 230 V AC. Incorpora regulador solar MPPT compatible con paneles conectados en paralelo ($V_{mp} \sim 42$ V), permitiendo gestionar simultáneamente la carga de baterías y el suministro directo desde los paneles. Incluye protecciones frente a sobrecarga, cortocircuito, baja tensión y temperatura elevada.	544,160	1,000 ud	544,16



9 PIDF01c	Suministro e instalación de hidrociclón separador de arena, modelo HID-2", de acero al carbono, conexión roscada de 2", con caudal de trabajo hasta 24 m ³ /h, presión máxima de servicio 10 bar, sistema de separación por efecto centrífugo, incluyendo purga inferior manual, válvula de entrada y salida, soporte, pintura epoxi y p.p. de medios auxiliares.	286,770	1,000 u	286,77
10 PIDQ35a	Caudalímetro para red de riego agrícola, de cuerpo metálico, con conexión roscada o bridada de 2", apto para medición de caudal instantáneo y volumen acumulado, señal de salida eléctrica para conexión a programador, incluso montaje, conexionado eléctrico, accesorios y p.p. de medios auxiliares.	260,000	1,000 u	260,00
11 PIDC08a	Depósito de abono con agitación, de 500 l de capacidad.	260,000	2,000 u	520,00
12 ARM01	Cuadro eléctrico mural de superficie, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, con grado de protección IP65 y resistencia mecánica IK10, apto para ambientes agrícolas y exteriores. Dimensiones aproximadas 600 × 400 × 200 mm, con puerta opaca, cierre de seguridad, placa metálica interior para fijación de componentes y sistema de ventilación pasiva. Preparado para alojar elementos de protección en corriente continua (fusibles MC4 y ANL), corriente alterna (magnetotérmico y diferencial), inversor, regulador MPPT, programador de riego, regletas de conexión y dispositivos auxiliares.	230,000	1,000 ud	230,00
13 VAR02	Variador de frecuencia compacto de 0,75kW para alimentación directa desde paneles solares (DC), con salida trifásica 380V AC para bomba dosificadora. Incluye seguidor MPPT, protecciones integradas y control de velocidad. Modelo VEICHI SI23-PV-0.75kW.	210,000	1,000 ud	210,00
14 BT01	Batería de litio de 12V y 25Ah, tipo LiFePO ₄ , con sistema BMS integrado para protección contra sobrecarga, sobredescarga, cortocircuito y temperatura. Ciclo de vida superior a 2.000 ciclos al 80% de descarga.	210,000	3,000 ud	630,00
15 PIDC07a	Depósito de abono con agitación, de 300 l de capacidad.	175,000	2,000 u	350,00
16 PIDM22d	Electroválvula de plástico con conexión roscada hembra de 2", solenoide desmontable a bayoneta de 24 V CA, presión máxima de trabajo 10 bar, adecuada para control automático de sectores de riego o aspiración de fertilizantes, incluso p.p. de conexiones y accesorios. Medida la unidad instalada y en funcionamiento.	152,000	8,000 u	1.216,00
17 PAN01	Módulo fotovoltaico monocristalino de 550 Wp, 144 células PERC, 21,3% eficiencia, marco de aluminio anodizado, dimensiones 2279×1134×35 mm, apto para sistemas de bombeo solar.	115,000	32,000 ud	3.680,00
18 PIDF98a	Transmisor de presión para red de riego, con cuerpo de acero inoxidable, rango de medición 0–10 bar, conexión roscada de 1/4", señal de salida analógica 4–20 mA, alimentado a 24 VDC.	110,000	2,000 u	220,00
19 PBGC08a	Cemento CEM II/B-P 32,5N, en sacos.	105,860	0,047 t	4,93
20 PBGC10a	Cemento CEM II/A-V 32,5, en sacos.	105,570	0,058 t	6,12



21 SOP01	Estructura metálica de soporte para paneles solares sobre cubierta plana, con inclinación fija de 30°, fabricada en aluminio o acero galvanizado, apta para 2 módulos de 550 Wp. Incluye herrajes, fijaciones a cubierta y tratamiento anticorrosión. Compatible con instalación en caseta prefabricada.	100,000	2,000 ud	200,00
22 PIAP01abb	Marco cuadrado y tapa, de fundición, tipo acera, para pozos de saneamiento.	98,120	3,000 u	294,36
23 PIDQ18a	Suministro e instalación de colector de aspiración para sistema de fertirrigación, realizado en tubería de PVC de presión de Ø63 mm (2"), con cinco tomas roscadas para conexión de líneas de fertilizantes, y salida hacia bomba dosificadora, incluyendo piezas especiales, válvulas de cierre, juntas y accesorios, completamente montado y en funcionamiento.	70,000	1,000 u	70,00
24 PIDF60b	válvula de retención de bola, con cuerpo de PVC, conexión roscada hembra de 2", presión máxima de trabajo 10 bar, apta para uso agrícola en líneas de riego y fertirrigación, incluyendo p.p. de accesorios de montaje y medios auxiliares. Medida la unidad instalada y en funcionamiento.	60,600	2,000 u	121,20
25 REL01	Relé térmico de protección contra sobrecargas prolongadas en motores trifásicos, con rango de ajuste adecuado a la intensidad nominal de las bombas instaladas. Incorporación en combinación con contactor o magnetotérmico, con rearme manual y automático, contactos auxiliares de señalización y fijación sobre carril DIN. Aplicable a bombas controladas mediante variadores solares en instalaciones aisladas.	31,250	2,000 ud	62,50
26 PIDF94a	Válvula ventosa de 2", triple efecto, plástico.	29,110	2,000 u	58,22
27 DIF01	Interruptor diferencial bipolar de 25A de intensidad nominal y sensibilidad de 30mA, curva AC o A, con capacidad de corte mínimo de 6kA, para protección frente a contactos indirectos en circuitos de baja tensión. Montaje sobre carril DIN en cuadro eléctrico, conexionado y comprobación de funcionamiento incluida.	25,850	3,000 ud	77,55
28 PBAA02bd	Arena lavada de río 0-6, i/transporte a una distancia media de 30 km, medido el volumen sobre camión en obra.	22,760	0,139 m3	3,16
29 MGN01	Interruptor magnetotérmico tripolar de 20A, curva C, poder de corte 6kA, tensión nominal 400V AC, para protección de línea trifásica de la bomba de sondeo. Instalación en carril DIN. Modelo Acti9 iC60N.	20,000	1,000 ud	20,00
30 PTDA02a	Estiércol de oveja compostado.	19,000	159,680 m3	3.033,92
31 PBAA01bd	Arena lavada de río 0-6, i/transporte a una distancia media de 30 km, medido el peso sobre camión en obra.	17,600	0,114 t	2,01
32 PBAA12d	Arena para enfoscados y revocos, i/transporte a una distancia media de 30 km, medido el peso sobre camión en obra.	17,500	0,066 t	1,16
33 MGN02	Interruptor magnetotérmico tripolar de 10A, curva C, poder de corte 6kA, tensión nominal 400V AC, para protección de la bomba de fertirriego. Instalación en carril DIN. Modelo Schneider.	15,000	1,000 ud	15,00



34 PIDF50f	Válvula de corte manual tipo bola, con cuerpo de PVC, conexión roscada hembra de 2", paso total, maneta de accionamiento manual y presión de trabajo hasta 10 bar, apta para redes de riego agrícola, incluyendo accesorios de montaje, sellado y prueba de estanqueidad	14,120	3,000 u	42,36
35 MGN03	Interruptor magnetotérmico bipolar de 6 A, curva C, para protección de líneas en corriente alterna de instalaciones fotovoltaicas aisladas. Tensión nominal 230/400V AC, poder de corte mínimo 6kA, montaje en carril DIN, con doble protección térmica y magnética frente a sobrecargas y cortocircuitos. Apto para uso en cuadros eléctricos con grado de protección IP20 o superior, conforme a norma UNE-EN 60898.	12,000	6,000 ud	72,00
36 PBAG01bb	Garbancillo silíceo rodado y lavado, granulometría 10/20 mm, i/transporte a una distancia media de 10 km, medido el peso sobre camión en obra.	11,780	0,228 t	2,69
37 SPPVS01	Pistacia Vera var.Sirora	10,000	639,000 ud	6.390,00
38 FUS02	Fusible tipo ANL de 45 A para protección en corriente continua de baja tensión en instalaciones fotovoltaicas aisladas. Diseñado para proteger la línea entre el banco de baterías y el inversor. Capacidad de corte adecuada para 12-48 V CC, fabricado en aleación de zinc con terminales perforados para montaje en portafusibles. Compatible con sistemas de energía solar, con alta resistencia térmica y rápida respuesta frente a sobreintensidades.	9,000	1,000 ud	9,00
39 FUS01	Fusible en línea para strings fotovoltaicos, tipo MC4, intensidad nominal 20A, tensión máxima 1.000V DC, curva de actuación rápida, con portafusible integrado IP67 para exteriores. Apto para protección de ramales en instalaciones solares en corriente continua. Modelo Sempere Solutions.	8,000	10,000 ud	80,00
40 FUS03	Fusible en línea para strings fotovoltaicos, tipo MC4, intensidad nominal 40A, tensión máxima 1.000V DC, curva de actuación rápida, con portafusible integrado IP67 para exteriores. Apto para protección de ramales en instalaciones solares en corriente continua. Modelo Sempere Solutions.	7,990	1,000 ud	7,99
41 PIDE05k	Collarín de toma fabricado en polipropileno reforzado con fibra de vidrio, para tubería de PVC de 90 mm de diámetro exterior (PN6), con salida roscada hembra de 2" (50 mm). Incluye junta de estanqueidad, tornillería de acero inoxidable y compatibilidad con sistemas de riego localizado. Apto para montaje en red principal enterrada, resistente a presión nominal y agentes químicos presentes en el agua de riego.	7,380	0,960 u	6,40
42 PIDE05l	Collarín de toma de polipropileno reforzado con fibra de vidrio, para tubería de PVC de Ø63 mm exterior, con salida roscada hembra de 1½" (40 mm).	7,200	0,762 u	5,08
43 PIDB15fc	Tubo de PVC de presión, de 90 mm de diámetro exterior (PN6), con junta elástica, para 6 atmósferas de presión máxima.	5,800	320,000 u	1.856,00
44 SPPVP02	Pistacia Vera var. Peters	4,000	39,000 ud	156,00



45	PIEC05d	Cableado eléctrico en corriente alterna desde variadores de frecuencia a bombas trifásicas, mediante conductores de cobre con aislamiento XPLE, sección mínima de 4 mm ² , tendido entubado bajo tubo en pared o enterrado según tramos. Incluye terminales, conexionado, pruebas de aislamiento y puesta en marcha según REBT.	3,500	105,000 m	367,50
46	MGN04	Interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A, curva C, para protección de líneas en corriente alterna de instalaciones fotovoltaicas aisladas. Tensión nominal 230/400V AC, poder de corte mínimo 6kA, montaje en carril DIN, con doble protección térmica y magnética frente a sobrecargas y cortocircuitos. Apto para uso en cuadros eléctricos con grado de protección IP20 o superior, conforme a norma UNE-EN 60898.	3,190	1,000 ud	3,19
47	PIEC03d	Cableado eléctrico en corriente continua para conexión de paneles solares, regulador MPPT, baterías e inversor, con conductores de cobre unipolares con aislamiento XPLE de 6mm ² , en sistema de conducción tipo B1 (canal exterior y entubado interior), incluye conectores, fijaciones y pruebas de continuidad.	3,120	206,000 m	642,72
48	PIEC01a	Cableado eléctrico en corriente alterna desde inversor a luminarias, programador y tomas de corriente, con conductores de cobre con aislamiento XPLE de 1,5 mm ² , tendido entubado interior, conforme a normativa REBT y UNE-HD 60364. Incluye conexión, pruebas y puesta en marcha.	2,900	12,000 m	34,80
49	PIDE07f	Codo 90° de PVC de presión, con junta elástica, de diámetro 90 mm (exterior), PN6.	2,360	6,080 u	12,80
50	PIDB11ec	Tubería de polietileno (PE), de 63 mm de diámetro exterior y presión nominal PN4 (4 atm), unida mediante piezas especiales de compresión.	1,840	254,000 m	467,36
51	PBGA01a	Agua potable en obra.	1,330	0,079 m3	0,10
52	PTPI15a	Tubo protector de polipropileno de 70 cm de altura y 11 cm de diámetro.	1,120	643,000 u	720,16
53	PIEC20a	Suministro de conductores unipolares con aislamiento XPLE, sección 4 mm ² , para 24 V CA, aptos para instalación enterrada en tubo protector (tipo D2). Resistentes a humedad y rayos UV. Incluye corte a medida y preparación para conexión.	1,000	410,000 m	410,00
54	PBGA02a	Agua para riego.	0,330	19,290 m3	6,43
55	PTPI01a	Kit tutor de bambú, de 1,8 m de altura.	0,270	643,000 u	173,61
56	PIDB13a	Tubería de polietileno de baja densidad (PEBD), especial para riego por goteo, con goteros autocompensantes integrados de 4 L/h, de diámetro exterior 16 mm, presión de trabajo 2,5 atm, con separación entre goteros de 0,75 m, completamente instalada en obra.	0,249	3.858,000 m	964,50
57	PFFC01b	Ladrillo cerámico perforado ordinario de dimensiones 24x12x7 cm.	0,060	168,000 u	10,08
				Total materiales:	33.974,23



5. PRECIOS AUXILIARES

En este apartado se justifican precios asociados a unidades compuestas como hormigón, morteros o determinadas partidas auxiliares, que requieren una combinación de materiales, maquinaria y mano de obra. Se desglosa su composición por componentes, indicando cantidades, precios y el cálculo del precio unitario compuesto.

Cuadro de precios auxiliares

Núm.	Código	Ud	Descripción	Total
1	PBPB01caa	m3	Hormigón en masa, elaborado en obra, consistencia plástica, de 15 N/mm2 de resistencia característica, árido rodado tamaño máximo 20 mm, arena de río 0/5 mm, y cemento Portland tipo CEM II/A-V 32,5 en sacos, medido el volumen colocado en obra.	
	MOOC06a	1,100 h	Peón ordinario construcción.	17,240
	MAMC01a	0,750 h	Hormigonera 160 l gasolina.	2,100
	PBGC10a	0,345 t	Cemento CEM II/A-V 32,5, en sacos.	105,570
	PBAG01bb	1,358 t	Garbancillo silíceo rodado y lavado, granulometría 10/20 mm, i/transporte a una distancia media de 10 km, medido el peso sobre camión en obra.	11,780
	PBAA01bd	0,679 t	Arena lavada de río 0-6, i/transporte a una distancia media de 30 km, medido el peso sobre camión en obra.	17,600
	PBGA01a	0,190 m3	Agua potable en obra.	1,330
	%	2,000 %	Medios auxiliares.	85,160
			Total por m3:	86,860
2	PBPB02ca	m3	Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena lavada de río, de dosificación 1/6 (M-4), confeccionado en obra con hormigonera, medido el volumen colocado en obra.	
	MOOC06a	1,700 h	Peón ordinario construcción.	17,240
	MAMC01a	0,400 h	Hormigonera 160 l gasolina.	2,100
	PBGC08a	0,250 t	Cemento CEM II/B-P 32,5N, en sacos.	105,860
	PBAA02bd	1,100 m3	Arena lavada de río 0-6, i/transporte a una distancia media de 30 km, medido el volumen sobre camión en obra.	22,760
	PBGA01a	0,255 m3	Agua potable en obra.	1,330
	%	2,000 %	Medios auxiliares.	82,000
			Total por m3:	83,640
3	PBPB04a	m3	Mortero de cemento gris CEM II/B-P 32,5N en sacos y arena especial para enfoscados, confeccionado en obra con hormigonera, medido el volumen colocado en obra.	
	MOOC06a	1,700 h	Peón ordinario construcción.	17,240



MAMC02a	0,400 h	Hormigonera 200 l gasolina.	2,680	1,07
PBGC08a	0,250 t	Cemento CEM II/B-P 32,5N, en sacos.	105,860	26,47
PBAA12d	1,100 t	Arena para enfoscados y revocos, i/transporte a una distancia media de 30 km, medido el peso sobre camión en obra.	17,500	19,25
PBGA01a	0,255 m3	Agua potable en obra.	1,330	0,34
%	2,000 %	Medios auxiliares.	76,440	1,53
			Total por m3:	77,970

6. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Se presentan fichas completas que justifican los precios unitarios de determinadas unidades de obra. Para cada una se incluyen: materiales utilizados, mano de obra, maquinaria implicada, medios auxiliares, costes indirectos, y finalmente, el precio total unitario. Este apartado permite verificar la coherencia y trazabilidad del presupuesto.

Anejo de justificación de precios

Núm.	Código	Ud	Descripción		Total
1	BAT01	ud	Colocación y conexionado de baterías de litio de 12V y 25Ah en serie, incluyendo fijación en soporte o caja, conexión entre bornes, conexionado al regulador e inversor, y comprobación de polaridad y tensión.		
	MOOI05a	0,750 h	Oficial 1ª electricidad	19,550	14,66
	MOOI06a	0,750 h	Ayudante electricidad	18,590	13,94
	BT01	3,000 ud	Bat.litio 12V 25Ah	210,000	630,00
	PIEC03d	6,000 m	Cond. 6 mm2 Cu	3,120	18,72
	%	2,000 %	Medios auxiliares	677,320	13,55
		3,000 %	Costes indirectos	690,870	20,730
			Total por ud		711,60
Son SETECIENTOS ONCE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS por ud.					
2	CAEL01	m	Tendido de cable eléctrico de 4 mm ² desde el programador hasta las electroválvulas, en tubo enterrado tipo D2, con aislamiento XPLE y protección UV. Incluye conexión, pruebas y puesta en servicio. Unidad terminada y operativa.		
	MOOI05a	0,040 h	Oficial 1ª electricidad	19,550	0,78
	MOOI06a	0,040 h	Ayudante electricidad	18,590	0,74
	PIEC20a	1,000 m	Cond.cobr.4 mm2	1,000	1,00
	%	2,000 %	Medios auxiliares	2,520	0,05
		3,000 %	Costes indirectos	2,570	0,080
			Total por m		2,65
Son DOS EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS por m.					
3	CDTC45a	m	Excavación de zanja de 20 cm de ancho y 80 cm de profundidad, para alojamiento de la tubería principal y terciarias en red de riego agrícola, realizada mediante zanjadora hidráulica autopropulsada, con posterior tapado manual con cama de arena y relleno, medida por la longitud realmente ejecutada en obra.		
	MOOI02a	0,100 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	1,95
	MOOI03a	0,100 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	1,78
	MAMVb2a	0,003 h	Zanjadora hidráulica 40 CV	27,180	0,08
	%	2,000 %	Medios auxiliares	3,810	0,08
		3,000 %	Costes indirectos	3,890	0,120

Total por m: 4,01

Son CUATRO EUROS CON UN CÉNTIMO por m.

4	CREG01	ud	Instalación de caseta prefabricada tipo contenedor para riego agrícola, de 6 × 3 × 2,8 m, colocada sobre base nivelada y compactada, anclada mediante placas metálicas o tacos químicos, incluyendo nivelación, alineación, conexiones exteriores de alimentación eléctrica y puesta en funcionamiento de iluminación interior, tomas de corriente y ventilación. Medida la unidad completamente instalada en obra.		
	MOOC03a	2,500 h	Oficial 1ª construcción	20,090	50,23
	MOOC06a	2,500 h	Peón ordinario construcción	17,240	43,10
	MAMC20a	1,500 h	Compactador pison vibr. 70 kg	3,360	5,04
	MATE08a	1,000 h	Camión c/grúa 11-25 t	61,830	61,83
	CASREG02	1,000 ud	Caseta rieg. conten.	1.840,000	1.840,00
	%	2,000 %	Medios auxiliares	2.000,200	40,00
		3,000 %	Costes indirectos	2.040,200	61,210
				Total por ud:	2.101,41

Son DOS MIL CIENTO UN EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS por ud.

5	CUELE01	ud	Suministro e instalación de cuadro eléctrico mural estanco de superficie, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, grado de protección mínimo IP65, con placa metálica interior de montaje, cierre con llave y dimensiones aproximadas de 600 × 400 × 200 mm. Incluye la fijación en pared interior de caseta, mecanizado de entradas de cableado, instalación de protecciones en corriente continua y alterna, regulador MPPT, inversor, programador de riego, regletas de conexión y elementos auxiliares. Conexión, etiquetado, pruebas funcionales y puesta en marcha conforme a REBT y normativa UNE.		
	MOOI05a	3,000 h	Oficial 1ª electricidad	19,550	58,65
	MOOI06a	3,000 h	Ayudante electricidad	18,590	55,77
	ARM01	1,000 ud	Arm.eléct. 600x400x200 mm	230,000	230,00
	%	2,000 %	Medios auxiliares	344,420	6,89
		3,000 %	Costes indirectos	351,310	10,540
				Total por ud:	361,85

Son TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS por ud.

6	IDAP06a	m	Tubería terciaria para red de riego agrícola, con longitudes de 57 m, 85 m y 112 m, realizada con tubo de polietileno (PE) de 63 mm de diámetro exterior y presión nominal PN4, enterrado a 80 cm de profundidad, con uniones mediante piezas especiales de polietileno, terminada y en funcionamiento.		
	MOOI02a	0,015 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	0,29
	MOOI03a	0,015 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	0,27
	PIDE05I	0,003 u	Collarín toma poliprop.	7,200	0,02
	PIDB11ec	1,000 m	Tub.poliet.4 atm D=63 mm	1,840	1,84
	%	2,000 %	Medios auxiliares	2,420	0,05
		3,000 %	Costes indirectos	2,470	0,070

Total por m: 2,54

Son DOS EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por m.

7	IDAP23a	m	Suministro e instalación de tubería principal de riego en PVC de 90 mm de diámetro exterior y 84,4 mm de diámetro interior, PN 6 atm, enterrada a 80 cm de profundidad desde el cabezal de riego hasta la derivación a las subunidades de riego. Incluye excavación de zanja, cama de arena, tendido, unión mediante manguitos y accesorios, pruebas de estanqueidad, y relleno compactado. Esta tubería está dimensionada para minimizar pérdidas de carga a menos de 2 mca, conforme a recomendaciones técnicas para sistemas de riego localizados alimentados por energía solar.		
	MOOI02a	0,700 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	13,62
	MOOI03a	0,700 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	12,45
	PIDE05k	0,003 u	Collarín toma poliprop.	7,380	0,02
	PIDE07f	0,019 u	Codo 90° PVC D=90 mm	2,360	0,04
	PIDB15fc	1,000 u	Tub.PVC j.elást. 6atm.D=90 mm	5,800	5,80
	%	2,000 %	Medios auxiliares	31,930	0,64
		3,000 %	Costes indirectos	32,570	0,980
			Total por m:		33,55

Son TREINTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS por m.

8	IDCR05aa	m	Instalación de tubería de polietileno de baja densidad (PEBD) especial para riego por goteo, con goteros autocompensantes integrados de 4 L/h, de diámetro exterior 16 mm, presión de trabajo 2,5 atm, con separación entre goteros de 0,75 metros, completamente instalada en obra.		
	MOOI02a	0,050 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	0,97
	MOOI03a	0,050 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	0,89
	PIDB13a	1,000 m	Tub.poliet.PEBD goteo D=16 mm	0,249	0,25
	%	2,000 %	Medios auxiliares	2,110	0,04
		3,000 %	Costes indirectos	2,150	0,060
			Total por m:		2,21

Son DOS EUROS CON VEINTIUN CÉNTIMOS por m.

9	IDEF05bab	u	Conjunto de filtración automático compuesto por filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm², caudal máx. 20 m³/h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0-10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.		
	MOOI02a	2,000 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	38,90
	MOOI03a	2,000 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	35,58
	PIDF17a	1,000 u	Eq.filtración 2" discos 100 micras	1.098,750	1.098,75
	%	2,000 %	Medios auxiliares	1.173,230	23,46
		3,000 %	Costes indirectos	1.196,690	35,900
			Total por u:		1.232,59

Son MIL DOSCIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS por u.



10	IDEF94a	u	Suministro e instalación de conjunto hidráulico de control y protección, formado por caudalímetro de riego, dos transmisores de presión, ventosas automáticas y válvulas antirretorno, montado sobre la red principal en el cabezal de riego, incluyendo racores, uniones, fijaciones y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y en funcionamiento.		
	MOOI02a	5,000 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	97,25
	MOOI03a	5,000 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	88,95
	PIDF94a	2,000 u	Ventosa plástico 2"	29,110	58,22
	PIDF98a	2,000 u	Trans.presión	110,000	220,00
	PIDF60b	2,000 u	Válv.reten bola 2" 10 bar	60,600	121,20
	PIDQ35a	1,000 u	Caudalímetro cuerp. metál.	260,000	260,00
	%	2,000 %	Medios auxiliares	845,620	16,91
		3,000 %	Costes indirectos	862,530	25,880
Total por u					888,41

Son OCHOCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS por u.

11	IDIR50a	u	Conjunto de filtración automático compuesto por hidrociclón separador de arena de 2" en acero al carbono, y filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm², caudal máx. 20 m³/h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0-10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.		
	MOOI02a	3,000 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	58,35
	MOOI03a	3,000 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	53,37
	PIDF01c	1,000 u	Hidrociclón separador de arena de 2"	286,770	286,77
	PIDF17a	1,000 u	Eq.filtración 2" discos 100 micras	1.098,750	1.098,75
	%	2,000 %	Medios auxiliares	1.497,240	29,94
		3,000 %	Costes indirectos	1.527,180	45,820
Total por u					1.573,00

Son MIL QUINIENTOS SETENTA Y TRES EUROS por u.

12	IDMF01a	u	Suministro e instalación de sistema completo de fertirrigación automatizado, compuesto por bomba dosificadora eléctrica de pistón regulable (modelo DOSTEC 40) con caudal de hasta 250 L/h y presión máxima de 8 bar, cinco depósitos de fertilizantes de 300 a 3.000 L según tipo (N, P, K, microelementos y ácido nítrico), electroválvulas automatizadas con válvulas antirretorno en cada línea, colector común de aspiración, agitador de turbina centrífuga en el depósito principal con eje de acero inoxidable de 1,1 m, conectado al programador de riego, incluyendo todos los accesorios de montaje, conexiones hidráulicas y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.		
	MOOI02a	10,000 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	194,50
	MOOI03a	10,000 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	177,90
	PIDQ01dda	1,000 u	Bomba dosific. 0,37kW trifás.	1.137,400	1.137,40
	PIDC07a	2,000 u	Depósito abono c/agitación 300l	175,000	350,00

PIDC08a	2,000 u	Depósito abono c/agitación 500l	260,000	520,00
PIDC09a	1,000 u	Depósito abono c/agitación 3000l	757,700	757,70
PIDM22d	5,000 u	Electroválv.plást.2"	152,000	760,00
PIDQ18a	1,000 u	Colector aspir. PVC 2"	70,000	70,00
%	2,000 %	Medios auxiliares	3.967,500	79,35
	3,000 %	Costes indirectos	4.046,850	121,410
Total por u				4.168,26

Son CUATRO MIL CIENTO SESENTA Y OCHO EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS por u.

13	IDMP01bc	u	Suministro e instalación de programador de riego automático AGRÓNIC 2500 o similar, con pantalla digital, control de electroválvulas, sensores de presión y caudal, programable por tiempo, volumen o condiciones climáticas, con carcasa estanca IP65, alimentación 230 V y conexión para variador, incluyendo montaje, conexionado eléctrico e hidráulico, prueba de funcionamiento y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y operativa.	
	MOOI02a	6,000 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	116,70
	MOOI03a	6,000 h	Ayudante hidráulica/fontanería	106,74
	PIDM01bc	1,000 u	Programador electr.AC 8 est.	905,00
	%	2,000 %	Medios auxiliares	22,57
		3,000 %	Costes indirectos	34,530
Total por u				1.185,54

Son MIL CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por u.

14	IDQM04a	u	Suministro e instalación de bomba sumergible multietapas para pozo de 8" (200 mm de diámetro), con cuerpo de acero inoxidable, grado de protección IP 58, de 7,5 CV (5,5 kW) de potencia, apta para trabajar con variador de frecuencia alimentado por energía solar, con caudal de diseño de 3,91 L/s y altura manométrica de 95 mca, incluyendo medios auxiliares de montaje, sin incluir instalación eléctrica ni paneles solares, medida la unidad instalada en obra.	
	MOOI02a	8,000 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	155,60
	MOOI03a	8,000 h	Ayudante hidráulica/fontanería	142,32
	MATE07a	4,000 h	Camión c/grúa <10 t	180,00
	PIDQ10hd	1,000 u	Bomba sumerg.pozo D=8" 7,5 CV	1.628,80
	%	2,000 %	Medios auxiliares	42,13
		3,000 %	Costes indirectos	64,470
Total por u				2.213,32

Son DOS MIL DOSCIENTOS TRECE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS por u.



15	IDVA02a	u	Arqueta para alojamiento de electroválvula y válvula de corte en red de riego agrícola, de dimensiones interiores 60×40×40 cm, construida con fábrica de ladrillo perforado tosco de medio pie de espesor, recibida con mortero de cemento y arena de río 1/6 (M-40), sobre solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor, resistencia característica 15 N/mm ² , tamaño máximo del árido 20 mm, consistencia plástica, enfoscada interiormente con mortero de cemento 1/3, con marco y tapa de fundición para entorno agrícola o peatonal, incluso excavación, nivelación y acondicionamiento del terreno. Medida la unidad ejecutada en obra.		
	MOOI02a	2,500 h	Oficial 1ª hidráulica/fontanería	19,450	48,63
	MOOI03a	2,500 h	Ayudante hidráulica/fontanería	17,790	44,48
	PBPB01caa	0,056 m3	HM 15 N/mm2 plás. ári.20 mm	86,860	4,86
	PFFC01b	56,000 u	Ladrillo perf.ordin.24x12x7 cm	0,060	3,36
	PBPB02ca	0,042 m3	M.cem.gris/aren.río 1/6 (M-4)	83,640	3,51
	PBPB04a	0,020 m3	Mortero cem.gri.enfosc.conf.obra	77,970	1,56
	PIAP01abb	1,000 u	Marco/tapa fund cuadr pozo acera	98,120	98,12
	PIDM22d	1,000 u	Electroválv.plást.2"	152,000	152,00
	PIDF50f	1,000 u	Válv.esfera PVC rosca D=2"	14,120	14,12
	%	2,000 %	Medios auxiliares	370,640	7,41
		3,000 %	Costes indirectos	378,050	11,340
Total por u					389,39

Son TRESCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS por u.

16	INV01	ud	Montaje del inversor híbrido en pared, dentro de cuadro estanco, con fijación mecánica, conexionado eléctrico en corriente continua (baterías y paneles) y en corriente alterna (salidas a receptores), puesta en marcha y comprobación de funcionamiento. Incluye cableado de potencia y pruebas de polaridad, continuidad y verificación de parámetros de tensión.		
	MOOI05a	0,750 h	Oficial 1ª electricidad	19,550	14,66
	MOOI06a	0,750 h	Ayudante electricidad	18,590	13,94
	INVERS01	1,000 ud	Inv.solar. + regulador MPPT	544,160	544,16
	PIEC01a	12,000 m	Cond. 1,5 mm2 Cu	2,900	34,80
	%	2,000 %	Medios auxiliares	607,560	12,15
		3,000 %	Costes indirectos	619,710	18,590
Total por ud					638,30

Son SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS por ud.

17	JLAE04b	m2	Cava manual en terreno medio realizada mediante hazada, medida la superficie ejecutada en obra.		
	MOOJ02a	0,017 h	Encargado trabajos agrícolas	5,000	0,09
	MOOJ04a	0,017 h	Peón agrícola	2,500	0,04
	%	2,000 %	Medios auxiliares	0,130	0,00
		3,000 %	Costes indirectos	0,130	0,000



Total por m2: 0,13

Son TRECE CÉNTIMOS por m2.

18	JLAM12b	Ha	Estercolado de fondo consistente en: suministro, a granel, de estiércol de oveja compostado y libre de semillas, extendido del mismo por medios mecánicos en dosis de 35 t/ha.		
	MAMR02a	1,000 h	Tractor neumáticos 71/100 CV con pala	20,000	20,00
	MAMR03a	1,000 h	Tractor neumáticos 131/150 CV	40,000	40,00
	PTDA02a	38,570 m3	Estiércol de oveja compostado	19,000	732,83
	%	2,000 %	Medios auxiliares	792,830	15,86
		3,000 %	Costes indirectos	808,690	24,260
			Total por Ha:		832,95

Son OCHOCIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS por Ha.

19	PLC01	ud	Montaje, fijación e interconexión eléctrica de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 550 Wp sobre estructura elevada a 3,5 m, incluyendo manipulación, anclaje, conexiónado en serie y paralelo, pruebas de continuidad y puesta en servicio.		
	MOOI05a	20,000 h	Oficial 1ª electricidad	19,550	391,00
	MOOI06a	20,000 h	Ayudante electricidad	18,590	371,80
	PAN01	30,000 ud	Pan.solar 550W	115,000	3.450,00
	SOP01	1,000 ud	Sop. metál. caseta	100,000	100,00
	PIEC03d	190,000 m	Cond. 6 mm2 Cu	3,120	592,80
	%	2,000 %	Medios auxiliares	4.905,600	98,11
		3,000 %	Costes indirectos	5.003,710	150,110
			Total por ud:		5.153,82

Son CINCO MIL CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS por ud.

20	PLC02	ud	Montaje y conexión de paneles solares fotovoltaicos monocristalinos de 550Wp sobre cubierta de caseta, con fijación a estructura metálica inclinada, conexiónado en paralelo, tendido de cableado en corriente continua hasta regulador de batería, verificación de polaridad y pruebas de funcionamiento.		
	MOOI05a	1,000 h	Oficial 1ª electricidad	19,550	19,55
	MOOI06a	1,000 h	Ayudante electricidad	18,590	18,59
	PAN01	2,000 ud	Pan.solar 550W	115,000	230,00
	SOP01	1,000 ud	Sop. metál. caseta	100,000	100,00
	PIEC03d	10,000 m	Cond. 6 mm2 Cu	3,120	31,20
	%	2,000 %	Medios auxiliares	399,340	7,99
		3,000 %	Costes indirectos	407,330	12,220
			Total por ud:		419,55

Son CUATROCIENTOS DIECINUEVE EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS por ud.



21	PMRD01	ud	Plantación mecanizada de planta de Pistacia Vera injertada, presentada a raíz desnuda, realizada con plantadora, arrastrada por tractor de neumáticos de 101/130 CV de potencia, en suelo suelto, sobre terreno preparado y llano, incluido repaso manual de fallos.		
	MAMR03a	0,002 h	Tractor neumáticos 131/150 CV	40,000	0,08
	MAMR65a	0,002 h	Plantadora apero	3,990	0,01
	MOOR02a	0,002 h	Encargado de trabajos agrícolas	5,000	0,01
	MOOR06a	0,002 h	Peón agrícola	2,500	0,01
	PTPI01a	1,000 u	Kit tutor bambú h=1,8 m	0,270	0,27
	%	2,000 %	Medios auxiliares	0,380	0,01
		3,000 %	Costes indirectos	0,390	0,010
Total por ud					0,40

Son CUARENTA CÉNTIMOS por ud.

22	PROT01	ud	Montaje e instalación de los sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna del sistema fotovoltaico, incluyendo fusibles en línea tipo MC4 para strings, interruptores magnetotérmicos tripolares para bombas (10 A y 20 A), conexionado, fijación en cuadro, y comprobaciones finales.		
	MOOI05a	2,000 h	Oficial 1ª electricidad	19,550	39,10
	MOOI06a	2,000 h	Ayudante electricidad	18,590	37,18
	FUS01	10,000 ud	Fus. MC4 20 A	8,000	80,00
	MGN01	1,000 ud	Interr.magnetotérmico 20 A	20,000	20,00
	MGN02	1,000 ud	Interrupt.magnetotérmico 10 A	15,000	15,00
	DIF01	2,000 ud	Interr.diferencial 25 A - 30 mA	25,850	51,70
	REL01	2,000 ud	Relé térmico	31,250	62,50
	%	2,000 %	Medios auxiliares	305,480	6,11
		3,000 %	Costes indirectos	311,590	9,350
Total por ud					320,94

Son TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por ud.

23	PROT02	ud	Suministro e instalación de sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna para sistema fotovoltaico aislado, incluyendo fusibles tipo MC4 para strings solares, fusible tipo ANL en la línea de baterías, e interruptor magnetotérmico bipolar de 6 A en salida AC del inversor. Incluye montaje en portafusibles o carril DIN, conexionado, fijación, comprobación de continuidad, verificación de intensidades de corte y pruebas de funcionamiento conforme a normativa REBT y UNE.		
	MOOI05a	0,750 h	Oficial 1ª electricidad	19,550	14,66
	MOOI06a	0,750 h	Ayudante electricidad	18,590	13,94
	FUS03	1,000 ud	Fus. MC4 40 A	7,990	7,99
	FUS02	1,000 ud	Fus.ANL 45 A	9,000	9,00
	MGN04	1,000 ud	Interr.magnetotérmico 10 A	3,190	3,19

MGN03	6,000 ud	Interr.magnetotérmico 6A	12,000	72,00
DIF01	1,000 ud	Interr.diferencial 25 A - 30 mA	25,850	25,85
%	2,000 %	Medios auxiliares	146,630	2,93
	3,000 %	Costes indirectos	149,560	4,490
Total por ud				154,05
Son CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON CINCO CÉNTIMOS por ud.				
24	RPDA01a	Ha	Subsolado mecanizado, en terrenos de pendiente inferior al 20%, con subsolador de 5 púas en V, separados 50 cm, arrastrados por tractor de ruedas de 100 CV, alcanzando una profundidad de labor de 50-55 cm, medida, en planta, la superficie ejecutada.	
	MAMR03a	2,000 h	Tractor neumáticos 131/150 CV	80,00
	MAMR56a	2,000 h	Subsol.fij.2 rej.apero	1,54
	%	2,000 %	Medios auxiliares	1,63
		3,000 %	Costes indirectos	2,500
Total por Ha				85,67
Son OCHENTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS por Ha.				
25	RPDA06aa	Ha	Gradeo post-abonado a profundidad de 10-15 cm considerando un pase, en terreno de pendiente <15%, medida, en planta, la superficie ejecutada.	
	MAMR03a	0,667 h	Tractor neumáticos 131/150 CV	26,68
	MAMR30a	0,667 h	Grada de discos, apero s/MO	2,62
	%	2,000 %	Medios auxiliares	0,59
		3,000 %	Costes indirectos	0,900
Total por Ha				30,79
Son TREINTA EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS por Ha.				
26	SP01	ud	Planta de pistachero injertada a raíz desnuda	
	SPPVS01	1,000 ud	Pistacia Vera var.Sirora raíz desnuda	10,00
		3,000 %	Costes indirectos	0,300
Total por ud				10,30
Son DIEZ EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS por ud.				
27	SP02	ud	Planta de pistacho injertada y a raíz desnuda var. Peters	
	SPPVP02	1,000 ud	Pistacia Vera var. Peters	4,00
		3,000 %	Costes indirectos	0,120
Total por ud				4,12
Son CUATRO EUROS CON DOCE CÉNTIMOS por ud.				
28	SRRI01baa	ud	Colocación manual de protector de tipo tubo, en terreno suelto, de pendiente <35%, incluido ligero aporcado del protector.	



MOOR02a	0,080 h	Encargado de trabajos agrícolas	5,000	0,40
MOOR06a	0,080 h	Peón agrícola	2,500	0,20
PTPI15a	1,000 u	Tubo protector polipropil.h=70cm	1,120	1,12
%	1,000 %	Medios auxiliares	1,720	0,02
	3,000 %	Costes indirectos	1,740	0,050
Total por ud				1,79

Son UN EURO CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS por ud.

29	SMSG01a	u	Riego post-plantación en plantación de pistacho para el arraigo, realizado mediante cuba todoterreno de 3000 l de capacidad arrastrada por tractor de neumáticos i/p.p. de agua, medida la unidad realizada.	
	MOOR06a	0,030 h	Peón agrícola	0,08
	MAMR03a	0,030 h	Tractor neumáticos 131/150 CV	1,20
	MAMV65a	0,030 h	Cuba t.t. arrastre tract. 3000 l	0,31
	PBGA02a	0,030 m3	Agua para riego	0,01
	%	1,000 %	Medios auxiliares	0,02
		3,000 %	Costes indirectos	0,050
Total por u				1,67

Son UN EURO CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS por u.

30	SRS01aaa	Ha	Reposición manual de marras de pistachero, en un porcentaje <20%, presentada a raíz desnuda, realizada en suelo previamente preparado y de pendiente <35%, incluido ligero aporcado, medida la unidad millar ejecutada. No se incluye distribución de las plantas.	
	MOOR02a	0,875 h	Encargado de trabajos agrícolas	4,38
	MOOR06a	0,875 h	Peón agrícola	2,19
	SPPVS01	8,454 ud	Pistacia Vera var.Sirora raíz desnuda	84,54
	%	1,000 %	Medios auxiliares	0,91
		3,000 %	Costes indirectos	2,760
Total por Ha				94,78

Son NOVENTA Y CUATRO EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS por Ha.

31	VFR01	ud	Colocación y conexionado de variador de frecuencia solar para bombeo, incluyendo fijación mural o en cuadro, conexionado a paneles fotovoltaicos (DC) y a motor trifásico (AC), configuración básica, protección eléctrica, y pruebas de funcionamiento.	
	MOOI05a	3,000 h	Oficial 1ª electricidad	58,65
	MOOI06a	3,000 h	Ayudante electricidad	55,77
	VAR01	1,000 ud	Var.frec.solar 7,5kW	950,00
	VAR02	1,000 ud	Var.frec.solar 0,75kW	210,00
	PIEC05d	105,000 m	Cond. 4 mm2 Cu	367,50
	%	2,000 %	Medios auxiliares	32,84



3,000 %	Costes indirectos	1.674,760	50,240
Total por ud:			1.725,00

Son MIL SETECIENTOS VEINTICINCO EUROS por ud.

7. BIBLIOGRAFÍA

Castilla-La Mancha. (2025). *Castilla-La Mancha*. Obtenido de Castilla-La Mancha:
<https://contratacion.castillalamancha.es/>

enLago. (2025). *enLago*. Obtenido de enLago:
<https://enlago.com/articulo.php?cod=8431978290056>

HILTRENTO. (2025). *HILTRENTO*. Obtenido de HILTRENTO:
<https://www.hiltrento.com/elastico-agricola/4640-200-mts-goma-elastica-cuerda-agricola-cinta-blanca-7-mm-atar-arboles-y-plantas-plana-y-suave-entutorar.html>

MUNDORIEGO. (2025). *MUNDORIEGO*. Obtenido de MUNDORIEGO:
https://mundoriego.es/producto/tubo-pvc-junta-elastica-63mm-6-atmosferas/?srsltid=AfmBOopeRS6NnUHXJZzP6q-dvfhwP4QvKJaGswNPIFfvzL05C98mL0NV&utm_source=chatgpt.com

Peyca. (2025). *Peyca*. Obtenido de Peyca: <https://peyca.es/tutores/2835-tubo-protector-para-arboles-o-plantas-70cm-verde-bricomed.html>

ANEJO VII:
EVALUACIÓN ECONÓMICO-
FINANCIERA



ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	VIDA ÚTIL	1
3.	INVERSIÓN INICIAL.....	1
4.	PAGOS	2
4.1.	Pagos ordinarios	2
4.1.1.	Mantenimiento del suelo	3
4.1.2.	Podas.....	3
4.1.3.	Fertilización	4
4.1.4.	Control de plagas y enfermedades.....	6
4.1.5.	Recolección	7
4.1.6.	Seguro agrícola.....	7
4.2.	Pagos extraordinarios	7
4.3.	Resumen de pagos	8
5.	COBROS	8
5.1.	Cobros ordinarios	8
5.2.	Cobros extraordinarios	10
5.3.	Resumen de cobros.....	10
6.	FLUJOS DE CAJA.....	12
7.	CRITERIOS DE RENTABILIDAD.....	13
7.1.	Valor Actual Neto (VAN)	13
7.2.	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	15
7.3.	Plazo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	15
7.4.	Relación beneficio inversión (B/I)	15
8.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	15
8.1.	Disminución de la producción en un 10%.....	16
8.2.	Bajada del precio del pistacho en el mercado a 1,4 €/kg.....	16
8.3.	Subida de la tasa de actualización a un 7% con precio de 1,75 €/kg.....	17
9.	CONCLUSIÓN	17
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	18

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1.	Costes de podas. Elaboración propia.	4
Tabla 2.	Costes de la fertilización orgánica. Elaboración propia.	5



Tabla 3. Costes fertilización mineral. Elaboración propia.....	6
Tabla 4. Resumen de pagos a lo largo de la vida útil. Elaboración propia.	8
Tabla 5. Cobros por producción. Fuente: El Cultivo del Pistacho, elaboración propia..	10
Tabla 6. Resumen de los pagos a lo largo de la vida útil. Elaboración propia.	11
Tabla 7. Flujos de caja. Elaboración propia.....	12
Tabla 8. Valores anuales del VAN. Elaboración propia.	14
Tabla 9. Escenario 1, disminución de la producción. Elaboración propia.....	16
Tabla 10. Escenario 2, disminución del precio de mercado. Elaboración propia.	16
Tabla 11. Escenario 3, aumento de la tasa de actualización y bajada de precio. Elaboración propia.	17

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como finalidad analizar la viabilidad económica de la plantación de pistachos proyectada, para ello, se realizará una evaluación detallada de los costes e ingresos esperados a lo largo de la vida útil del proyecto, aplicando los principales criterios de rentabilidad empleados en estudios de inversiones agrícolas, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), el Plazo de Recuperación de la Inversión (PRI) y la Relación Beneficio-Inversión (B/I).

La estructura del análisis financiero seguirá una metodología ajustando los parámetros a las condiciones específicas de esta plantación. El estudio incluirá tanto los costes iniciales de inversión como los gastos recurrentes de explotación, que han sido previamente desglosados y justificados en el Anejo VI. Asimismo, se contemplarán los ingresos estimados por la producción y venta de pistachos, así como las ayudas públicas potenciales.

Este análisis permitirá establecer con criterio técnico y económico si la inversión es rentable, y servirá como herramienta fundamental para la toma de decisiones, la planificación y la financiación del proyecto.

2. VIDA ÚTIL

Para la presente evaluación se ha establecido una vida útil de 40 años, lo cual responde tanto a criterios técnicos como económicos. El pistachero es un cultivo de carácter leñoso y larga longevidad, cuya vida productiva puede superar fácilmente las cuatro décadas en condiciones de manejo adecuado y con un correcto mantenimiento de las infraestructuras de riego y fertirrigación.

Aunque la entrada en producción comercial se sitúa a partir del 6º–7º año, el cultivo alcanza su máxima productividad a partir del 12º–15º año y la mantiene durante un prolongado periodo. De este modo, un horizonte temporal de 40 años permite reflejar fielmente el ciclo completo de vida de la plantación, incluyendo tanto la etapa de madurez como el período de rendimiento sostenido.

Además, este plazo proporciona un marco más realista para evaluar inversiones patrimoniales a largo plazo, especialmente en cultivos con altos costes iniciales y retorno diferido, como es este caso.

3. INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial representa el conjunto de recursos económicos que deben ser destinados a la implantación de la plantación y a la puesta en marcha de todos los sistemas necesarios para su funcionamiento. Esta inversión abarca tanto las labores previas de preparación del terreno como la adquisición de materiales, instalación del sistema de riego, plantación del pistachero, y la infraestructura auxiliar necesaria (caseta de riego, sistema de energía solar, etc.).

El valor total de esta inversión ha sido determinado a partir de lo reflejado en el Anejo VI, que incluye los costes directos de mano de obra, maquinaria y materiales, así como los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA correspondiente. El resultado es un coste total estimado de 87.700,28 €, que será el valor considerado como inversión inicial en el análisis económico-financiero del proyecto.

Para sufragar esta inversión inicial, se ha optado por la autofinanciación como método de cobertura. Esta decisión se justifica por la disponibilidad de capital propio por parte del promotor, lo que permite abordar el desembolso sin necesidad de recurrir a financiación externa. De este modo, se evita la contratación de préstamos bancarios y, por tanto, los costes asociados al endeudamiento (intereses, comisiones y posibles condiciones restrictivas).

Además, la autofinanciación ofrece mayor autonomía financiera, facilita la gestión del flujo de caja en los primeros años y elimina el riesgo ante posibles subidas de los tipos de interés.

4. PAGOS

En este apartado se recogen los pagos de explotación asociados al mantenimiento y funcionamiento de la plantación a lo largo de su vida útil, estimada en 40 años. Estos gastos incluyen todas las labores agrícolas y técnicas necesarias para garantizar el desarrollo adecuado del cultivo y la obtención de rendimientos productivos.

Se diferencian dos tipos de pagos:

- Pagos ordinarios: Aquellos que se repiten cada año o con una periodicidad fija, como el mantenimiento del suelo, podas, fertilización, tratamientos fitosanitarios, seguros, energía, recolección, etc.
- Pagos extraordinarios: Gastos puntuales que pueden surgir a lo largo del tiempo, como la reposición de plantas, sustitución de componentes del sistema de riego o energía, y otras reparaciones.

4.1. Pagos ordinarios

El promotor, el cual es el dueño de la parcela, ya cuenta con dos tractores, un tractor frutero de 85 CV y un tractor que utiliza para labores en cereal de 130 CV. Para el tractor frutero se considerará un precio de trabajo de 16 €/h, y para el tractor de 130 CV se considerará un precio de trabajo de 20 €/h. Por otro lado, la mano de obra tendrá un coste de 10 €/h.

Cabe destacar que las labores se realizan directamente donde se encuentran los árboles, por lo que, a la superficie total de la parcela, que es de 4,14 ha, hay que restarle la distancia de 10 metros con las lindes y la zona de la caseta de riego y el pozo. Por lo tanto, la parcela queda reducida a 3 ha en las cuales será donde trabajará la maquinaria.

4.1.1. Mantenimiento del suelo

Las labores que se realizan para el mantenimiento del suelo son las que consisten en el cuidado de la cubierta vegetal natural, es decir, las siegas y la aplicación de herbicidas en las líneas de plantación.

SEGADORA

Las labores de siega se realizarán con una segadora de martillos de 3 metros de anchura, acoplada a un tractor de 130 CV, el cual permite un trabajo eficiente y maniobrable dentro de la parcela gracias al marco de plantación de 7×7 metros. Se prevén tres pases anuales, coincidiendo con las etapas críticas de desarrollo de la cubierta vegetal.

Se deberán realizar dos pases por calle al tener una anchura de 3 metros, lo que da un tiempo aproximado de 1,66 h/ha. El precio de la segadora es de 12 €/h.

$$\text{Coste segadora} = 3 \text{ siegas} \times 1,66 \frac{\text{h}}{\text{ha}} \times 3 \text{ ha} \times (20 + 10 + 12) \frac{\text{€}}{\text{h}} = 627,48 \text{ €/año}$$

TRATAMIENTOS DE HERBICIDA

Para el control de las malas hierbas en las líneas de plantación se empleará un pulverizador de líneas acoplado a la parte delantera del tractor. Se realizarán cuatro aplicaciones anuales de herbicida, distribuidas en dos en primavera, una en verano y otra en otoño.

El tratamiento será realizado con el tractor de 130 CV, el cual proporciona la potencia necesaria para el pulverizador frontal y una adecuada maniobrabilidad en la parcela. Se estima un precio del herbicida de 25 € por tratamiento, teniendo en cuenta 4 aplicaciones al año, un tiempo de trabajo de 1,67 h/ha y un coste de trabajo del pulverizador de 10 €/h:

$$\begin{aligned} \text{Coste tratamientos} &= 4 \text{ tratamientos} \times 1,67 \frac{\text{h}}{\text{ha}} \times 3 \text{ ha} \times (20 + 10 + 10) \frac{\text{€}}{\text{h}} \\ &= 801,6 \frac{\text{€}}{\text{año}} + (4 \times 25) = 901,6 \frac{\text{€}}{\text{año}} \end{aligned}$$

COSTES MANTENIMIENTO DE SUELO

Las siegas y los tratamientos con herbicidas se comenzarán a realizar desde el primer año de plantación hasta el año 40, el cual se ha establecido como final de vida útil, por lo tanto, los costes totales de mantenimiento del suelo anuales son de 1.529,08 €/año.

4.1.2. Podas

El precio normal para las podas en plantaciones de pistacho puede variar dependiendo del tipo de poda (formación, producción o rejuvenecimiento), la edad del árbol y la zona geográfica. De acuerdo con precios de mercado en España y referencias técnicas del sector, se pueden considerar los siguientes valores aproximados por árbol:

- Poda de formación (años 1 a 5): entre 1,0 y 2,5 € por árbol. Se considerará un precio de 2 €/árbol.

- Poda de producción (a partir de entrada en producción): entre 2,0 y 4,0 € por árbol, ya que implica más tiempo y técnica. Se considerará un precio de 3 €/árbol.
- Poda de rejuvenecimiento (últimos años): puede ser más costosa si se requiere intervención intensiva, alrededor de 4,0 a 6,0 € por árbol. Se considerará un precio de 5 €/árbol.

En la Tabla 1 se muestran los costes de las podas.

Tabla 1. Costes de podas. Elaboración propia.

AÑO	PRECIO (€/año)
1-5	1286
6-29	1929
30	3215
31-40	1929

4.1.3. Fertilización

La fertilización consta de dos partes distintas, la fertilización orgánica y la fertilización mineral.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Se va a aplicar estiércol compostado de oveja proveniente de un familiar del promotor, el precio de este estiércol es de 38 €/tn, hay que tener en cuenta que se realizan aplicaciones bianuales de 14 t/ha.

Se utiliza un remolque esparcidor que aportará el estiércol encima de la cubierta vegetal a una anchura de 4 metros enganchado al tractor de 130 CV. Se puede estimar que trabajará 0,6 h/ha a un precio de 12 €/h.

$$\text{Coste esparcidor} = 0,6 \frac{h}{ha} \times 3 ha \times (20 + 10 + 12) \frac{€}{h} = 75,6 €$$

En la Tabla 2 se reflejan los costes de la fertilización orgánica a lo largo de la vida útil de la plantación.

Tabla 2. Costes de la fertilización orgánica. Elaboración propia.

AÑO	Estiércol (t/ha)	Estiércol (t)	Estiércol (€)	Maquinaria (€)	Coste (€)
1-4	0	0	0	0	0
5	14	42	1596	75,6	1671,6
6	0	0	0	0	0
7	14	42	1596	75,6	1671,6
8	0	0	0	0	0
9	14	42	1596	75,6	1671,6
10	0	0	0	0	0
11	14	42	1596	75,6	1671,6
12	0	0	0	0	0
13	14	42	1596	75,6	1671,6
14	0	0	0	0	0
15	14	42	1596	75,6	1671,6
16	0	0	0	0	0
17	14	42	1596	75,6	1671,6
18	0	0	0	0	0
19	14	42	1596	75,6	1671,6
20	0	0	0	0	0
21	14	42	1596	75,6	1671,6
22	0	0	0	0	0
23	14	42	1596	75,6	1671,6
24	0	0	0	0	0
25	14	42	1596	75,6	1671,6
26	0	0	0	0	0
27	14	42	1596	75,6	1671,6
28	0	0	0	0	0
29	14	42	1596	75,6	1671,6
30	0	0	0	0	0
31	14	42	1596	75,6	1671,6
32	0	0	0	0	0
33	14	42	1596	75,6	1671,6
34	0	0	0	0	0
35	14	42	1596	75,6	1671,6
36	0	0	0	0	0
37	14	42	1596	75,6	1671,6
38	0	0	0	0	0
39	14	42	1596	75,6	1671,6
40	0	0	0	0	0

FERTILIZACIÓN MINERAL

Las necesidades de fertilización mineral se calcularon en el Anejo III, sabiendo que se usan 4 tipos de abonos distintos, los precios de estos son los siguientes:

- N 25%: 7,4 €/kg
- DAP: 0,93 €/kg
- Abono cristalino + micros: 3,27 €/kg
- Sulfato potásico cristalino: 1 €/kg

A partir del año 6, cuando se considera que la plantación inicia su fase productiva, se establece un patrón alternante de vecería para diferenciar los años de alta y baja producción. Los años pares (6, 8, 10...) se consideran años ON, con mayores necesidades nutricionales, mientras que los años impares (7, 9, 11...) se consideran años OFF, con menores requerimientos.

En la Tabla 3 se muestran los costes de la fertilización mineral.

Tabla 3. Costes fertilización mineral. Elaboración propia.

AÑO	N 25% (kg)	DAP (kg)	Cristalino + micros (kg)	Sulfato potásico (kg)	Coste (€)
1	10,08	0	0	0	74,59
2	50,91	1,69	0	0	378,31
3	109,09	4,68	0,23	0	812,37
4	150,9	4,88	1,99	0	1127,71
5	207,59	3,86	4,33	0	1553,91
AÑOS PARES ON	416,32	15,15	0	266,77	3361,63
AÑOS IMPARES OFF	373,95	20,24	0	90,6	2876,65

Se consideran también los abonados foliares de microelementos en la etapa de floración-cuajado en fase adulta. Se realiza un tratamiento mediante atomizador de 2.000 L, con el tractor de 130 CV, tiempo estimado de 0,19 h/ha y precio de la aplicación de 10 €/h. El precio del abono es de 5 €/L, con una dosis de 2 L/ha.

$$\begin{aligned}
 \text{Coste abono foliar} &= 0,19 \frac{h}{ha} \times 3 ha \times (20 + 10 + 10) \frac{€}{h} \\
 &= 22,8 \frac{€}{año} + \left(\frac{5 €}{L} \times \frac{2 L}{ha} \times 3 ha \right) = 52,8 €/año
 \end{aligned}$$

ANÁLISIS FOLIAR

Se va a realizar un análisis foliar una vez al año. El coste de este análisis se encuentra sobre los 45 €.

4.1.4. Control de plagas y enfermedades

Se va a considerar la aplicación de productos fitosanitarios en la plantación mediante un atomizador arrastrado. Los tratamientos dependerán de lo que venga especificado en los productos según el fabricante. Para poder realizar una estimación del precio, se van a considerar que se realizan 4 aplicaciones al año de fitosanitarios con un precio aproximado de 75 €/ha al año de estos.

Las aplicaciones comenzarán dependiendo de la presencia de patologías o no, por lo que se considera el caso más desfavorable en el cual se comenzarían los tratamientos ya en el primer año de plantación. Se utilizará el tractor de 130 CV con un atomizador de 2.000 L, las horas de trabajo son de 0,19 h/ha, con un precio de 10 €/h.

Coste control plagas y enfermedades

$$\begin{aligned}
 &= 4 \text{ tratamientos} \times 0,19 \frac{h}{ha} \times 3 ha \times (20 + 10 + 10) \frac{€}{h} \\
 &= 91,2 \frac{€}{año} + (75 \times 3) = 316,2 €/año
 \end{aligned}$$

4.1.5. Recolección

Se utilizará el tractor de 130 CV para la recolección de los pistachos, el tiempo estimado de la realización del trabajo es de 0,7 h/ha y el precio del paraguas invertido es de 30 €/h.

$$\text{Coste recolección} = 0,7 \frac{h}{ha} \times 3 ha \times (20 + 10 + 30) \frac{€}{h} = 126 \frac{€}{año}$$

4.1.6. Seguro agrícola

Para garantizar la viabilidad económica del proyecto frente a fenómenos climáticos adversos y otros riesgos, se contempla la contratación de un seguro agrario específico para cultivos leñosos, gestionado a través de Agroseguro (Línea 310 – Frutos secos), que incluye el cultivo del pistacho.

Dado que las necesidades de cobertura varían a lo largo de la vida útil de la plantación, se diferencian dos etapas:

AÑOS 1–5: ETAPA NO PRODUCTIVA.

Se contratará el Módulo P, que cubre únicamente la estructura de la plantación (árboles) frente a daños por fauna silvestre, incendios, inundaciones o lluvias torrenciales. Esta modalidad evita asegurar la producción, inexistente en esta fase, y permite reducir el coste del seguro.

$$\text{Coste seguro etapa no productiva} = 70 \frac{€}{ha} \times 4,14 ha = 289,8 €/año$$

AÑOS 6–40: ETAPA PRODUCTIVA.

Se contratará el Módulo 1, que cubre tanto la estructura como la producción frente a heladas, pedrisco, vecería, incendios, fauna e inundaciones, entre otros riesgos. Esta cobertura es fundamental para proteger los ingresos generados por la recolección.

$$\text{Coste seguro etapa productiva} = 110 \frac{€}{ha} \times 4,14 ha = 455,4 €/año$$

4.2. Pagos extraordinarios

A lo largo de los 40 años de vida útil del proyecto, además de los pagos ordinarios se han considerado una serie de pagos extraordinarios para cubrir necesidades puntuales de mantenimiento y reposición:

- Reposición inicial de marras (años 1–3): hasta 300 € si la tasa de fallos supera el 5%.
- Sustitución de componentes del sistema de riego (año 20): 2.500 € para renovación de goteros, electroválvulas y bombeo.
- Renovación parcial de la instalación solar (año 30): 2.000 € para baterías, reguladores y variadores.
- Mantenimiento estructural periódico: 250 € cada 5 años, incluyendo pequeñas reparaciones y ajustes.

4.3. Resumen de pagos

En la Tabla 4 quedan reflejados los pagos totales anuales a lo largo de la vida útil de la plantación.

Tabla 4. Resumen de pagos a lo largo de la vida útil. Elaboración propia.

AÑO	Ud.	Mantenimiento del suelo	Podas	Fert. Orgánica	Fert. Mineral	Fert. Foliar	Análisis foliar	Plagas y enfermedades	Recolección	Seguro	Extraordinarios	Total
1	€	1529,08	1286	0	74,59	0	45	316,2	0	289,8	300	3840,67
2	€	1529,08	1286	0	378,31	0	45	316,2	0	289,8	300	4144,39
3	€	1529,08	1286	0	812,37	0	45	316,2	0	289,8	300	4578,45
4	€	1529,08	1286	0	1127,71	0	45	316,2	0	289,8	0	4593,79
5	€	1529,08	1286	1671,6	1553,91	0	45	316,2	0	289,8	250	6941,59
6	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
7	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
8	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
9	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
10	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	250	8065,11
11	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
12	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
13	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
14	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
15	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	250	9251,73
16	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
17	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
18	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
19	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
20	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	2750	10565,11
21	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
22	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
23	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
24	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
25	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	250	9251,73
26	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
27	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
28	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
29	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
30	€	1529,08	3215	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	2250	11351,11
31	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
32	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
33	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
34	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
35	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	250	9251,73
36	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
37	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
38	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11
39	€	1529,08	1929	1671,6	2876,65	52,8	45	316,2	126	455,4	0	9001,73
40	€	1529,08	1929	0	3361,63	52,8	45	316,2	126	455,4	0	7815,11

5. COBROS

En este apartado se recogen los ingresos económicos que generará la explotación de pistachos a lo largo de su vida útil, estimada en 40 años. Estos cobros provienen principalmente de la venta de la producción anual, aunque también se contempla la posibilidad de ayudas públicas y otros ingresos puntuales.

Se diferencian dos tipos de cobros:

- Cobros ordinarios: Aquellos que se repiten cada año durante la etapa productiva de la plantación, como la venta de pistachos (grano limpio seco), en función de la producción estimada y del precio de mercado.
- Cobros extraordinarios: Ingresos puntuales que pueden obtenerse a lo largo del tiempo, como pueden ser subvenciones agroambientales o posibles compensaciones por seguros agrarios en caso de siniestros indemnizables.

5.1. Cobros ordinarios

Los cobros ordinarios hacen referencia a los ingresos recurrentes derivados de la venta de la producción anual de pistacho, expresada en grano seco y limpio. Estos ingresos

comenzarán a percibirse una vez la plantación entre en la fase productiva, es decir, en el sexto año, incrementándose progresivamente hasta alcanzar su máxima capacidad productiva en torno al año 15.

El precio del pistacho se estima en función de valores de mercado actuales en lonjas nacionales, adoptando una media prudente para este estudio económico. Para el cálculo de los ingresos por venta de la producción de pistacho, se utilizarán los precios al agricultor de Talavera de la Reina (ANEJO I), al ser el punto de referencia más próximo geográficamente a Santa Cruz de la Zarza y a la empresa comercializadora Vitium Pistachios, donde se entregará la producción.

Ya que el pistacho recolectado irá directamente a la procesadora para ser tratado, el precio a considerar para los ingresos será el del pistacho en verde, es decir, 2,10 €/kg.

La estimación de la producción anual de pistacho en esta plantación se ha realizado a partir de la tabla publicada en el libro técnico “El Cultivo del Pistacho”. La tabla original muestra los rendimientos medios por hectárea para la variedad *Kerman* en condiciones de regadío, con un marco de plantación y manejo agronómico comparable al de este proyecto.

Dado que la variedad cultivada en la presente plantación es *Sirora*, se ha aplicado un incremento del 10 % sobre los valores de la tabla original, en base a los siguientes argumentos técnicos:

- *Sirora* presenta una entrada en producción más temprana.
- Tiene una producción media más elevada y regular, con menor vecería.
- Está especialmente recomendada en zonas cálidas y de regadío como la del presente proyecto.

Además, los datos originales del libro reflejan la producción en pistacho seco y limpio, mientras que en el presente proyecto la producción se entregará directamente en verde sin realizar tareas de secado ni limpieza en finca. Por tanto, se ha utilizado un factor de conversión de 2,7 para pasar de pistacho seco y limpio a verde, basado en valores medios del sector. Este valor es el recomendado por cooperativas como Pistamancha (3.000–3.500 kg verde $\approx$ 1.000 kg seco) y aceptado por procesadoras como Vitium Pistachios, situándose dentro del rango habitual de 2,5 a 3,0.

En la Tabla 5 se recogen los cobros generados por la producción a lo largo de la vida útil de la plantación.

Tabla 5. Cobros por producción. Fuente: El Cultivo del Pistacho, elaboración propia.

AÑO	Producción (kg/ha)	Superficie (ha)	Precio (€/kg)	Cobros (€)
1-5	0	3	2,1	0
6	1782	3	2,1	11226,60
7	3119	3	2,1	19646,55
8	4455	3	2,1	28066,50
9	5224	3	2,1	32912,65
10	3713	3	2,1	23388,75
11-15	5477	3	2,1	34503,08
16-40	7425	3	2,1	46777,50

5.2. Cobros extraordinarios

Se considera como cobro adicional la percepción de ayudas directas procedentes de la Política Agraria Común (PAC). En este caso, al tratarse de una plantación de pistacho en régimen de regadío, se entiende que cumple con los requisitos para acceder a la ayuda básica a la renta para la sostenibilidad, conforme a lo establecido en el Plan Estratégico de la PAC 2023–2027.

La ayuda se otorga en función de la superficie declarada y no depende del estado productivo del cultivo, por lo que se aplicará desde el primer año de vida útil del proyecto. Para este estudio, se ha adoptado un valor medio de referencia de 130 €/ha/año, compatible con las ayudas correspondientes a frutos secos en regadío en Castilla-La Mancha.

$$\text{Cobro PAC} = 130 \text{ €} \times 4,14 \text{ ha} = 538,2 \text{ €/año}$$

5.3. Resumen de cobros

En la Tabla 6 quedan reflejados los cobros totales anuales a lo largo de la vida útil de la plantación.



Tabla 6. Resumen de los pagos a lo largo de la vida útil. Elaboración propia.

AÑO	Ud.	Ordinarios	Extraordinarios	Total
1	€	0	538,2	538,20
2	€	0	538,2	538,20
3	€	0	538,2	538,20
4	€	0	538,2	538,20
5	€	0	538,2	538,20
6	€	11226,6	538,2	11764,80
7	€	19646,55	538,2	20184,75
8	€	28066,5	538,2	28604,70
9	€	32912,649	538,2	33450,85
10	€	23388,75	538,2	23926,95
11	€	34503,084	538,2	35041,28
12	€	34503,084	538,2	35041,28
13	€	34503,084	538,2	35041,28
14	€	34503,084	538,2	35041,28
15	€	34503,084	538,2	35041,28
16	€	46777,5	538,2	47315,70
17	€	46777,5	538,2	47315,70
18	€	46777,5	538,2	47315,70
19	€	46777,5	538,2	47315,70
20	€	46777,5	538,2	47315,70
21	€	46777,5	538,2	47315,70
22	€	46777,5	538,2	47315,70
23	€	46777,5	538,2	47315,70
24	€	46777,5	538,2	47315,70
25	€	46777,5	538,2	47315,70
26	€	46777,5	538,2	47315,70
27	€	46777,5	538,2	47315,70
28	€	46777,5	538,2	47315,70
29	€	46777,5	538,2	47315,70
30	€	46777,5	538,2	47315,70
31	€	46777,5	538,2	47315,70
32	€	46777,5	538,2	47315,70
33	€	46777,5	538,2	47315,70
34	€	46777,5	538,2	47315,70
35	€	46777,5	538,2	47315,70
36	€	46777,5	538,2	47315,70
37	€	46777,5	538,2	47315,70
38	€	46777,5	538,2	47315,70
39	€	46777,5	538,2	47315,70
40	€	46777,5	538,2	47315,70

6. FLUJOS DE CAJA

Los flujos de caja representan la diferencia entre los cobros y los pagos generados por la explotación en cada año. Permiten conocer de forma detallada la evolución económica del proyecto, reflejando si este genera beneficios o pérdidas a lo largo del tiempo. En la Tabla 7 se muestran los flujos de caja a lo largo de la vida útil de la plantación, se considera la inversión inicial en el año 0.

Tabla 7. Flujos de caja. Elaboración propia.

AÑO	Ud	INGRESOS	GASTOS	FLUJO DE CAJA
0	€	0	87700,28	-87700,28
1	€	538,20	3840,67	-3302,47
2	€	538,20	4144,39	-3606,19
3	€	538,20	4578,45	-4040,25
4	€	538,20	4593,79	-4055,59
5	€	538,20	6941,59	-6403,39
6	€	11764,80	7815,11	3949,69
7	€	20184,75	9001,73	11183,02
8	€	28604,70	7815,11	20789,59
9	€	33450,85	9001,73	24449,12
10	€	23926,95	8065,11	15861,84
11	€	35041,28	9001,73	26039,55
12	€	35041,28	7815,11	27226,18
13	€	35041,28	9001,73	26039,55
14	€	35041,28	7815,11	27226,18
15	€	35041,28	9251,73	25789,55
16	€	47315,70	7815,11	39500,59
17	€	47315,70	9001,73	38313,97
18	€	47315,70	7815,11	39500,59
19	€	47315,70	9001,73	38313,97
20	€	47315,70	10565,11	36750,59
21	€	47315,70	9001,73	38313,97
22	€	47315,70	7815,11	39500,59
23	€	47315,70	9001,73	38313,97
24	€	47315,70	7815,11	39500,59
25	€	47315,70	9251,73	38063,97
26	€	47315,70	7815,11	39500,59
27	€	47315,70	9001,73	38313,97
28	€	47315,70	7815,11	39500,59
29	€	47315,70	9001,73	38313,97
30	€	47315,70	11351,11	35964,59
31	€	47315,70	9001,73	38313,97
32	€	47315,70	7815,11	39500,59
33	€	47315,70	9001,73	38313,97
34	€	47315,70	7815,11	39500,59
35	€	47315,70	9251,73	38063,97
36	€	47315,70	7815,11	39500,59
37	€	47315,70	9001,73	38313,97
38	€	47315,70	7815,11	39500,59
39	€	47315,70	9001,73	38313,97
40	€	47315,70	7815,11	39500,59

7. CRITERIOS DE RENTABILIDAD

En este apartado se analizan los principales indicadores económicos que permiten evaluar la rentabilidad del proyecto a lo largo de su vida útil. A través del cálculo del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), el Plazo de Recuperación de la Inversión (PRI) y la Relación Beneficio-Inversión (B/I), se podrá determinar si la plantación de pistachos proyectada es económicamente viable y atractiva desde el punto de vista financiero.

7.1. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador que mide la rentabilidad de una inversión, calculando la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y el valor actualizado de los pagos del proyecto. Un VAN positivo indica que la inversión es rentable, mientras que un VAN negativo refleja pérdidas. Este criterio tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo mediante la aplicación de un tipo de descuento.

Este valor se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{j=1}^{n=40} \frac{R_j}{(1+r)^j}$$

Siendo:

- R_j : Flujos de caja para cada año.
- r : Tasa de actualización (5%), valor de referencia habitual en estudios de inversiones agrarias con horizonte a largo plazo. Esta tasa refleja adecuadamente el coste de oportunidad del capital y un nivel de riesgo medio, tal como recomienda el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) en sus guías para la evaluación de proyectos agrícolas.

En la Tabla 8 quedan reflejados los resultados del VAN, dando resultados positivos, lo cual indica que el proyecto será rentable.



Tabla 8. Valores anuales del VAN. Elaboración propia.

AÑO	Ud	VAN
0	€	-87700,28
1	€	-3145,21
2	€	-3270,92
3	€	-3490,12
4	€	-3336,54
5	€	-5017,23
6	€	2947,32
7	€	7947,56
8	€	14071,21
9	€	15760,12
10	€	9737,80
11	€	15224,79
12	€	15160,55
13	€	13809,33
14	€	13751,07
15	€	12405,21
16	€	18095,68
17	€	16716,26
18	€	16413,31
19	€	15162,14
20	€	13850,91
21	€	13752,51
22	€	13503,27
23	€	12473,93
24	€	12247,87
25	€	11240,39
26	€	11109,18
27	€	10262,33
28	€	10076,35
29	€	9308,24
30	€	8321,40
31	€	8442,85
32	€	8289,84
33	€	7657,91
34	€	7519,13
35	€	6900,63
36	€	6820,07
37	€	6300,18
38	€	6186,00
39	€	5714,45
40	€	5610,89
TOTAL		276830,36

7.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

La TIR o Tasa Interna de Rentabilidad es un indicador financiero que mide la rentabilidad porcentual de una inversión. Representa el tipo de interés que hace que el Valor Actual Neto (VAN) sea igual a cero. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento usada (5%) el proyecto es rentable, pero si la TIR es menor, la inversión no es recomendable.

$$0 = \sum_{j=1}^{n=40} \frac{R_j}{(1+r)^j}$$

A la TIR del proyecto le corresponde un valor de 12,84%.

7.3. Plazo de Recuperación de la Inversión (PRI)

El Plazo de Recuperación es un indicador económico que muestra cuántos años tarda una inversión en recuperarse, es decir, en qué momento los beneficios acumulados igualan la inversión inicial. Se calcula sumando de forma acumulada los flujos de caja anuales hasta que la total iguala o supera la inversión.

En este proyecto, la inversión se recupera en el año 12, lo que significa que, a partir de ese momento, la explotación comienza a generar beneficios netos. Este resultado refleja una recuperación relativamente temprana para un cultivo leñoso como el pistacho, confirmando la viabilidad económica del proyecto a medio plazo.

7.4. Relación beneficio inversión (B/I)

La Relación Beneficio-Inversión (B/I) es un indicador económico que compara los ingresos totales actualizados con los costes totales actualizados de un proyecto. Sirve para evaluar la eficiencia de la inversión. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Relación B/I} = \frac{\text{VAN}}{\text{Inversión inicial}} = \frac{276830,36}{87700,28} = 3,16$$

La relación beneficio-inversión obtenida es de 3,16. Este resultado indica que, por cada euro invertido, se generan 3,16 € de beneficio neto a lo largo de la vida útil de la plantación. Este valor refleja una rentabilidad económica y confirma la viabilidad y eficiencia del proyecto.

8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad tiene como objetivo estudiar cómo afectan posibles variaciones en los parámetros clave (como el precio de venta, la producción o los costes) a la rentabilidad del proyecto. Para ello, se plantean distintos escenarios en los que se modifican estas variables respecto al caso base.

A través de este análisis se recalculan los principales indicadores económicos (VAN, TIR, PRI y B/C), permitiendo evaluar la estabilidad del proyecto ante situaciones menos favorables. Los escenarios los cuales se van a analizar son:

- Disminución de la producción en un 10%.

- Bajada del precio del pistacho en el mercado a 1,4 €/kg.
- Subida de la tasa de actualización al 7%, considerando precio de 1,75 €/kg.

8.1. Disminución de la producción en un 10%

En la Tabla 9 se muestran los resultados para el escenario de la disminución de la producción en un 10 %.

Tabla 9. Escenario 1, disminución de la producción. Elaboración propia.

VAN	228813,98 €
TIR	11,87% > 5%
PLAZO DE RECUPERACIÓN	12 años
B/I	2,61
RENTABLE	

A pesar de esta caída en la producción, los resultados económicos obtenidos muestran que el proyecto continúa siendo rentable.

El Valor Actual Neto (VAN) alcanza los 228.813,98 €, lo que indica que la inversión sigue generando un importante excedente de valor. La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) se sitúa en un 11,87 %, ampliamente por encima de la tasa de actualización del 5 %, lo que refleja una rentabilidad atractiva para el promotor. El plazo de recuperación de la inversión se mantiene en 12 años, lo cual es razonable para un proyecto con una vida útil de 40 años.

Además, la relación beneficio-inversión (B/I) alcanza un valor de 2,61, lo que significa que por cada euro invertido se obtiene un retorno de 2,61 €, consolidando la eficiencia económica del proyecto.

Por tanto, el proyecto es capaz de absorber un descenso moderado en la producción sin comprometer su viabilidad económica, mostrando así una buena capacidad de resistencia frente a posibles fluctuaciones productivas.

8.2. Bajada del precio del pistacho en el mercado a 1,4 €/kg

En la Tabla 10 se muestran los resultados para el escenario de disminución del precio del mercado del pistacho a 1,4 €/kg.

Tabla 10. Escenario 2, disminución del precio de mercado. Elaboración propia.

VAN	115474,15 €
TIR	9,08% > 5%
PLAZO DE RECUPERACIÓN	15 años
B/I	1,32
RENTABLE	

A pesar de esta reducción del 33 % en el precio de venta, el proyecto continúa siendo rentable. El Valor Actual Neto (VAN) se mantiene en 115.474,15 €, lo que indica que la

inversión sigue generando beneficios netos a lo largo de la vida útil de la plantación. La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) se reduce hasta el 9,08 %, pero continúa siendo superior a la tasa de actualización utilizada (5 %), lo que demuestra que la rentabilidad del proyecto sigue siendo positiva.

El plazo de recuperación de la inversión se alarga hasta los 15 años, lo cual sigue siendo asumible teniendo en cuenta que la vida útil del proyecto es de 40 años. La relación beneficio-inversión (B/I) desciende a 1,32, lo que indica una menor eficiencia económica respecto al caso base, pero todavía superior a la unidad, lo cual garantiza que los beneficios superan a los costes.

Incluso ante un escenario de precios bajos, el proyecto conserva su viabilidad económica, lo que pone de manifiesto una buena capacidad de adaptación frente a fluctuaciones del mercado.

8.3. Subida de la tasa de actualización a un 7% con precio de 1,75 €/kg

En la Tabla 11 se muestran los resultados para el escenario de aumento de la tasa de actualización al 7% y bajada de precio a 1,75 €/kg.

Tabla 11. Escenario 3, aumento de la tasa de actualización y bajada de precio. Elaboración propia.

VAN	101203,00 €
TIR	11,15% > 7%
PLAZO DE RECUPERACIÓN	13 años
B/I	1,15
RENTABLE	

A pesar de estas condiciones, el proyecto sigue arrojando resultados económicos positivos. El Valor Actual Neto (VAN) se reduce a 101.203 €, pero continúa siendo superior a cero, lo que indica que el proyecto aún genera beneficios netos descontados al nuevo tipo. La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) alcanza el 11,15 %, lo que supone un margen suficiente sobre la tasa de actualización del 7 %, y confirma que el proyecto mantiene su rentabilidad.

El plazo de recuperación de la inversión se amplía ligeramente hasta los 13 años, pero sigue siendo razonable dentro de la vida útil total del proyecto (40 años). Por su parte, la relación beneficio-inversión (B/I) se reduce a 1,15, reflejando una rentabilidad más ajustada, aunque todavía positiva.

Incluso bajo un escenario que combina un menor precio del producto con un mayor coste del capital, el proyecto se mantiene viable y rentable, lo que demuestra una sólida resiliencia económica frente a escenarios adversos.

9. CONCLUSIÓN

El análisis económico-financiero realizado demuestra que la plantación de pistachos proyectada en Santa Cruz de la Zarza resulta económicamente viable y rentable en el escenario base, con un VAN de 276.830,36 €, una TIR del 12,84 %, un plazo de

recuperación de la inversión de 12 años y una relación beneficio-inversión (B/I) de 3,16. Estos valores evidencian que el proyecto genera valor añadido sostenido a lo largo de su vida útil, estimada en 40 años.

El análisis de sensibilidad realizado ha permitido evaluar la resiliencia del proyecto ante variaciones significativas en parámetros críticos como el precio de venta, la producción y la tasa de actualización. Incluso en escenarios menos favorables el proyecto sigue siendo rentable, manteniendo VAN positivos, TIR superiores a la tasa de actualización y plazos de recuperación razonables.

Por tanto, el proyecto cuenta con un amplio margen de seguridad, mostrando solidez económica incluso ante situaciones adversas.

10. BIBLIOGRAFÍA

- agróptimum. (7 de mayo de 2025). *agróptimum*. Obtenido de agróptimum: <https://agroptimum.com/pistacho-sirora>
- agroseguro. (2024). *agroseguro*. Obtenido de agroseguro: <https://agroseguro.es/seguros/seguros-agricolas/310-frutos-secos/>
- Agrovega. (2025). *Agrovega*. Obtenido de Agrovega: <https://agrovega.es/recogida-de-cosecha/pistachos/>
- AGROVIVERO. (21 de febrero de 2025). *AGROVIVERO*. Obtenido de AGROVIVERO: <https://agrovivero.com/2025/02/21/coste-de-la-plantacion-de-pistacho-por-hectarea-estimacion-detallada/>
- Calvo, A. (26 de abril de 2017). *Agroptima Blog*. Obtenido de Agroptima Blog: <https://blog.agroptima.com/es/blog/produccion-pistachos-inversion/>
- Couceiro López, J., Guerrero Villaseñor, J., Gijón López, M., Moriana Elvira, A., Pérez López, D., & Rodríguez de Francisco, M. (2017). *El Cultivo del Pistacho*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- cronoshare. (9 de enero de 2025). *cronoshare*. Obtenido de cronoshare: <https://www.cronoshare.com/cuanto-cuesta/podar-arbol>
- Grupo IberoPistacho. (18 de julio de 2021). *Grupo IberoPistacho*. Obtenido de Grupo IberoPistacho: <https://iberopistacho.com/cuantos-kilos-produce-un-arbol-del-pistacho-en-pleno-rendimiento/>
- habitissimo. (2025). *habitissimo*. Obtenido de habitissimo: <https://www.habitissimo.es/presupuestos/tratamientos-fitosanitarios>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2024). *Guía de gestión integrada de plagas Pistacho*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Obtenido de Guía de gestión integrada de plagas Pistacho: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/pistachoactualizacion_metadatos_protegida_tcm30-444529.pdf



Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2025). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/maquinaria-agricola/>

PISTAMANCHA. (21 de febrero de 2024). *PISTAMANCHA*. Obtenido de PISTAMANCHA: <https://pistamancha.com/sat-pistamancha-se-transforma-en-cooperativa-para-impulsar-el-sector-productor-del-pistacho/>

servicios-agrícolas. (4 de marzo de 2025). *servicios-agrícolas*. Obtenido de servicios-agrícolas: <https://servicios-agricolas.com/blog/rentabilidad-del-cultivo-de-pistacho>

Tecnología Hortícola. (2024). *Tecnología Hortícola*. Obtenido de Tecnología Hortícola: <https://www.tecnologiahorticola.com/pistachero-cultivo-multiplico-por-ocho-espana/>

ANEJO VIII:
ASPECTOS ÉTICOS, ECONÓMICOS,
SOCIALES Y AMBIENTALES



ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ASPECTOS ECONÓMICOS.....	1
2.1.	Rentabilidad del cultivo.....	1
2.2.	Indicadores de viabilidad.....	1
2.3.	Creación de valor local	2
2.4.	Acceso a ayudas y subvenciones	2
3.	ASPECTOS SOCIALES	2
3.1.	Incentivos a la permanencia de la población rural	2
3.2.	Generación de empleo y actividad económica	2
3.3.	Mejora técnica del sector	3
3.4.	Inclusión social y accesibilidad	3
3.5.	Imagen del sector agrícola y percepción pública.....	3
4.	ASPECTOS AMBIENTALES.....	3
4.1.	Optimización del uso de agua.....	3
4.2.	Conservación del suelo y mejora de su estructura.....	4
4.3.	Protección de la biodiversidad.....	4
4.4.	Gestión sostenible de químicos	4
4.5.	Energía renovable y reducción de emisiones	4
4.6.	Integración paisajística	4

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo tiene como finalidad analizar los impactos éticos, económicos, sociales y ambientales derivados de la implantación de una plantación de pistachos en régimen de regadío sobre una superficie de 4,14 hectáreas en el término municipal de Santa Cruz de la Zarza (Toledo).

Desde una perspectiva ética, se evaluará el compromiso del proyecto con principios de equidad, justicia intergeneracional, respeto por la biodiversidad y uso responsable de los recursos naturales. En el plano económico, se valorará la viabilidad a largo plazo y el efecto sobre la economía local, tanto en términos de generación de empleo como de rentabilidad agrícola. A nivel social, se estudiará el impacto sobre la comunidad, la fijación de población en zonas rurales, las oportunidades de inclusión y formación, así como la aceptación del cultivo por parte del entorno.

Finalmente, el análisis ambiental identificará los posibles efectos sobre el medio natural, incluyendo el consumo de agua, la gestión del suelo, el uso de insumos y la integración del proyecto en un espacio clasificado como ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves).

2. ASPECTOS ECONÓMICOS

El análisis económico del proyecto refleja una inversión racional y orientada a la rentabilidad a medio y largo plazo. La viabilidad económica es un componente esencial para garantizar la sostenibilidad del proyecto, no solo desde el punto de vista financiero, sino también como generador de riqueza en el entorno rural donde se ubica.

2.1. Rentabilidad del cultivo

El cultivo del pistacho, en condiciones de regadío y con un manejo técnico adecuado, ofrece una alta rentabilidad frente a cultivos tradicionales como el cereal de secano. A partir del sexto año, se inicia la producción comercial, alcanzando su máximo rendimiento entre los años 12 y 15, con un horizonte productivo de hasta 40 años.

Los ingresos estimados por la venta del pistacho en verde se calculan en base a precios reales de mercado (2,10 €/kg en Talavera de la Reina), con entregas directas a la procesadora Vitium Pistachios. Esto permite evitar costes postcosecha adicionales y optimizar el margen comercial.

2.2. Indicadores de viabilidad

Se han aplicado los principales criterios de evaluación económico-financiera (Anejo VII):

- VAN (Valor Actual Neto) positivo, lo que confirma la rentabilidad del proyecto.
- TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) superior al tipo de interés de referencia, validando la inversión.
- PRI (Plazo de Recuperación de la Inversión) moderado, lo que mejora el atractivo para inversores y promotores.

- Relación beneficio/inversión favorable, con un flujo de caja positivo sostenido a partir de la entrada en producción.

2.3. Creación de valor local

Además del retorno directo para el promotor, el proyecto contribuye al desarrollo económico del entorno. Se genera actividad económica en sectores como viveros, transporte, instalación de sistemas de riego, energía solar, fitosanitarios y mano de obra agrícola. También se estimula la economía circular al aprovechar estiércol local como abono y contratar maquinaria disponible en la zona.

2.4. Acceso a ayudas y subvenciones

El cumplimiento con la normativa agraria, medioambiental y de condicionalidad de la PAC permite al proyecto optar a diversas ayudas públicas: subvenciones a la instalación de cultivos leñosos, incentivos por eficiencia hídrica, o apoyos a la agricultura sostenible. Estos ingresos extraordinarios mejoran la amortización de la inversión inicial y reducen el riesgo financiero en los primeros años improductivos

3. ASPECTOS SOCIALES

La dimensión social de la plantación en Santa Cruz de la Zarza cobra especial relevancia en un contexto rural como el del municipio, caracterizado por una tendencia al despoblamiento, envejecimiento de la población y limitada diversificación económica. Este proyecto contribuye a reforzar el tejido social mediante el fomento del empleo, el aprovechamiento del entorno y el uso de los recursos locales.

3.1. Incentivos a la permanencia de la población rural

El desarrollo de actividades agrícolas rentables y modernas como el cultivo del pistacho actúa como incentivo para evitar el abandono del campo. En un municipio como Santa Cruz de la Zarza, con una densidad poblacional baja y un descenso continuado de habitantes en los últimos años, iniciativas como esta ayudan a fijar población, especialmente entre los jóvenes, y a crear oportunidades ligadas al relevo generacional agrario.

3.2. Generación de empleo y actividad económica

El proyecto implica diversas fases de trabajo que demandan mano de obra directa e indirecta. En la implantación se necesitan trabajos de preparación del terreno, instalación del sistema de riego y plantación, En el mantenimiento de la plantación se requieren numerosas labores como son la poda, las siegas, los tratamientos fitosanitarios, el riego y la fertilización. Por último, en la fase de recolección hacen falta operarios cualificados para la cosecha mecanizada.

Además, se promueve la contratación de servicios a nivel local (maquinaria, viveros, transporte), contribuyendo a dinamizar la economía del municipio y su comarca.

3.3. Mejora técnica del sector

El cultivo del pistacho requiere conocimientos técnicos específicos en materia de poda, fertirrigación, manejo del suelo y sanidad vegetal. Esto fomenta la formación y profesionalización del agricultor, impulsando una agricultura tecnificada, sostenible y competitiva. A parte de esto, este tipo de cultivos puede incentivar la creación de cooperativas o agrupaciones para la transformación, certificación y comercialización del producto en el municipio o en sus proximidades.

3.4. Inclusión social y accesibilidad

La explotación se ha planificado para facilitar una gestión mecanizada y eficiente, lo cual permite que personas con diferentes niveles de experiencia o capacidad física puedan desempeñar tareas en el cultivo. Esto abre la puerta a incorporar a colectivos con dificultades de inserción laboral, como jóvenes sin formación técnica, mujeres rurales o personas en riesgo de exclusión.

3.5. Imagen del sector agrícola y percepción pública

La transición desde cultivos extensivos tradicionales de baja rentabilidad (como cereal en secano) hacia cultivos alternativos más sostenibles y rentables, como el pistacho, mejora la imagen del sector agrícola. Este cambio proyecta un modelo de agricultura más moderno, tecnificado, respetuoso con el entorno y económicamente viable, lo cual favorece su aceptación social y su percepción como una oportunidad real de desarrollo.

4. ASPECTOS AMBIENTALES

Hay que tener muy en cuenta el respeto que se debe tener a los aspectos ambientales de la zona, y más sabiendo que el proyecto se encuentra en una zona ZEPA. La plantación ha sido diseñada con criterios de sostenibilidad ambiental, priorizando la eficiencia en el uso de recursos, la conservación del entorno y la integración paisajística.

4.1. Optimización del uso de agua

El agua constituye uno de los principales factores ambientales en este proyecto. Aunque el pistacho es un cultivo que se adapta bien a las condiciones de estrés hídrico, se el objetivo es obtener grandes producciones de pistachos, los requerimientos de agua del cultivo aumentan significativamente. Por ello, se ha optado por un sistema de riego localizado por goteo, alimentado mediante energía solar fotovoltaica, lo que garantiza:

- Reducción de pérdidas por evaporación y escorrentía.
- Aplicación precisa y controlada del agua.
- Ahorro energético y nulas emisiones de gases contaminantes en el proceso de bombeo.

El diseño técnico incluye también medidas de adaptación a la salinidad del agua, evitando riesgos para el suelo y el cultivo a largo plazo.

4.2. Conservación del suelo y mejora de su estructura

Se fomentará una cubierta vegetal natural y permanente en las calles de cultivo, lo cual contribuye a:

- Evitar la erosión hídrica y eólica.
- Mejorar la infiltración y retención de agua.
- Favorecer la biodiversidad del suelo.
- Incrementar la materia orgánica y la actividad microbiológica.

Además, el uso periódico de estiércol orgánico compostado ayuda a mantener un equilibrio nutricional y reduce la dependencia de fertilizantes minerales.

4.3. Protección de la biodiversidad

El proyecto se encuentra dentro del ámbito de la zona ZEPA “Área esteparia de La Mancha Norte”, lo que implica un especial cuidado en la planificación de las actuaciones. Se han adoptado medidas como:

- Mantenimiento de hábitats abiertos mediante cubierta vegetal.
- Reducción del laboreo mecánico.
- Aplicación controlada de fitosanitarios, bajo criterios de gestión integrada de plagas.
- Respeto a los períodos críticos para la fauna local.

Estas acciones permiten compatibilizar la actividad agrícola con la conservación de aves esteparias y otras especies características de la zona.

4.4. Gestión sostenible de químicos

Se aplican principios de agricultura racional y sostenible, reduciendo el uso de productos fitosanitarios mediante un plan de monitoreo y tratamientos dirigidos. Asimismo, se potencia el uso de abonos foliares, fertirrigación y análisis foliar anual para evitar sobrefertilización y minimizar lixiviados al suelo o acuíferos.

4.5. Energía renovable y reducción de emisiones

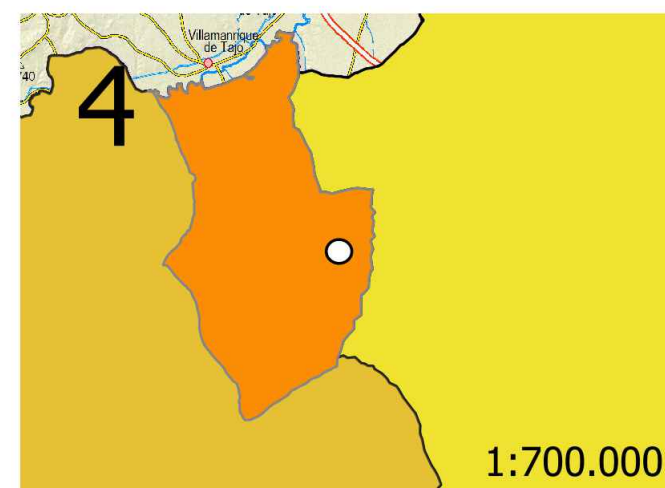
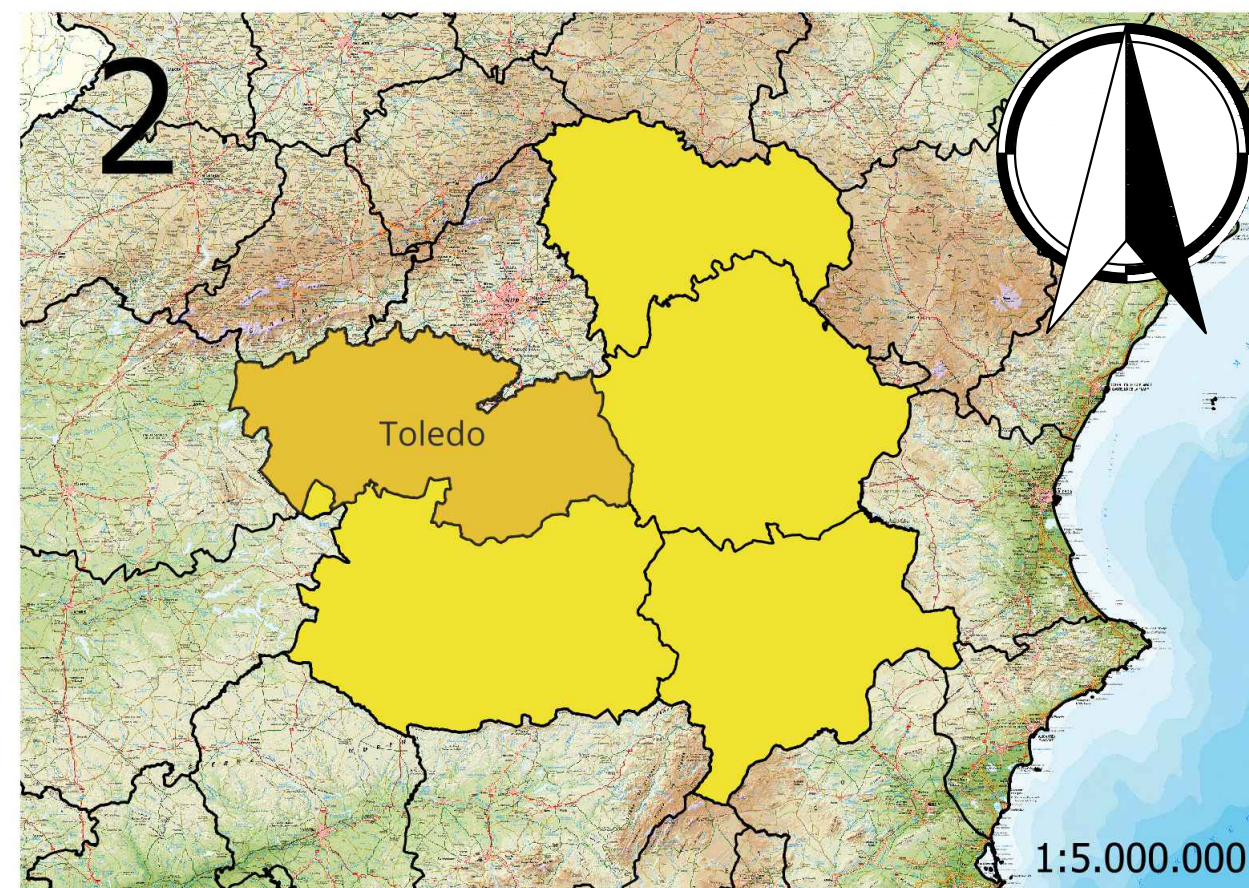
Toda la demanda energética del sistema de riego y control se cubre mediante energía solar, lo que elimina la necesidad de generadores diésel o conexión a red. Esto supone una reducción total de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al bombeo, contribuyendo a los objetivos de mitigación del cambio climático y sostenibilidad energética.

4.6. Integración paisajística

La elección de un marco de plantación amplio (7×7 m), el uso de protecciones biodegradables, y la disposición de árboles en líneas suaves respetando los límites naturales de la parcela, permiten una adecuada integración visual en el paisaje agrario tradicional, sin impactos negativos en la percepción del entorno ni en los usos del suelo colindantes.



FIRMADO: JOAQUÍN GARCÍA MEDINA



LEYENDA

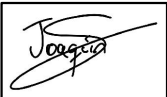
- PARCELA
- SANTA CRUZ DE LA ZARZA
- TOLEDO
- CASTILLA-LA MANCHA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID			
E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS			
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA			
TRABAJO DE FIN DE GRADO			
TITULO: PLANTACION DE PISTACHOS EN REGADÍO DE 4,14 HA EN SANTA CRUZ DE LA ZARZA (TOLEDO)			
PLANO:		LOCALIZACIÓN	
ESCALAS:	ALUMNO:	Fdo:	Nº: 01
Varias	JOAQUÍN GARCÍA MEDINA		FECHA: JUNIO-2025

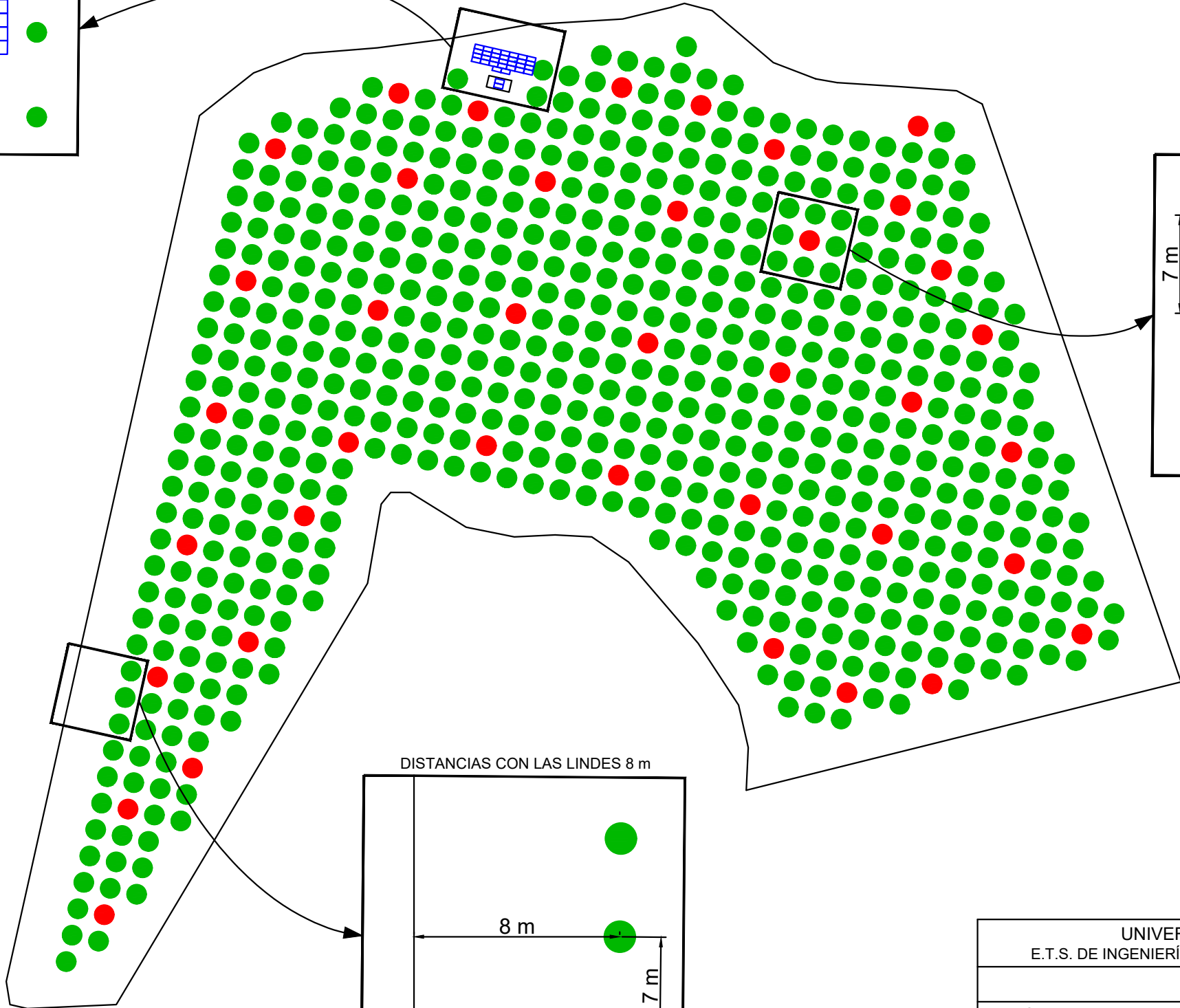
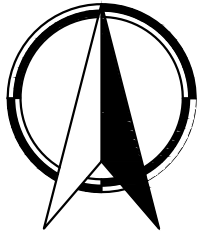
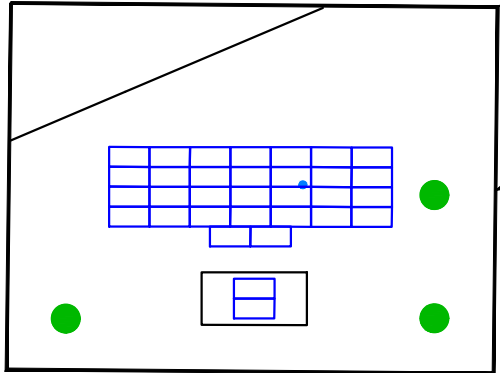


PARCELA DE ACTUACION DEL PROYECTO

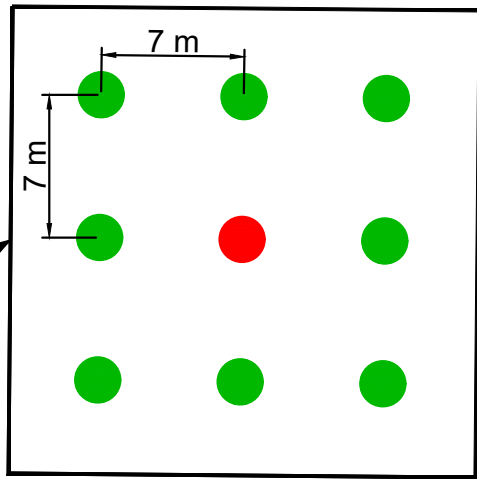
FINCA	SUPERFICIE CATASTRAL
Polígono 43, Parcela 151 – Santa Cruz de la Zarza (Toledo) Referencia catastral: 45157ª043001510000WA	2,41 ha
Polígono 43, Parcela 153 – Santa Cruz de la Zarza (Toledo) Referencia catastral: 45157ª043001530000WY	1,72 ha

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS			
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA TRABAJO DE FIN DE GRADO			
TITULO: PLANTACION DE PISTACHOS EN REGADÍO DE 4,14 HA EN SANTA CRUZ DE LA ZARZA (TOLEDO)			
PLANO: EMPLAZAMIENTO			
ESCALAS: 1:5.000	ALUMNO: JOAQUÍN GARCÍA MEDINA	Fdo: 	Nº: 02 FECHA: JUNIO-2025

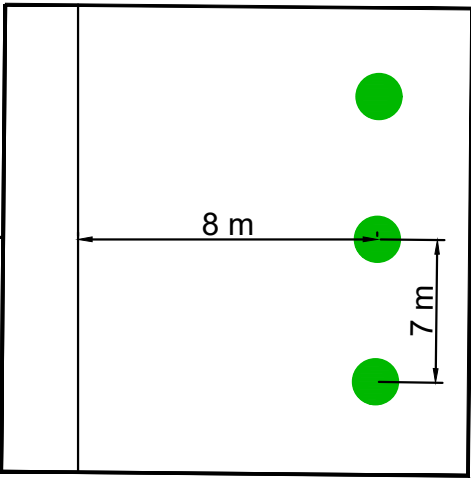
ZONA DE POZO, CASETA Y PLACAS SOLARES



MARCO DE PLANTACIÓN 7 x 7 m



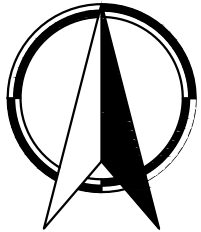
DISTANCIAS CON LAS LINDES 8 m



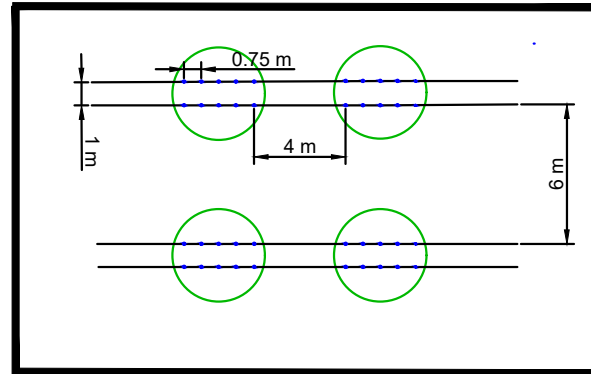
LEYENDA

- Árboles hembra (*Sirora*)
- Árboles macho (*Peters*)
- Placas solares
- Sondeo
- Caseta de riego

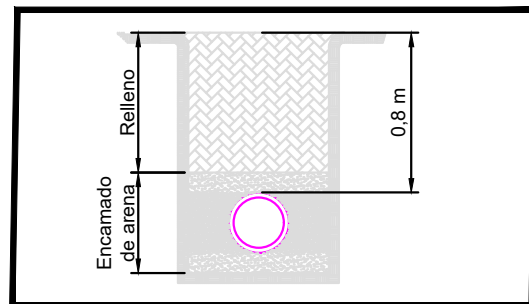
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID			
E.T.S. DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS			
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA			
TRABAJO DE FIN DE GRADO			
TITULO: PLANTACION DE PISTACHOS EN REGADÍO DE 4,14 HA EN SANTA CRUZ DE LA ZARZA (TOLEDO)			
PLANO: PLANTACIÓN			
ESCALA:	ALUMNO:	Fdo:	Nº: 03
1:1.250	JOAQUÍN GARCÍA MEDINA		FECHA: JUNIO-2025



DISPOSICIÓN DE GOTEROS



DETALLE PROFUNDIDAD TUBERÍA PRINCIPAL Y TERCIARIAS



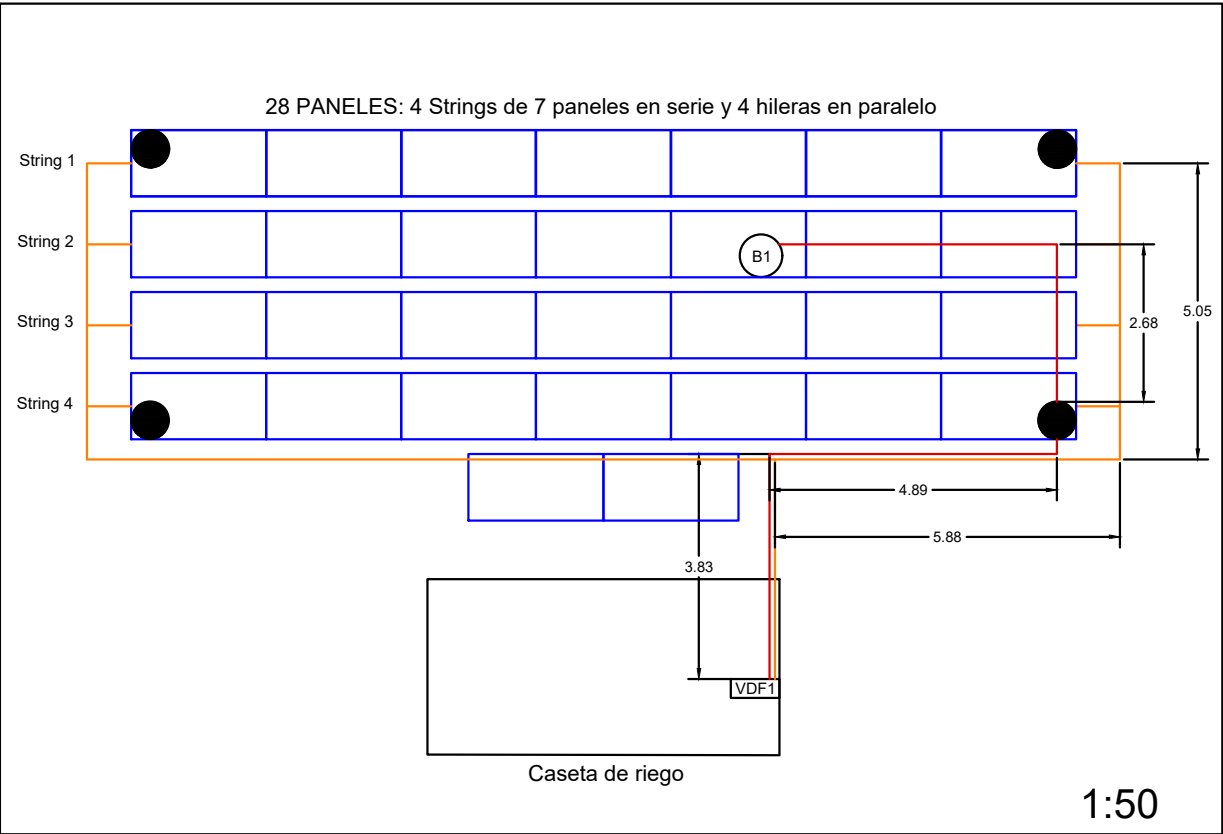
Sector	Tuberías	Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)
1	Lateral	PE	16	147 (más largo)
	Terciaria	PE	63	57
	Principal	PVC	90	139,5
2	Lateral	PE	16	83,2 (más largo)
	Terciaria	PE	63	85
	Principal	PVC	90	85,2
3	Lateral	PE	16	83,9 (más largo)
	Terciaria	PE	63	112
	Principal	PVC	90	210,5

LEYENDA

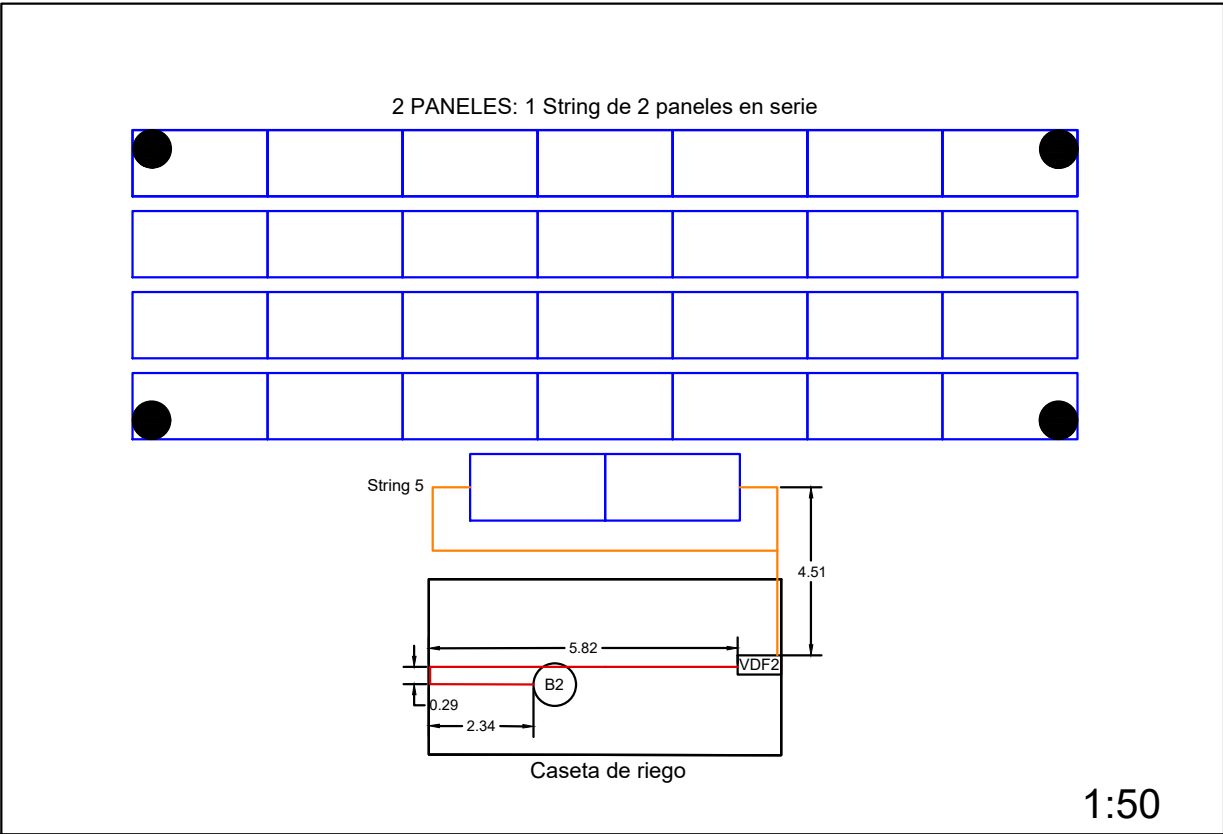
- Sondeo
- Tubería principal
- Tubería terciaria 1º sector
- Tubería terciaria 2º sector
- Tubería terciaria 3º sector
- Laterales 1º sector
- Laterales 2º sector
- Laterales 3º sector
- Arquetas

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID			
E.T.S. DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS			
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA			
TRABAJO DE FIN DE GRADO			
TÍTULO: PLANTACION DE PISTACHOS EN REGADÍO DE 4,14 HA EN SANTA CRUZ DE LA ZARZA (TOLEDO)			
PLANO: RIEGO			
ESCALA:	ALUMNO:	Fdo:	Nº: 04
1:1.250	JOAQUÍN GARCÍA MEDINA		FECHA: JUNIO-2025

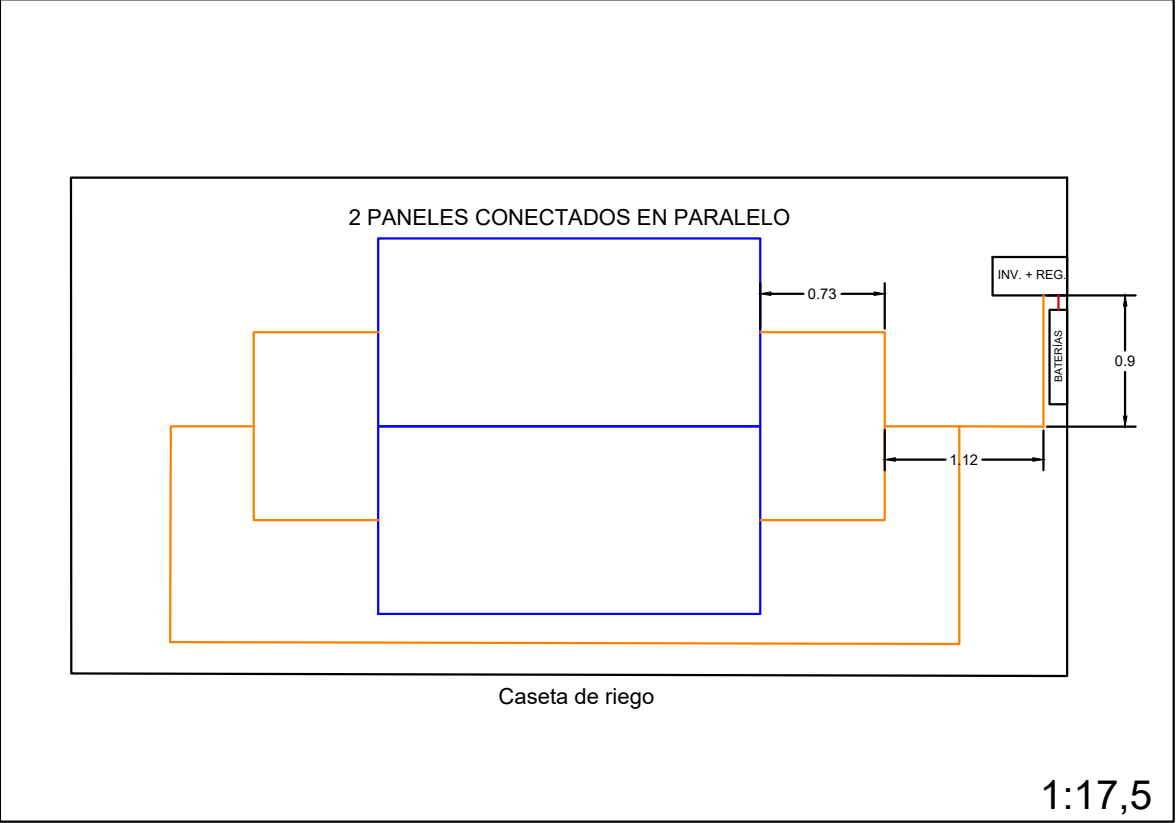
SISTEMA FOTOVOLTAICO 1 (Bomba de sondeo)



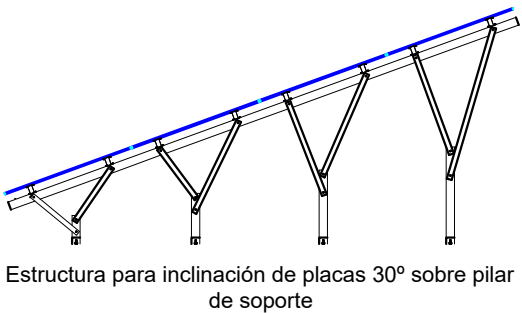
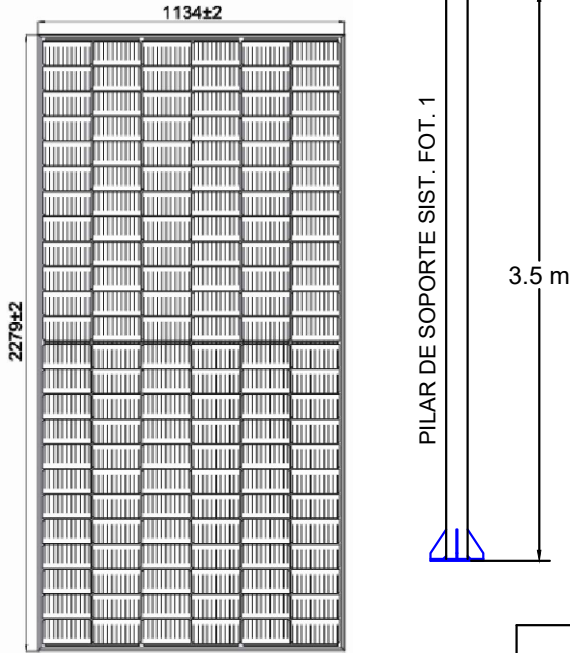
SISTEMA FOTOVOLTAICO 2 (Bomba de fertirriego)



SISTEMA FOTOVOLTAICO 2



DETALLE PLACA SOLAR

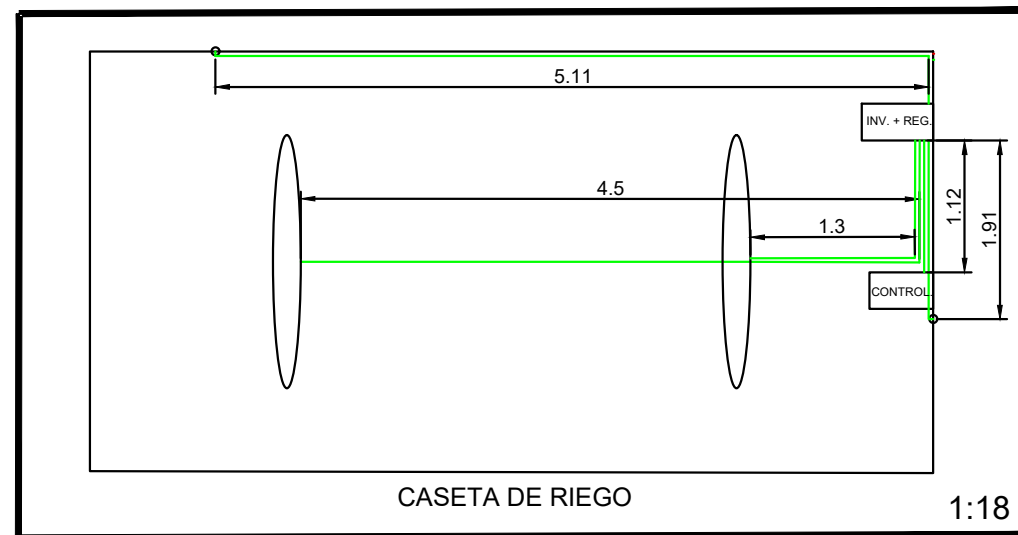
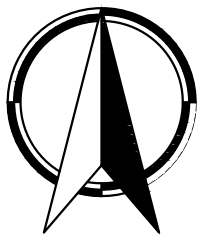


LEYENDA

	Conductores DC: - Sección 8 mm² - Canalización sistema tipo B1 - Unipolares de cobre - Aislamiento XPLE
	Conductores AC: - Sección 3x14 mm² - Canalización sistema tipo B2 - Cables de cobre - Aislamiento XPLE
	Placas solares: - Monocristalinos 550 Wp - 144 células PERC - Dimensiones 2279x1134x35 mm
	Pilares de soporte de placas: - Postes metálicos estructurales - 4 unidades dispuestos en las esquinas - Elevación de 3,5 m, anclados al terreno
	Bomba de sondeo: - Bomba sumergible multietapas - Motor trifásico 7,5 CV, 400 V AC - Apta para alimentación solar
	Bomba de fertirriego: - Bomba dosificadora de pistón - Motor trifásico 0,37 kW, 400 V AC - Apta para fertilizantes líquidos
	Variador de frecuencia bomba de sondeo: - Variador de frecuencia solar trifásico de 7,5 kW - Entrada DC - Salida 400 V AC, - protecciones integradas y carcasa IP65
	Variador de frecuencia bomba de fertirriego: - Variador de frecuencia compacto de 0,75 kW - Entrada DC - Salida trifásica 400 V AC - Protecciones integradas
	Cuadro del inversor y regulador: - Inversor híbrido off-grid 1200 W - 36 V DC / 230 V AC - Onda senoidal pura - Regulador MPPT
	Baterías: - Baterías LiFePO₄ en serie - 36 V, 25 Ah

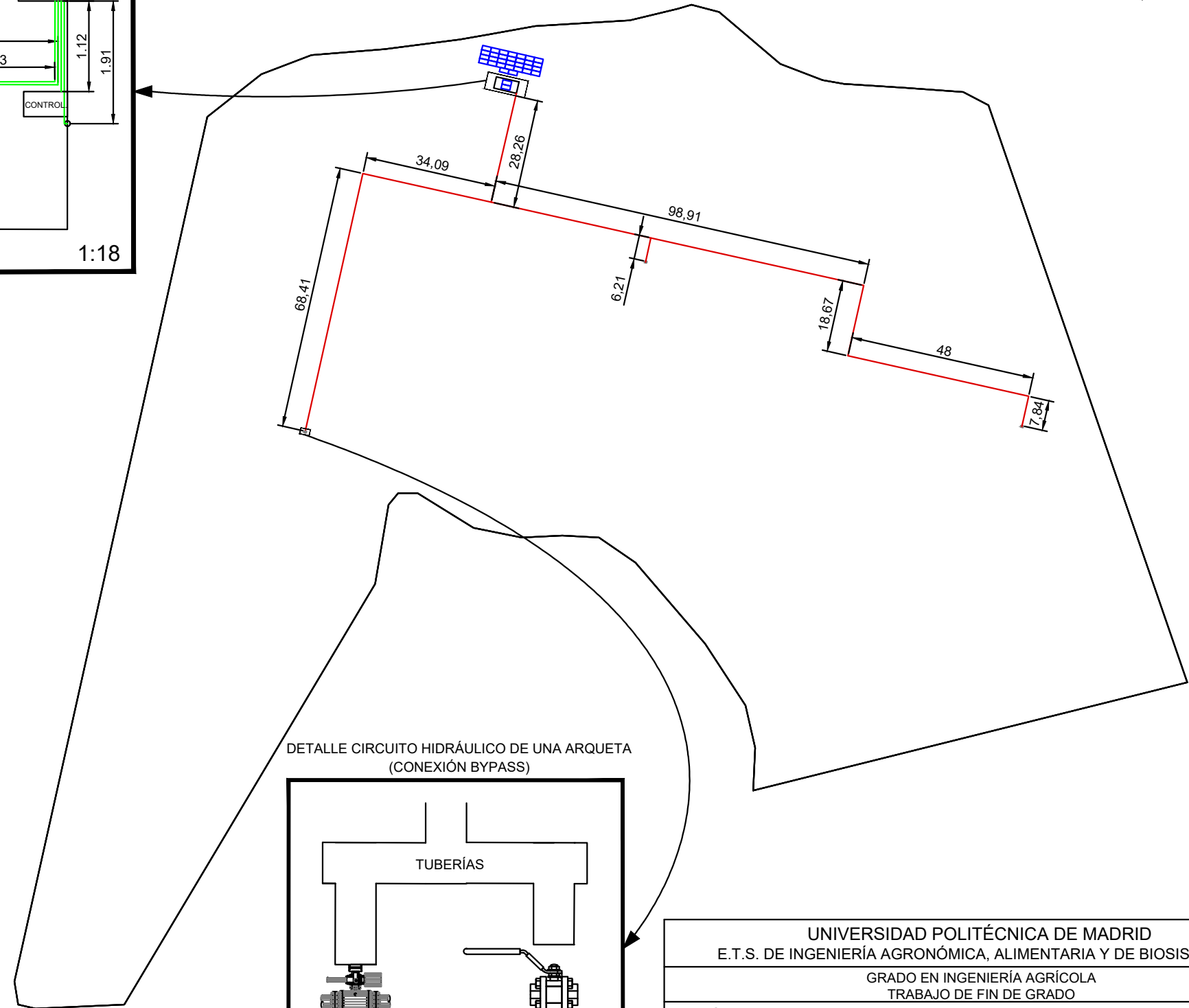
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID			
E.T.S. DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS			
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA			
TRABAJO DE FIN DE GRADO			
TÍTULO: PLANTACION DE PISTACHOS EN REGADÍO DE 4,14 HA EN SANTA CRUZ DE LA ZARZA (TOLEDO)			
PLANO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
ESCALAS:	ALUMNO:	Fdo:	Nº: 05
Varias	JOAQUÍN GARCÍA MEDINA		FECHA: JUNIO-2025

DETALLE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN LA CASETA DE RIEGO:
CABLEADO DESDE EL CUADRO DEL INVERSOR

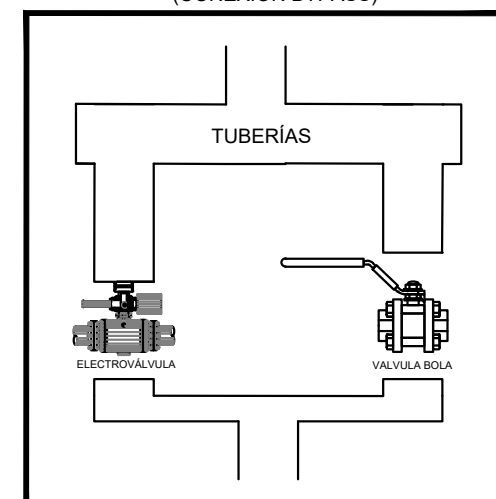


LEYENDA

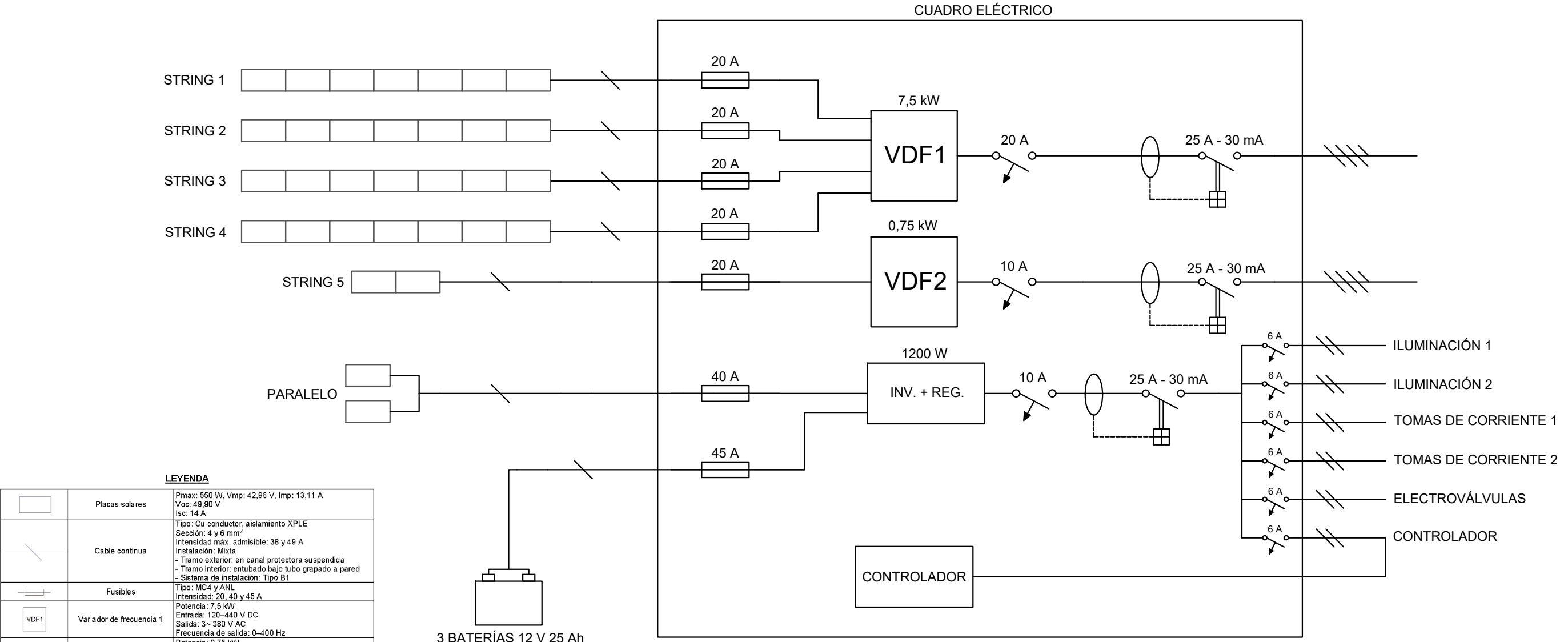
	Conductores electroválvulas: - Línea monofásica - Canalización enterrada bajo tubo tipo D2 - Conductor de cobre - Aislamiento XPLE - Sección 3 x 1 x 4 mm²
	Conductores caseta: - Línea monofásica - Canalización bajo tubo tipo B2 - Conductor de cobre - Aislamiento XPLE - Sección 3 x 1 x 1,5 mm²
	Placas solares
	Luminarias: - LED 16 W - Protección IP65 - Formato barra - Alimentación 230 V AC
	Cuadro del inversor y regulador: - Inversor híbrido off-grid 1200W - 36 V DC / 230 V AC - Onda senoidal pura - Regulador MPPT
	Controlador de riego: - Alimentación 12 V DC - Salidas 24 V DC para electroválvulas - Control de bombas, presión, caudal - Conectividad móvil
	Tomas de corriente
	Arquetas: - 60x40x40 cm de ladrillo perforado - Tapa de fundición tipo acera - Solera de hormigón y enfoscado interior
	Electroválvula: - 2" rosca hembra - cuerpo de plástico - solenoide 24 V CA
	Válvula manual: - Tipo bola de 2" - Cuerpo de PVC - Conexión roscada hembra



DETALLE CIRCUITO HIDRÁULICO DE UNA ARQUETA
(CONEXIÓN BYPASS)

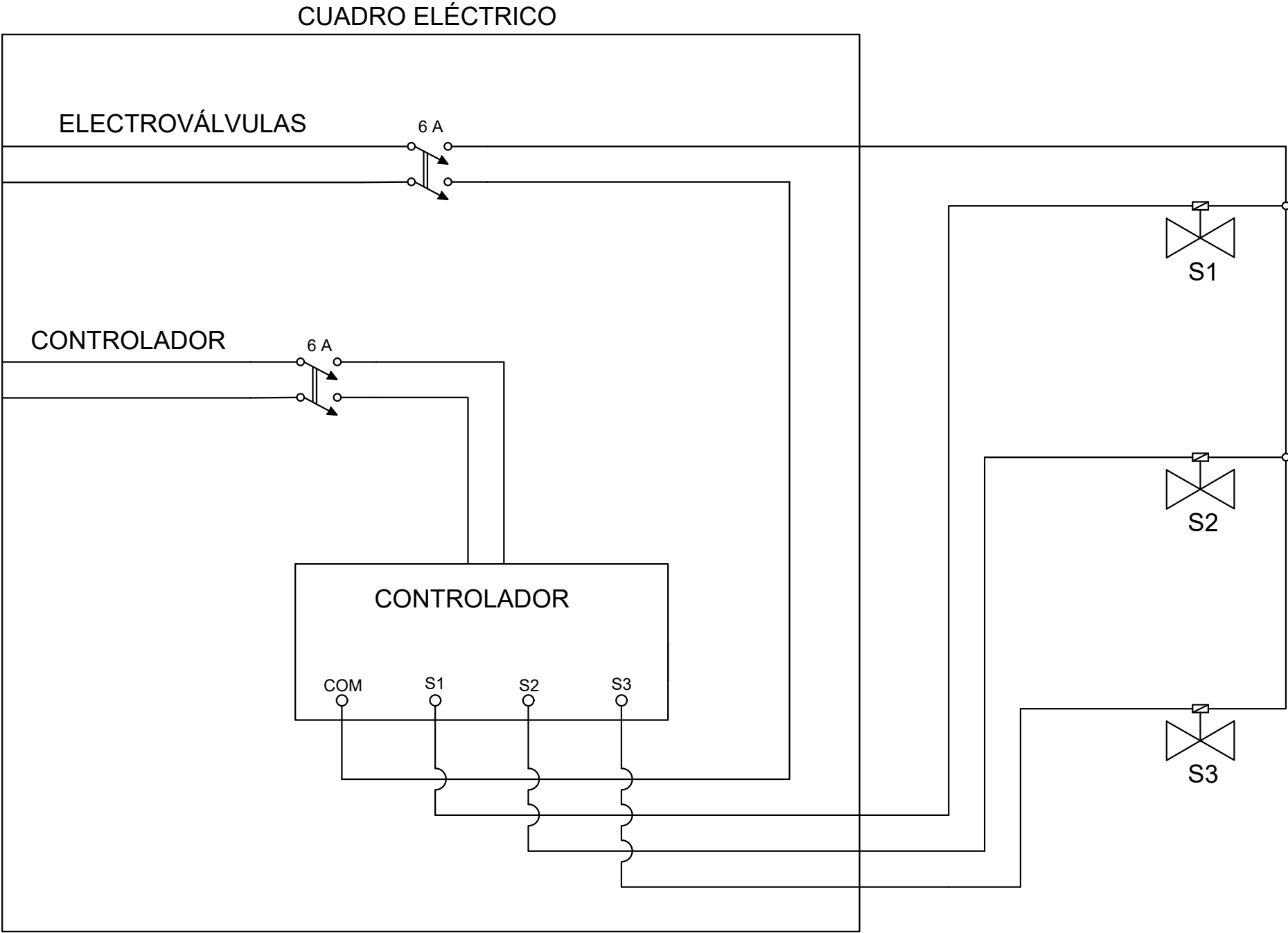


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS			
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA TRABAJO DE FIN DE GRADO			
TÍTULO: PLANTACION DE PISTACHOS EN REGADÍO DE 4,14 HA EN SANTA CRUZ DE LA ZARZA (TOLEDO)			
PLANO: ELECTRIFICACIÓN ELECTROVÁLVULAS Y OTROS RECEPTORES			
ESCALA: 1:1.250	ALUMNO: JOAQUÍN GARCÍA MEDINA	Fdo: 	Nº: 06 FECHA: JUNIO-2025



LEYENDA		
	Placas solares	Pmax: 550 W, Vmp: 42,96 V, Imp: 13,11 A Voc: 49,90 V Isc: 14 A
	Cable continua	Tipo: Cu conductor, aislamiento XPLE Sección: 4 y 6 mm² Intensidad máx. admisible: 38 y 49 A Instalación: Mixta - Tramo exterior: en canal protectora suspendida - Tramo interior: entubado bajo tubo grapado a pared - Sistema de instalación: Tipo B1
	Fusibles	Tipo: MC4 y ANL Intensidad: 20, 40 y 45 A
	Variador de frecuencia 1	Potencia: 7,5 kW Entrada: 120-440 V DC Salida: 3~ 380 V AC Frecuencia de salida: 0-400 Hz
	Variador de frecuencia 2	Potencia: 0,75 kW Entrada: 90-400 V DC Salida: 3~ 380 V AC Frecuencia de salida: 0-400 Hz
	Interruptores automáticos magnetotérmicos	Tipo: Bipolar o tripolar Corriente nominal: 20 A, 10 A y 6 A Tensión: 3~ 400 V AC Curva de disparo: C
	Interruptores diferenciales	Tensión nominal: 230 o 400 VAC Corriente nominal: 25 A Sensibilidad: 30 mA
	Cable alterna trifásica	Tipo: Cu conductor, aislamiento XPLE Sección: 4 mm² Intensidad máxima admisible: 28 A Instalación: Entubado empotrado en pared (sistema B2)
	Cable alterna monofásica	Tipo: Cu conductor, aislamiento XPLE Sección: 1,5 mm² Intensidad máxima admisible: 17,5 A Instalación: Entubado empotrado en pared (sistema B2)
	Baterías	Tipo: Litio (LiFePO₄) Cantidad: 3 unidades en serie Tensión nominal total: 36 V DC Capacidad unitaria: 12 V - 25 Ah Capacidad total: 900 Wh
	Inversor híbrido con regulador MPPT integrado	Tipo: Híbrido aislado (off-grid) Tensión entrada batería: 36 V DC Tensión entrada paneles: 42,96 V DC Tensión salida: 230 V AC - 50 Hz Potencia nominal: 1200 W Potencia pico: ≥ 2000 W Regulador integrado: MPPT
	Controlador de riego	Alimentación: 12 V DC. Salidas de válvulas: 24 V AC Consumo máximo: ≈ 4 W Entradas/salidas: 30 salidas y 6 entradas digitales

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID			
E.T.S. DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS			
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA			
TRABAJO DE FIN DE GRADO			
TITULO: PLANTACION DE PISTACHOS EN REGADÍO DE 4,14 HA EN SANTA CRUZ DE LA ZARZA (TOLEDO)			
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CASETA			
ESCALAS:	ALUMNO:	Fdo:	Nº: 07
Sin escala	JOAQUÍN GARCÍA MEDINA		FECHA: JUNIO-2025



LEYENDA

	Interruptores automáticos magnetotérmicos	Tipo: Bipolar Corriente nominal: 6 A Tensión: 3~ 400 V AC Curva de disparo: C
	Electroválvula	Tipo: Diafragma con solenoide eléctrico Tensión: 24 V CA Diámetro: 2" Presión máx.: 10 bar Caudal: hasta 15 m³/h Control: Automático por programador
	Programador de riego	Alimentación: 12 V DC. Salidas de válvulas: 24 V AC Consumo máximo: ≈ 4 W Entradas/salidas: 30 salidas y 6 entradas digitales

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID			
E.T.S. DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS			
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA			
TRABAJO DE FIN DE GRADO			
TITULO: PLANTACION DE PISTACHOS EN REGADÍO DE 4,14 HA EN SANTA CRUZ DE LA ZARZA (TOLEDO)			
PLANO: ESQUEMA MULTIFILAR ELECTROVÁLVULAS			
ESCALAS:	ALUMNO:	Fdo:	Nº: 08
Sin escala	JOAQUÍN GARCÍA MEDINA		FECHA: JUNIO-2025

DOCUMENTO III:
PLIEGO DE CONDICIONES





ÍNDICE:

1.	PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS	1
1.1.	Disposiciones generales.....	1
1.1.1.	Objeto del pliego de condiciones.....	1
1.1.2.	Documentos	1
1.1.3.	Contrato de obra	1
1.1.4.	Obras que comprende el pliego de condiciones	1
1.1.5.	Obras no especificadas en el pliego de condiciones.....	1
1.1.6.	Documentación del contrato de obra	2
1.1.7.	Formalización del contrato de obra	2
1.1.8.	Director de obra	2
1.1.9.	Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista.....	2
1.1.10.	Accidentes de trabajo.....	3
1.1.11.	Daños a terceros.....	3
1.1.12.	Copia de documentos	3
1.1.13.	Suministro de materiales	3
1.1.14.	Causas de rescisión del contrato de obra.....	3
1.1.15.	Efectos de la rescisión del contrato de obra	4
1.2.	Disposiciones de trabajos, materiales y medios auxiliares.....	4
1.2.1.	Libro de órdenes	4
1.2.2.	Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos	5
1.2.3.	Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	5
1.2.4.	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto	5
1.2.5.	Condiciones generales de ejecución de trabajos.....	5
1.2.6.	Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra	5
1.2.7.	Trabajos defectuosos	6
1.2.8.	Responsabilidad por vicios ocultos	6
1.2.9.	Procedencia de materiales, aparatos y equipos.....	6
1.2.10.	Presentación de muestras	6
1.1.11.	Materiales, aparatos y equipos defectuosos.....	7
1.1.12.	Limpieza de las obras	7
1.3.	Disposiciones económicas	7
1.3.1.	Definición	7
1.3.2.	Contrato de obra	7



1.3.3.	Forma de pago	7
1.3.4.	Garantías	8
1.3.5.	Precios	8
1.3.6.	Liquidación final de la obra	9
1.3.7.	Valoración y abono de trabajos	9
1.3.8.	Retrasos imputables al contratista	10
1.3.9.	Varios	10
2.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA	11
2.1.	Disposiciones de carácter agrario	11
2.1.1.	Labores preparatorias. Subsulado	11
2.1.2.	Labores preparatorias. Abonado orgánico	11
2.1.3.	Labores preparatorias. Pase de gradas	11
2.1.4.	Recepción de plantas	12
2.1.5.	Plantación	12
2.1.6.	Riego post-plantación	12
2.1.7.	Reposición de marras	12
2.1.8.	Cubierta vegetal	13
2.1.9.	Podas	13
2.1.10.	Fertilización	13
2.1.11.	Tratamientos fitosanitarios	13
2.1.12.	Recolección	14
2.1.13.	Maquinaria y equipos	14
2.1.14.	Mano de obra	14
2.1.15.	Obligaciones del encargado	14
2.1.16.	Medición, valoración, liquidación y abono de labores	15
2.2.	Disposiciones de las obras	15
2.2.1.	Materiales	15
2.2.2.	Ejecución de las obras	17
2.2.3.	Instalaciones	18

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1. Disposiciones generales

1.1.1. Objeto del pliego de condiciones

Este pliego de condiciones regula todos los aspectos necesarios para la correcta ejecución de las obras e instalaciones, así como para la puesta en marcha y mantenimiento de la plantación, incluyendo las condiciones técnicas de diseño, suministro, ejecución, control de calidad, seguridad y salud, gestión medioambiental y demás requisitos exigibles para garantizar el cumplimiento de la normativa vigente y de los criterios establecidos en la memoria del proyecto. Asimismo, servirá como base para las relaciones entre el promotor y los contratistas que intervengan en la ejecución del proyecto.

1.1.2. Documentos

La naturaleza general y el alcance de la actuación contemplada en este proyecto quedan definidos por los documentos que se detallan a continuación:

- Documento I: MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA.
- Documento II: PLANOS.
- Documento III: PLIEGO DE CONDICIONES.
- Documento IV: PRESUPUESTO.

1.1.3. Contrato de obra

Se aconseja que la ejecución de las obras se contrate por unidades de obra, conforme a los documentos del proyecto y con precios cerrados. Para ello, el director de obra facilitará la documentación necesaria para formalizar el contrato correspondiente.

1.1.4. Obras que comprende el pliego de condiciones

El pliego comprende 3 obras esenciales:

- Instalación del cultivo del pistacho.
- Instalación del sistema de riego.
- Instalación del sistema fotovoltaico.

Las obras se ejecutarán de acuerdo con los Planos del Proyecto, los estados de Medición y los Cuadros de precios del Presupuesto, así como las instrucciones verbales o escritas que el director de obra tenga a bien dictar en cada caso particular. Si a juicio de éste fuese preciso variar el tipo de alguna obra, redactará el correspondiente Proyecto primitivo, por tanto, sujeto a las mismas especificaciones que todos y cada uno de los documentos de éste, en cuanto no se le opongan específicamente.

1.1.5. Obras no especificadas en el pliego de condiciones

Las obras complementarias son aquellas que, por su carácter secundario o por la imposibilidad de prever sus características específicas, no han podido ser definidas previamente. Su ejecución se realizará conforme a los proyectos particulares que se

elaboren a medida que se identifique su necesidad, y se someterán a las mismas condiciones que regulan aquellas de naturaleza análoga estipuladas en el contrato.

1.1.6. 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.

1.1.7. 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.

1.1.8. Director de obra

La propiedad designará, en su representación, a un Graduado en Ingeniería Técnica, quien asumirá las funciones de supervisión, coordinación y seguimiento de las obras. El Contratista deberá prestar todas las facilidades necesarias para que el Director de Obra pueda desempeñar su labor con la mayor eficiencia posible.

1.1.9. 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.

1.1.10. Accidentes de trabajo

Corresponde al Coordinador de Seguridad y Salud velar por el cumplimiento y supervisión del Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, a lo largo de toda la ejecución de la obra.

1.1.11. Daños a terceros

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en el lugar 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.

1.1.12. Copia de documentos

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

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.

1.1.14. 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.

1.1.15. Efectos de la rescisión del contrato de obra

La extinción del contrato implicará la correspondiente comprobación, medición y liquidación de las unidades ejecutadas conforme al proyecto, determinándose los saldos que correspondan, ya sean a favor o en contra del contratista.

En caso de que la comprobación del replanteo se retrase injustificadamente, provocando la resolución del contrato, el contratista solo podrá reclamar, en concepto de indemnización global, una cuantía equivalente al 2 % del importe de adjudicación, excluidos los impuestos.

Si el promotor decide desistir antes del inicio de las obras o suspender su inicio por un periodo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a una compensación del 3 % del importe de adjudicación, también sin incluir impuestos.

En el caso de que el desistimiento se produzca con las obras ya iniciadas, o si se suspenden por un plazo superior a ocho meses, el contratista podrá reclamar una indemnización correspondiente al 6 % del importe adjudicado por la parte de obra no ejecutada, en concepto de beneficio industrial, excluidos los impuestos.

1.2. Disposiciones de trabajos, materiales y medios auxiliares

1.2.1. Libro de órdenes

El contratista deberá disponer en la oficina de obra del Libro de Órdenes, en el que el Ingeniero Director podrá registrar las instrucciones necesarias durante la ejecución de los trabajos. El cumplimiento de las órdenes recogidas en dicho libro será obligatorio, con la misma validez y efecto que las establecidas en el presente Pliego de Condiciones.

1.2.2. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El contratista deberá notificar por escrito al Ingeniero Director el inicio de los trabajos dentro de las 24 horas siguientes a su comienzo. Las obras deberán iniciarse en un plazo máximo de 15 días a partir de la fecha de adjudicación.

El contratista informará del día previsto para el inicio de los trabajos, y el Ingeniero Director deberá emitir el correspondiente acuse de recibo. El plazo máximo de ejecución de las obras será de dos meses.

El contratista estará obligado a cumplir en todo momento lo establecido en la Reglamentación Oficial de Trabajo que resulte de aplicación.

1.2.3. 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.

1.2.4. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El contratista podrá solicitar al Director de Obra o al Director de la Ejecución de la Obra, en función de sus respectivas competencias, cuantas instrucciones o aclaraciones sean necesarias para la correcta interpretación y ejecución del proyecto.

Cualquier interpretación, modificación o aclaración relativa a los Pliegos de Condiciones, planos, croquis u órdenes deberá ser comunicada por escrito al contratista. Este, a su vez, estará obligado a firmar el acuse de recibo de dichas instrucciones, devolviendo los originales o copias firmadas como constancia de conformidad, que quedará reflejada al pie de cada documento emitido por la dirección facultativa.

1.2.5. Condiciones generales de ejecución de trabajos

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado en el presente documento.

Para ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Ingeniero Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular.

1.2.6. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El contratista no podrá justificar el incumplimiento de los plazos de ejecución establecidos alegando la falta de planos o instrucciones por parte de la Dirección Facultativa, salvo que los haya solicitado previamente por escrito y no se le hayan facilitado en el plazo razonable.

1.2.7. Trabajos defectuosos

El contratista deberá emplear exclusivamente materiales que cumplan con las especificaciones del proyecto, y ejecutará la totalidad de los trabajos contratados conforme a lo estipulado en la documentación técnica.

Hasta la recepción definitiva de la obra, el contratista será plenamente responsable de la correcta ejecución de los trabajos y de cualquier vicio o defecto derivado de una mala ejecución, sin que constituya causa eximente la aceptación previa por parte de la Dirección Facultativa.

En caso de que, durante la ejecución o antes de la recepción definitiva, el Director de la Ejecución de la Obra detecte defectos en los trabajos, materiales, equipos o instalaciones que no se ajusten a las condiciones del proyecto, podrá ordenar su demolición, sustitución o reconstrucción a cargo del contratista.

Si el contratista no aceptase la orden por considerar que no procede, la decisión se trasladará al Director de Obra, quien actuará como mediador y dictará resolución.

1.2.8. Responsabilidad por vicios ocultos

Si el Ingeniero Director tuviera indicios fundados de la existencia de vicios ocultos en las obras ejecutadas, podrá ordenar en cualquier momento, y antes de la recepción definitiva, las demoliciones necesarias para la inspección de los elementos afectados.

En caso de que se confirmen defectos constructivos, los costes derivados de la demolición y posterior reconstrucción correrán a cargo del contratista. Si, por el contrario, no se detectasen tales vicios, los gastos serán asumidos por la propiedad.

1.2.9. Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El contratista podrá elegir libremente el suministro de materiales, aparatos y equipos, siempre que no se indique expresamente en el proyecto una marca, procedencia o características técnicas específicas de obligado cumplimiento.

No obstante, antes de su acopio, instalación o puesta en obra, el contratista deberá entregar al Director de Ejecución de la Obra una relación detallada de todos los materiales, equipos y elementos que pretenda emplear, indicando sus características técnicas, marca comercial, calidad, procedencia y adecuación al uso previsto.

Asimismo, a solicitud del Director de Obra, el contratista estará obligado a presentar muestras de dichos materiales y equipos, con la antelación suficiente indicada en el calendario de obra.

1.2.10. 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.

1.1.11. Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, equipos, aparatos o elementos de instalación no cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto, no presenten la calidad exigida, o, en ausencia de prescripción expresa, se demuestre que no son adecuados para su función, el Director de Obra, a propuesta del Director de Ejecución, podrá ordenar su retirada y sustitución por otros que sí reúnan las condiciones requeridas.

Si transcurridos 15 días desde la notificación de dicha orden el contratista no ha procedido a su cumplimiento, el promotor podrá realizar la sustitución por cuenta y cargo del contratista.

En los casos en que los materiales o equipos presenten defectos, pero sean considerados aceptables por el Director de Obra, se permitirá su utilización con la correspondiente rebaja en el precio, salvo que el contratista opte por su sustitución voluntaria por unidades conformes.

1.1.12. 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.

1.3. Disposiciones económicas

1.3.1. Definición

Las condiciones económicas establecen el marco de referencia para la liquidación, abono y recepción de la obra, teniendo carácter subsidiario respecto al contrato de obra formalizado entre el promotor y el contratista, el cual prevalecerá en caso de discrepancia, por ser el documento con plena validez contractual entre las partes.

1.3.2. Contrato de obra

El contrato de obra será firmado antes del inicio de la ejecución, e incluirá un desglose de todas las unidades de obra que componen la instalación de la plantación de pistacho, el sistema de riego y el sistema fotovoltaico. La Dirección Facultativa dispondrá de una copia del contrato a efectos de control y supervisión técnica.

1.3.3. Forma de pago

El promotor abonará el importe total del Presupuesto de Ejecución Material con carácter previo al inicio de las obras. Este pago único cubrirá todos los costes de ejecución, materiales, maquinaria y mano de obra necesarios para completar el proyecto en su totalidad. No se realizarán pagos intermedios por certificaciones ni se aplicarán retenciones por garantía.

1.3.4. Garantías

No se prevé la constitución de fianza ni de retenciones económicas. No obstante, el contratista se compromete a subsanar, por su cuenta, cualquier defecto o anomalía atribuible a una deficiente ejecución durante el periodo de garantía estipulado en el contrato.

1.3.5. Precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Se descompone el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata por separado, y basándose en esos precios, se calcula el presupuesto.

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.

PRECIO UNITARIO

Se entiende por precio unitario de una partida de obra aquel que resulta de la suma de los siguientes componentes:

- Costes directos: obtenidos a partir del cálculo del producto entre el precio unitario y la cantidad necesaria de mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: gastos complementarios de carácter directo que, por su dificultad de cuantificación específica, se estiman como porcentaje aplicado sobre los costes directos. Este porcentaje puede variar en función de la unidad de obra a ejecutar.
- Costes indirectos: expresados como un porcentaje uniforme, aplicado sobre la suma de los costes directos y medios auxiliares, y que representan los gastos generales necesarios para la ejecución global de la obra, no asignables a ninguna unidad de obra concreta.

En cuanto a la estructuración de los precios, estos se establecerán sobre la base del coste real de ejecución, tanto directo como indirecto, excluyendo expresamente el IVA, que se aplicará en la facturación conforme a la normativa vigente.

Se consideran costes directos, entre otros:

- La mano de obra empleada en la ejecución directa de la unidad.
- Los materiales, a precio puesto en obra, integrados en la unidad o necesarios para su desarrollo.
- Los consumos asociados al uso de maquinaria o instalaciones.
- Los costes derivados del uso, mantenimiento y amortización de dichos equipos.

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.

PRECIOS CONTRADICTORIOS

Únicamente se admitirán precios contradictorios en el caso de que, durante la ejecución, surjan circunstancias imprevistas que obliguen a introducir unidades no contempladas en el proyecto. Estos precios se pactarán previamente entre promotor, contratista y dirección facultativa, basándose en precios análogos del presupuesto original o en bancos de precios de referencia.

RECLAMACIÓN DE AUMENTO DE PRECIOS

Si el contratista no hubiera formulado reclamación u observación alguna antes de la firma del contrato de obra, se entenderá que acepta íntegramente los precios establecidos en el presupuesto que sirve de base para la ejecución.

En consecuencia, no podrá alegar con posterioridad error u omisión para solicitar incrementos en los precios fijados en dicho cuadro económico.

FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O DE APLICAR LOS PRECIOS

En ningún caso el contratista podrá invocar usos o costumbres locales como justificación para modificar los precios aplicables o los criterios de medición de las unidades ejecutadas. La valoración de los trabajos se realizará conforme a lo establecido en el Presupuesto del proyecto y a los criterios de medición especificados en el Pliego de Condiciones.

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. Liquidación final de la obra

Una vez concluidos los trabajos y verificada su correcta ejecución por parte de la Dirección Facultativa, se procederá a la firma del Acta de Recepción Definitiva. Esta servirá como constancia de la finalización del contrato y del cumplimiento de las condiciones técnicas y económicas establecidas.

1.3.7. Valoración y abono de trabajos

Dado que el promotor asumirá el abono íntegro del presupuesto de ejecución antes del inicio de los trabajos, no se contempla la emisión de certificaciones parciales ni pagos fraccionados por avance de obra.

No obstante, la Dirección Facultativa podrá realizar mediciones técnicas de las unidades ejecutadas conforme al criterio de medición establecido en el Pliego y en el apartado de Prescripciones por Unidad de Obra, con el único objetivo de verificar la correcta ejecución de los trabajos.

Estas mediciones no tendrán repercusión económica, pero se incorporarán a la documentación de cierre del proyecto, junto con el Acta de Recepción Definitiva.

1.3.8. Retrasos imputables al contratista

Si la ejecución de las obras se prolonga más allá del plazo establecido en el contrato, por causas atribuibles al contratista, el promotor podrá aplicar las penalizaciones previstas contractualmente, en concepto de perjuicios por incumplimiento de plazo.

1.3.9. Varios

MEJORAS, MODIFICACIONES Y AJUSTES DE OBRA

Solo podrán ejecutarse mejoras, sustituciones o variaciones sobre las unidades previstas si han sido autorizadas expresamente por el Director de Obra, y siempre antes de su ejecución. En caso de implicar costes adicionales, deberán acordarse por escrito entre las partes los precios y condiciones correspondientes.

UNIDADES DE OBRA MAL EJECUTADAS

Las unidades de obra que presenten deficiencias de ejecución o no se ajusten a las especificaciones del proyecto no serán admitidas como válidas, y por tanto no se considerarán finalizadas hasta su correcta ejecución, sin que ello suponga incremento económico alguno.

SEGURO DURANTE LA EJECUCIÓN

El contratista será responsable de asegurar los trabajos frente a riesgos materiales, accidentes o daños a terceros durante toda la fase de ejecución, hasta la firma del Acta de Recepción Definitiva.

CONSERVACIÓN DE LOS TRABAJOS

El contratista deberá mantener en correcto estado de conservación las unidades ejecutadas desde el inicio de los trabajos hasta su entrega, asumiendo las labores de reparación, protección o reposición necesarias en caso de deterioro por causas imputables a su actuación o negligencia.

TASAS Y TRIBUTOS ASOCIADOS A LA OBRA

Serán por cuenta del contratista los gastos derivados de tasas municipales, permisos de ocupación de vía pública, señalización temporal, vallado u otros tributos relacionados con la ejecución de la obra, salvo disposición contraria en el proyecto o acuerdo expreso con el promotor.

2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

2.1. Disposiciones de carácter agrario

2.1.1. Labores preparatorias. Subsulado

Subsulado cruzado a una profundidad de entre 50 y 55 cm, ejecutado con tractor agrícola de 130 CV, equipado con subsolador fijo de 5 púas en V, propiedad del promotor. La labor se realizará en pasadas cruzadas y paralelas, con separación entre líneas de 2 metros. El terreno no presenta presencia significativa de roca y su pendiente es inferior al 10%, lo que permite una ejecución adecuada de la labor.

Las labores se realizarán en la época adecuada según las condiciones del terreno y el calendario agrícola previsto. Se suspenderán los trabajos en caso de lluvia o nieve. Previamente al inicio, se comprobará el acondicionamiento del terreno, y se delimitará y protegerá el área de trabajo. Se evitará el tránsito de personas o vehículos sobre la zona ya labrada.

La medición de la superficie se realizará en proyección horizontal, conforme a la documentación gráfica del proyecto.

2.1.2. Labores preparatorias. Abonado orgánico

Se realizará la distribución de estiércol compostado de oveja en una dosis de 30.000 kg/ha, utilizando un remolque esparcidor de tipo hidráulico con capacidad aproximada de 5.000 kg, acoplado a un tractor de entre 130 CV. El precio del estiércol incluye su carga en el remolque.

La aplicación se llevará a cabo en la época prevista y sobre las líneas de plantación, conforme a las condiciones del terreno y la maquinaria descrita en el proyecto. Previamente, se verificará que el terreno ha sido correctamente acondicionado.

Los trabajos se suspenderán en caso de precipitaciones. Se delimitará el área de trabajo, se evitará el tránsito innecesario sobre la zona ya tratada y se protegerá el terreno para evitar su compactación. La superficie se medirá en proyección horizontal, siguiendo la documentación gráfica del proyecto.

2.1.3. Labores preparatorias. Pase de gradas

Se efectuará un pase de gradas de discos tras la aplicación del estiércol, con profundidad media de 30 cm y ligera inversión de horizontes. La labor se realizará con tractor agrícola de 130 CV, equipado con grada de 20 discos y un ancho de trabajo aproximado de 2,5 metros. El terreno presenta una pendiente inferior al 10 % y sin presencia significativa de matorral.

Los trabajos se ejecutarán cuando las condiciones climáticas lo permitan, suspendiéndose en caso de lluvia o nieve. Antes de comenzar, se comprobará que el terreno ha sido debidamente acondicionado.

Se delimitará el área de actuación y se evitará el tránsito de personas o vehículos sobre el terreno ya trabajado. La medición de la superficie ejecutada se realizará en proyección horizontal, conforme a los planos del proyecto.

2.1.4. Recepción de plantas

La recepción de los plantones se realizará en las fechas previstas en el proyecto. Se trata de material vegetal a raíz desnuda, de dos años, procedente de vivero certificado.

Los plantones deberán estar en buen estado sanitario, libres de virus y con garantía de autenticidad varietal. Se comprobará que las condiciones de transporte y recepción sean adecuadas para evitar daños.

El número de unidades se verificará conforme a la documentación gráfica del proyecto, registrándose las realmente entregadas.

2.1.5. Plantación

La plantación se ejecutará de forma mecanizada, con sistema de guiado GPS y sobre suelo previamente preparado. Se utilizarán plantones a raíz desnuda de hasta 20 cm de altura, mediante plantadora de doble cuchilla montada sobre bastidor, arrastrada por tractor. El marco de plantación será de 7×7 m. No se incluye en esta partida el coste de las plantas.

La operación se realizará en terrenos llanos, sin piedras ni restos vegetales, y en las fechas indicadas en el proyecto. Las plantas se colocarán lo antes posible tras su recepción para evitar daños; si no se pueden plantar de inmediato, se almacenarán en condiciones protegidas.

La actividad se aplazará si las condiciones climáticas no son adecuadas. El número de unidades se ajustará a la documentación gráfica y las plantas deberán quedar correctamente arraigadas al terreno.

2.1.6. Riego post-plantación

Se realizará un riego de asiento entre 24 y 48 horas después de la plantación, utilizando camión cisterna de 20.000 litros de capacidad. Esta operación tiene como objetivo favorecer el arraigo de los plantones a raíz desnuda.

En caso de que las condiciones climáticas no permitan su correcta ejecución, el riego se aplazará hasta que estas sean adecuadas.

2.1.7. Reposición de marras

Durante las semanas posteriores a la plantación se repondrán aquellas marras cuya viabilidad no sea adecuada, garantizando una densidad uniforme en la parcela.

La reposición se llevará a cabo con plantones de las mismas características y variedad que los originales, procedentes de vivero certificado. Las unidades sustituidas deberán ser regadas tras su colocación y protegidas adecuadamente.

El número de unidades repuestas se ajustará a la documentación gráfica del proyecto, y se realizará en la época más favorable para el arraigo.

2.1.8. Cubierta vegetal

Se mantendrá una cubierta vegetal natural permanente entre las líneas de plantación, con el objetivo de mejorar la estructura del suelo, reducir la erosión, aumentar la infiltración y favorecer la biodiversidad.

La cubierta se controlará mediante tres siegas anuales (primavera, verano y otoño) utilizando desbrozadora de martillos. En las líneas de plantación se eliminará la vegetación mediante aplicaciones localizadas de herbicida, especialmente durante los primeros años, para evitar competencia con los árboles jóvenes.

Se evitará el paso de maquinaria fuera de las zonas habilitadas para prevenir compactaciones y daños sobre la cubierta.

2.1.9. Podas

Se realizarán las podas necesarias durante el desarrollo de la plantación para garantizar una estructura adecuada del árbol y favorecer su productividad.

Durante los cinco primeros años se aplicará una poda de formación en vaso por pisos, adaptada a la recolección mecanizada. A partir del séptimo año, se llevará a cabo una poda de producción, enfocada en mantener la estructura, mejorar la aireación y favorecer la fructificación.

Las podas se ejecutarán en periodo de parada vegetativa (invierno) para minimizar daños al árbol y facilitar su recuperación. El material vegetal resultante será triturado o retirado según las condiciones de la explotación.

2.1.10. Fertilización

La fertilización se adaptará a las necesidades del pistachero en cada fase del cultivo, combinando aportes orgánicos y minerales.

Se aplicará estiércol compostado de oveja cada dos años (14 t/ha), mejorando la estructura y fertilidad del suelo. La fertilización mineral se llevará a cabo mediante fertirrigación, empleando productos específicos según la fase fenológica y diferenciando entre años ON y OFF. En fase adulta, se complementará con aplicaciones foliares en momentos clave como floración y cuajado.

Se realizarán análisis foliares anuales para ajustar las dosis de forma precisa y eficiente. Todas las prácticas cumplirán con la normativa vigente en materia de fertilización agrícola y protección del medio ambiente.

2.1.11. Tratamientos fitosanitarios

Los productos fitosanitarios empleados deberán estar autorizados en el Registro General del MAPA. Su envasado y etiquetado deberán cumplir la normativa vigente, incluyendo indicación clara de riqueza, peligrosidad, dosis y plazos de seguridad.

Las aplicaciones se realizarán exclusivamente en los momentos indicados en el proyecto y conforme a lo establecido en la etiqueta del producto. En caso de utilizar productos de categoría C, se gestionarán los permisos pertinentes.

El uso y manejo de los productos respetará estrictamente el modo de empleo. Los atomizadores se mantendrán en condiciones óptimas de funcionamiento, limpiándose de forma periódica y conforme a las instrucciones del fabricante.

2.1.12. Recolección

La recolección se realizará de forma mecanizada mediante paraguas invertido acoplado a tractor, una vez alcanzado el estado óptimo de maduración del fruto. Esta técnica permite una recogida rápida, eficiente y con mínimas pérdidas, adaptada al marco de plantación de 7×7 metros.

Se evitarán daños en la corteza del fruto y en las ramas del árbol, asegurando la calidad del producto y el buen estado de la plantación para campañas posteriores.

Las labores de recolección se ajustarán a las condiciones climáticas y se realizarán conforme a la normativa vigente en materia de seguridad alimentaria y prevención de riesgos laborales.

2.1.13. Maquinaria y equipos

Las características de toda la maquinaria necesaria para la ejecución del proyecto están recogidas en la documentación técnica del mismo.

Toda la maquinaria utilizada será mantenida en buen estado, sustituyendo las piezas defectuosas cuando sea necesario. Fuera del periodo de uso, se almacenará bajo cubierta para evitar su deterioro por exposición a la intemperie.

El uso de la maquinaria se limitará exclusivamente a las labores para las que ha sido diseñada. Ni la maquinaria propia ni la alquilada podrán ser operadas por personal inexperto o no autorizado. Su manejo se realizará siguiendo las directrices del Director Técnico del proyecto. En caso de ser cedida a terceros, se indicará expresamente el servicio autorizado.

Durante su utilización, el personal deberá adoptar todas las medidas de seguridad necesarias, conforme a la normativa vigente y las instrucciones del fabricante.

2.1.14. Mano de obra

Se cumplirán todas las disposiciones vigentes emanadas del Ministerio de Trabajo, en materia de contratación, higiene y seguridad laboral.

2.1.15. Obligaciones del encargado

El encargado deberá conocer y aplicar correctamente todas las técnicas de cultivo establecidas para la explotación.

Será responsable de mantener actualizado un cuaderno de explotación donde se registren las labores realizadas, tiempos empleados, materiales utilizados, contrataciones

eventuales y uso de maquinaria, con el fin de facilitar el cumplimiento del cuaderno de campo.

Deberá informar al propietario, con la mayor brevedad, de cualquier variación relevante en los precios de materiales o jornales.

Toda entrada o salida de materiales o servicios deberá documentarse mediante factura o justificante, y archivarlos adecuadamente.

Será obligación del encargado velar por el correcto mantenimiento de toda la maquinaria y equipos utilizados en la explotación.

El encargado deberá cumplir y hacer cumplir todas las normas de utilización y seguridad relativas a maquinaria, fertilizantes y productos fitosanitarios. Será responsable de cualquier incumplimiento o negligencia en este ámbito.

2.1.16. Medición, valoración, liquidación y abono de labores

Será responsabilidad del encargado anotar diariamente las labores agrícolas realizadas, así como su correspondiente medición, registrándolo todo en el libro de explotación.

Las labores agrícolas se valorarán conforme a los jornales vigentes en la localidad, atendiendo a la categoría del trabajador y al tipo de trabajo desarrollado.

Todas las actividades se ajustarán a la normativa laboral vigente, especialmente en lo referente a higiene, seguridad y condiciones de trabajo, según lo establecido por el Ministerio de Trabajo.

2.2. Disposiciones de las obras

2.2.1. Materiales

TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO

La conducción principal de agua de riego estará formada por tubería de PVC con presión nominal de trabajo de 6 atm, adecuada para redes de riego agrícola. Se instalará enterrada, sobre un lecho de arena de 10 cm de espesor, previamente nivelado y compactado con pisón vibrante de guiado manual.

El relleno lateral se compactará hasta los riñones de la tubería, completando el relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de su generatriz superior. Se incluirán todos los accesorios de conexión necesarios.

La longitud se medirá según la documentación gráfica del proyecto. Antes de su colocación se comprobará el trazado y la disponibilidad de espacio suficiente para su instalación.

Las fases de ejecución incluirán: replanteo, vertido del lecho de arena, colocación de la tubería, conexionado, prueba de funcionamiento y relleno envolvente.

La instalación deberá ser estanca, mecánicamente resistente y protegida frente a posibles impactos durante la ejecución. Esta partida no incluye la excavación de zanja ni el relleno final. Se seguirá la norma técnica de ejecución NTE-IFR (Instalaciones de fontanería: Riego).

RAMALES

La instalación se realizará con tubería de polietileno de baja densidad (PEBD), color negro, de 16 mm de diámetro exterior, apta para su uso como portagoteros en el sistema de riego localizado previsto en la plantación.

La longitud de instalación se medirá según la documentación gráfica del proyecto. Previamente se comprobará que el trazado y la ubicación de la tubería se corresponden con lo previsto en proyecto, y que existe espacio suficiente para su correcta colocación.

Las tareas incluirán el replanteo y trazado de la red, la colocación de la tubería, el conexionado con el sistema principal y la verificación de su funcionamiento.

La instalación deberá ser estanca, resistente mecánicamente y protegida frente a impactos o pisadas. La medición final se basará en la longitud efectivamente ejecutada, conforme a las especificaciones del proyecto.

CABEZAL DE RIEGO

Se instalarán todos los elementos que componen el cabezal de riego, conforme a las especificaciones técnicas detalladas en el anejo correspondiente del proyecto. El conjunto incluirá sistemas de filtrado, fertilización, válvulas de control, elementos de medición y automatización necesarios para el correcto funcionamiento de la red de riego localizado.

El número de unidades a instalar será el indicado en la documentación gráfica del proyecto. Antes de su colocación, se comprobará que la ubicación y disposición coinciden con el trazado proyectado.

Las tareas comprenderán el replanteo, conexionado de todos los componentes y verificación de la conexión correcta a la red general. La instalación será estanca, funcional y protegida frente a golpes y salpicaduras.

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según las especificaciones del proyecto. La instalación cumplirá con las exigencias básicas del CTE DB-HS (Salubridad).

ARQUETA DE RIEGO

Se instalarán arquetas prefabricadas de PVC, sin fondo, con tapa, de dimensiones 40 × 60 × 45 cm, destinadas al alojamiento de electroválvulas en la red de riego.

El número de unidades se corresponderá con el previsto en la documentación gráfica del proyecto. Antes de su colocación, se comprobará la correcta ubicación según el replanteo proyectado.

Las labores incluirán el replanteo de la posición, excavación manual del hueco, colocación de la arqueta, alojamiento de la electroválvula, conexiones hidráulicas con la red de distribución y conexión eléctrica al cable de alimentación correspondiente.

La conexión a las redes deberá ser estanca, segura y funcional. La medición se realizará en función del número de unidades realmente ejecutadas conforme a las especificaciones del proyecto.

GOTEROS

Las características de los goteros aparecen especificadas en el Anejo correspondiente de este Proyecto.

2.2.2. Ejecución de las obras

ZANJAS

Se realizará la excavación de zanjas hasta una profundidad máxima de 0,8 metros, en terreno de arena semidensa, mediante medios mecánicos. El material extraído se acopiará en los bordes de la zanja para su posterior reutilización o gestión.

Antes de iniciar los trabajos, se comprobará la posible existencia de servidumbres, redes enterradas o elementos que puedan verse afectados. En caso de interferencias con servicios activos, se consultará a las compañías suministradoras para establecer las distancias de seguridad o soluciones alternativas. Asimismo, se notificará con antelación al Director de la Ejecución de la Obra el inicio de las excavaciones.

El replanteo incluirá la fijación de puntos y niveles de referencia, colocación de camillas y ejecución por franjas horizontales. El fondo quedará nivelado, limpio y ligeramente apisonado. Las excavaciones se protegerán frente a erosión, escorrentías y posibles desprendimientos. En caso de necesitar entibación, se presentarán los cálculos justificativos al Director de Obra para su aprobación.

El volumen excavado se medirá conforme a las secciones teóricas del proyecto, sin duplicar encuentros ni incluir excesos no autorizados. La medición se realizará una vez finalizada la excavación y antes de cualquier relleno. Si el Contratista procede al relleno sin autorización, se aceptará la medición establecida por la Dirección de Obra.

No se incluye en esta partida el transporte de los materiales excavados. La ejecución se ajustará a las normas CTE DB-HS (Salubridad) y NTE-ADZ (Zanjas en acondicionamiento del terreno).

RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJAS

Se ejecutará el relleno envolvente y principal de zanjas hasta una profundidad de 80 cm, utilizando tierra seleccionada procedente de la propia excavación, libre de elementos orgánicos, piedras u otros materiales inadecuados.

El relleno se realizará en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo, compactadas mediante bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 90 % del Proctor Modificado, según norma UNE 103501. Se incluirá la colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación.

No se ejecutará el relleno si la temperatura ambiente es inferior a 2 °C a la sombra. El material se extenderá con espesor uniforme, humectando o desecando cada tongada si es necesario, y se protegerá frente a contaminación, lluvia o paso de maquinaria.

El volumen se medirá sobre la sección teórica, en perfil compactado, sin considerar excesos de excavación no autorizados. Esta partida no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado. La ejecución se ajustará a las normativas:

- CTE DB-SE-C (Seguridad estructural: Cimientos).
- CTE DB-HS (Salubridad).
- NTE-ADZ (Zanjas y pozos en acondicionamiento del terreno).

CASETA DE RIEGO

Se instalará una caseta prefabricada tipo contenedor, de 6 × 3 × 2,8 m, destinada a albergar el cabezal de riego, cuadro eléctrico, baterías, programador y demás elementos de control de la instalación.

La estructura será de acero, con aislamiento térmico y acústico mediante lana mineral de 60 mm. Dispondrá de dos ventanas, una puerta metálica con cerradura, suelo técnico de aglomerado P5 de 22 mm con revestimiento de PVC, y capacidad portante de hasta 200 kg/m². Incluirá dos luminarias LED IP65 de 16 W y tomas de corriente de 230 V.

La caseta se colocará sobre una base previamente nivelada y compactada, sin ejecución de losa de hormigón. El anclaje se realizará mediante tacos químicos o placas metálicas, garantizando su estabilidad.

Ejecución:

- Llegada y colocación sobre la base preparada
- Alineación y nivelación
- Fijación y conexionado de servicios

Se contabilizará el número de unidades realmente ejecutadas, conforme a la documentación del proyecto.

2.2.3. Instalaciones

CABLE PLACAS A VARIADORES DE FRECUENCIA

Cable unipolar con aislamiento XPLE, sección 6 mm², para conexión en corriente continua desde las placas solares al variador de frecuencia. Sistema de instalación mixto tipo B1 (canal en pared y entubado en caseta). Incluye conectores, fijaciones y pruebas de continuidad.

Longitud medida según documentación gráfica del proyecto. Se comprobará la correcta disposición, separaciones mínimas y protección frente a humedad y rayos UV. Tendido del cable, conexionado y verificación de funcionamiento. Medición por longitud realmente ejecutada.

CABLE BATERÍAS A INVERSOR

Cable unipolar con aislamiento XPLE, sección 1,5 mm², en conducción tipo B1. Utilizado para interconexión entre baterías e inversor híbrido. Incluye terminales, fijaciones, pruebas y puesta en marcha

Medición según proyecto. Instalado por personal autorizado. Proteger frente a condiciones ambientales agresivas.

CABLE VARIADORES A BOMBAS

Cable RZ1-K (AS) de 4 mm² de sección, tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5, aislamiento XPLE y cubierta libre de halógenos (Z1), clase Cca-s1b,d1,a1.

Sistema de instalación mixto: entubado bajo tubo en pared o enterrado según el tramo. Incluye terminales, conexión, pruebas de aislamiento y puesta en servicio conforme a REBT.

CABLE AC A TOMAS DE CORRIENTE, LUMINARIAS Y PROGRAMADOR

Cable RZ1-K (AS) de 4 mm² de sección, tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5, aislamiento XPLE y cubierta libre de halógenos (Z1), clase Cca-s1b,d1,a1.

Sistema de instalación mixto: entubado bajo tubo en pared o enterrado según el tramo. Incluye terminales, conexión, pruebas de aislamiento y puesta en servicio conforme a REBT.

CABLE ELECTROVÁLVULAS

Cable unipolar XPLE, 4 mm², tendido en conducción tipo D2 (tubo enterrado), con protección frente a UV y humedad.

Desde el programador hasta electroválvulas situadas en arquetas a distancia. Incluye conexión, pruebas y puesta en marcha.

CUADRO ELÉCTRICO MURAL

Suministro e instalación de cuadro eléctrico mural estanco de superficie, de 600 × 400 × 200 mm, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, grado de protección mínimo IP65, cierre con llave, placa metálica interior y ventilación pasiva.

Montado en la caseta de riego, incluirá los dispositivos de protección y control en DC y AC: fusibles (MC4 y ANL), magnetotérmicos, diferencial, inversor, regulador MPPT, programador de riego, regletas y conexiones auxiliares.

Incluye: fijación mural, mecanizado de entradas, conexión, etiquetado, pruebas y puesta en marcha. Normativa: REBT e instrucciones UNE aplicables. Medición: por unidad realmente ejecutada.

BATERÍAS

Suministro e instalación de 3 baterías de litio de 12 V y 25 Ah conectadas en serie para obtener 36 V, con sistema BMS de protección (sobrecarga, descarga, cortocircuito, temperatura).

Ubicadas en el interior de la caseta y protegidas mediante caja de PE. Ciclo de vida: >2.000 ciclos al 80% DOD. Medición: por unidad instalada y conectada.

INVERSOR HÍBRIDO CON REGULADOR

Suministro e instalación de inversor híbrido aislado de 1.200 W, 36 V DC / 230 V AC, 50 Hz, con onda senoidal pura y regulador MPPT integrado, instalado en cuadro mural.

Protecciones integradas: sobrecarga, sobretensión, descarga profunda, inversión de polaridad. Pantalla LCD para monitorización. Medición: por unidad conectada y en funcionamiento.

SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Instalación de los siguientes dispositivos:

- Fusibles MC4 de 40 A (placas-inversor) y ANL de 45 A (baterías-inversor) en polo positivo, alojados en el cuadro mural
- Interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A (salida general)
- Interruptores magnetotérmicos bipolares de 6 A para receptores (tomas, luminarias, programador)
- Interruptor diferencial de 25 A – 30 mA

Normas aplicables: REBT, UNE-HD 60364-4-43 y 60364-4-41. Medición: por unidad ejecutada.

PANELES SOLARES

Suministro e instalación de paneles solares de 550 W Mono PERC, de alta eficiencia (21,3 %), con 144 células monocristalinas, marco de aluminio anodizado y dimensiones 2279 × 1134 × 35 mm. Se instalarán sobre estructura elevada de 3,5 m, con orientación sur e inclinación de 30°, optimizada para la latitud de Santa Cruz de la Zarza.

Cada string se conectará según el diseño del sistema:

- 28 módulos en 4 strings para bomba de sondeo.
- 2 módulos en serie para bomba de fertirriego.

Medición: por unidad montada y conectada.

PROGRAMADOR DE RIEGO

Suministro e instalación del programador de riego, con pantalla gráfica retroiluminada, teclado capacitivo, carcasa IP65, alimentación 230 V, y comunicación vía app, SMS o PC.

Controla hasta 30 sectores, activa válvulas, gestiona bombas, fertirrigación, sensores de presión y caudal, limpieza de filtros y almacena históricos. Montaje mural en caseta. Incluye conexionado eléctrico e hidráulico. Medición: por unidad operativa.

VARIADORES DE FRECUENCIA

Suministro e instalación de dos variadores de frecuencia solares diseñados para el funcionamiento de bombas trifásicas en instalaciones fotovoltaicas aisladas, con entrada en corriente continua y salida en corriente alterna:

- Variador con potencia nominal de 7,5 kW (10 HP), para la bomba de sondeo. Admite entrada DC (120–440 V) y salida trifásica 380 V AC. Incluye seguimiento MPPT, carcasa IP65, pantalla LCD, y protecciones contra sobretensión, sobretensión, cortocircuito y fallos a tierra.
- Variador con potencia nominal de 0,75 kW (1 HP), para la bomba de fertirriego. Admite entrada mínima de 90 V DC y salida trifásica 380 V AC, con sistema MPPT y protección eléctrica completa.

Ambos equipos estarán montados en el interior de la caseta prefabricada, fijados en cuadro mural estanco. Se incluye su conexionado, configuración y comprobación de funcionamiento.

Medición: por unidad funcional completa, con ambos variadores instalados y en servicio conforme a especificaciones de proyecto.

Madrid, junio de 2025



FIRMADO: JOAQUÍN GARCÍA MEDINA

DOCUMENTO IV:

PRESUPUESTO





ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	MEDICIONES.....	1
2.1.	Presupuesto parcial nº 1. Plantación.....	1
2.2.	Presupuesto parcial nº 2. Instalación de riego	3
2.3.	Presupuesto parcial nº 3. Instalación fotovoltaica	5
3.	CUADRO DE PRECIOS Nº 1	6
4.	CUADRO DE PRECIOS Nº 2	10
5.	PRESUPUESTO.....	17
5.1.	Presupuesto parcial. Plantación	17
5.2.	Presupuesto parcial. Instalación de riego	18
5.3.	Presupuesto parcial. Instalación fotovoltaica	21
6.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	23
7.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	24

1. INTRODUCCIÓN

Este documento estará conformado por tres capítulos distintos:

- Plantación
- Instalación de riego
- Instalación fotovoltaica

2. MEDICIONES

2.1. Presupuesto parcial nº 1. Plantación

Nº	Ud	Descripción	Medición					
1.1.- Labores preparatorias								
1.1.1	Ha	Subsolado mecanizado, en terrenos de pendiente inferior al 20%, con subsolador de 5 púas en V, separados 50 cm, arrastrados por tractor de ruedas de 100 CV, alcanzando una profundidad de labor de 50-55 cm, medida, en planta, la superficie ejecutada.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Superficie medida en plano. 2 pases cruzados			2	4,140			8,280	
							8,280	8,280
Total Ha								8,280
1.1.2	Ha	Estercolado de fondo consistente en: suministro, a granel, de estiércol de oveja compostado y libre de semillas, extendido del mismo por medios mecánicos en dosis de 35 t/ha.						
Total Ha								4,140
1.1.3	Ha	Grado post-abonado a profundidad de 10-15 cm considerando un pase, en terreno de pendiente <15%, medida, en planta, la superficie ejecutada.						
Total Ha								4,140
1.2.- Plantación								
1.2.1	Ud	Planta de pistachero injertada a raíz desnuda var. Sirora						
Total ud								604,000
1.2.2	Ud	Planta de pistacho injertada y a raíz desnuda var. Peters						
Total ud								39,000
1.2.3	Ud	Plantación mecanizada de planta de Pistacia Vera injertada, presentada a raíz desnuda, realizada con plantadora, arrastrada por tractor de neumáticos de 101/130 CV de potencia, en suelo suelto, sobre terreno preparado y llano, incluido repaso manual de fallos.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Pie femenino var. Sirora			604				604,000	
Pie masculino var. Peters			39				39,000	
							643,000	643,000
Total ud								643,000
1.2.4	Ud	Colocación manual de protector de tipo tubo, en terreno suelto, de pendiente <35%, incluido ligero aporcado del protector.						
Total ud								643,000
1.3.- Operaciones post-plantación								



1.3.1 M2 Cava manual en terreno medio realizada mediante azada, medida la superficie ejecutada en obra.

Total m2: 417,950

1.3.2 U Riego post-plantación en plantacion de pistacho para el arraigo, realizado mediante cuba todoterreno de 3000 l de capacidad arrastrada por tractor de neumáticos i/p.p. de agua, medida la unidad realizada.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Reigo post-plantación en cada planta de pistacho	643				643,000	
					<u>643,000</u>	643,000

Total u: 643,000

1.3.3 Ha Reposición manual de marras de pistachero, en un porcentaje <20%, presentada a raíz desnuda, realizada en suelo previamente preparado y de pendiente <35%, incluido ligero aporcado, medida la unidad millar ejecutada. No se incluye distribución de las plantas.

Total Ha: 4,140

2.2. Presupuesto parcial nº 2. Instalación de riego

Nº	Ud	Descripción	Medición					
2.1.- Red de tuberías								
2.1.1	M	Excavación de zanja de 20 cm de ancho y 80 cm de profundidad, para alojamiento de la tubería principal y terciarias en red de riego agrícola, realizada mediante zanjadora hidráulica autopropulsada, con posterior tapado manual con cama de arena y relleno, medida por la longitud realmente ejecutada en obra.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			574				574,000	
							574,000	574,000
Total m:							574,000	
2.1.2	M	Suministro e instalación de tubería principal de riego en PVC de 90 mm de diámetro exterior y 84,4 mm de diámetro interior, PN 6 atm, enterrada a 80 cm de profundidad desde el cabezal de riego hasta la derivación a las subunidades de riego. Incluye excavación de zanja, cama de arena, tendido, unión mediante manguitos y accesorios, pruebas de estanqueidad, y relleno compactado. Esta tubería está dimensionada para minimizar pérdidas de carga a menos de 2 mca, conforme a recomendaciones técnicas para sistemas de riego localizados alimentados por energía solar.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
Tubo PVC 63DN			320				320,000	
							320,000	320,000
Total m:							320,000	
2.1.3	M	Tubería terciaria para red de riego agrícola, con longitudes de 57 m, 85 m y 112 m, realizada con tubo de polietileno (PE) de 63 mm de diámetro exterior y presión nominal PN4, enterrado a 80 cm de profundidad, con uniones mediante piezas especiales de polietileno, terminada y en funcionamiento.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			254				254,000	
							254,000	254,000
Total m:							254,000	
2.1.4	M	Instalación de tubería de polietileno de baja densidad (PEBD) especial para riego por goteo, con goteros autocompensantes integrados de 4 L/h, de diámetro exterior 16 mm, presión de trabajo 2,5 atm, con separación entre goteros de 0,75 metros, completamente instalada en obra.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			3.858				3.858,000	
							3.858,000	3.858,000
Total m:							3.858,000	
2.2.- Cabezal de riego								
2.2.1	U	Suministro e instalación de bomba sumergible multietapas para pozo de 8" (200 mm de diámetro), con cuerpo de acero inoxidable, grado de protección IP 58, de 7,5 CV (5,5 kW) de potencia, apta para trabajar con variador de frecuencia alimentado por energía solar, con caudal de diseño de 3,91 L/s y altura manométrica de 95 mca, incluyendo medios auxiliares de montaje, sin incluir instalación eléctrica ni paneles solares, medida la unidad instalada en obra.						
Total u:							1,000	

2.2.2	U	Conjunto de filtración automático compuesto por hidrociclón separador de arena de 2" en acero al carbono, y filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm ² , caudal máx. 20 m ³ /h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0-10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	Total u:	1,000
2.2.3	U	Suministro e instalación de sistema completo de fertirrigación automatizado, compuesto por bomba dosificadora eléctrica de pistón regulable (modelo DOSTEC 40) con caudal de hasta 250 L/h y presión máxima de 8 bar, cinco depósitos de fertilizantes de 300 a 3.000 L según tipo (N, P, K, microelementos y ácido nítrico), electroválvulas automatizadas con válvulas antirretorno en cada línea, colector común de aspiración, agitador de turbina centrífuga en el depósito principal con eje de acero inoxidable de 1,1 m, conectado al programador de riego, incluyendo todos los accesorios de montaje, conexiones hidráulicas y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	Total u:	1,000
2.2.4	U	Conjunto de filtración automático compuesto por filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm ² , caudal máx. 20 m ³ /h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0-10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	Total u:	1,000
2.2.5	U	Suministro e instalación de conjunto hidráulico de control y protección, formado por caudalímetro de riego, dos transmisores de presión, ventosas automáticas y válvulas antirretorno, montado sobre la red principal en el cabezal de riego, incluyendo racores, uniones, fijaciones y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y en funcionamiento.	Total u:	1,000
2.2.6	U	Arqueta para alojamiento de electroválvula y válvula de corte en red de riego agrícola, de dimensiones interiores 60×40×40 cm, construida con fábrica de ladrillo perforado tosco de medio pie de espesor, recibida con mortero de cemento y arena de río 1/6 (M-40), sobre solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor, resistencia característica 15 N/mm ² , tamaño máximo del árido 20 mm, consistencia plástica, enfoscada interiormente con mortero de cemento 1/3, con marco y tapa de fundición para entorno agrícola o peatonal, incluso excavación, nivelación y acondicionamiento del terreno. Medida la unidad ejecutada en obra.	Total u:	3,000
2.2.7	U	Suministro e instalación de programador de riego automático AGRONIC 2500 o similar, con pantalla digital, control de electroválvulas, sensores de presión y caudal, programable por tiempo, volumen o condiciones climáticas, con carcasa estanca IP65, alimentación 230 V y conexión para variador, incluyendo montaje, conexionado eléctrico e hidráulico, prueba de funcionamiento y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y operativa.	Total u:	1,000
2.3.- Caseta de riego				
2.3.1	Ud	Instalación de caseta prefabricada tipo contenedor para riego agrícola, de 6 × 3 × 2,8 m, colocada sobre base nivelada y compactada, anclada mediante placas metálicas o tacos químicos, incluyendo nivelación, alineación, conexiones exteriores de alimentación eléctrica y puesta en funcionamiento de iluminación interior, tomas de corriente y ventilación. Medida la unidad completamente instalada en obra.	Total ud:	1,000

2.3. Presupuesto parcial nº 3. Instalación fotovoltaica

Nº	Ud	Descripción	Medición
3.1.- Instalación fotovoltaica 1			
3.1.1	Ud	Montaje, fijación e interconexión eléctrica de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 550 Wp sobre estructura elevada a 3,5 m, incluyendo manipulación, anclaje, conexionado en serie y paralelo, pruebas de continuidad y puesta en servicio.	
Total ud			1,000
3.1.2	Ud	Colocación y conexionado de variador de frecuencia solar para bombeo, incluyendo fijación mural o en cuadro, conexionado a paneles fotovoltaicos (DC) y a motor trifásico (AC), configuración básica, protección eléctrica, y pruebas de funcionamiento.	
Total ud			1,000
3.1.3	Ud	Montaje e instalación de los sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna del sistema fotovoltaico, incluyendo fusibles en línea tipo MC4 para strings, interruptores magnetotérmicos tripolares para bombas (10 A y 20 A), conexionado, fijación en cuadro, y comprobaciones finales.	
Total ud			1,000
3.2.- Instalación fotovoltaica 2			
3.2.1	Ud	Montaje y conexión de paneles solares fotovoltaicos monocristalinos de 550Wp sobre cubierta de caseta, con fijación a estructura metálica inclinada, conexionado en paralelo, tendido de cableado en corriente continua hasta regulador de batería, verificación de polaridad y pruebas de funcionamiento.	
Total ud			1,000
3.2.2	Ud	Colocación y conexionado de baterías de litio de 12?V y 25?Ah en serie, incluyendo fijación en soporte o caja, conexión entre bornes, conexionado al regulador e inversor, y comprobación de polaridad y tensión.	
Total ud			1,000
3.2.3	Ud	Montaje del inversor híbrido en pared, dentro de cuadro estanco, con fijación mecánica, conexionado eléctrico en corriente continua (baterías y paneles) y en corriente alterna (salidas a receptores), puesta en marcha y comprobación de funcionamiento. Incluye cableado de potencia y pruebas de polaridad, continuidad y verificación de parámetros de tensión.	
Total ud			1,000
3.2.4	Ud	Suministro e instalación de sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna para sistema fotovoltaico aislado, incluyendo fusibles tipo MC4 para strings solares, fusible tipo ANL en la línea de baterías, e interruptor magnetotérmico bipolar de 6 A en salida AC del inversor. Incluye montaje en portafusibles o carril DIN, conexionado, fijación, comprobación de continuidad, verificación de intensidades de corte y pruebas de funcionamiento conforme a normativa REBT y UNE.	
Total ud			1,000
3.3.- Cables electroválvulas sectores			
3.3.1	M	Tendido de cable eléctrico de 4 mm ² desde el programador hasta las electroválvulas, en tubo enterrado tipo D2, con aislamiento XPLE y protección UV. Incluye conexión, pruebas y puesta en servicio. Unidad terminada y operativa.	
Total m			410,000
3.4.- Cuadro eléctrico			
3.4.1	Ud	Suministro e instalación de cuadro eléctrico mural estanco de superficie, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, grado de protección mínimo IP65, con placa metálica interior de montaje, cierre con llave y dimensiones aproximadas de 600 × 400 × 200 mm. Incluye la fijación en pared interior de caseta, mecanizado de entradas de cableado, instalación de protecciones en corriente continua y alterna, regulador MPPT, inversor, programador de riego, regletas de conexión y elementos auxiliares. Conexión, etiquetado, pruebas funcionales y puesta en marcha conforme a REBT y normativa UNE.	
Total ud			1,000

3. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	1. PLANTACIÓN		
	1.1 Labores preparatorias		
1.1.1	Ha Subsulado mecanizado, en terrenos de pendiente inferior al 20%, con subsolador de 5 púas en V, separados 50 cm, arrastrados por tractor de ruedas de 100 CV, alcanzando una profundidad de labor de 50-55 cm, medida, en planta, la superficie ejecutada.	85,67	OCHENTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS
1.1.2	Ha Estercolado de fondo consistente en: suministro, a granel, de estiércol de oveja compostado y libre de semillas, extendido del mismo por medios mecánicos en dosis de 35 t/ha.	832,95	OCHOCIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS
1.1.3	Ha Gradeo post-abonado a profundidad de 10-15 cm considerando un pase, en terreno de pendiente <15%, medida, en planta, la superficie ejecutada.	30,79	TREINTA EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
	1.2 Plantación		
1.2.1	ud Planta de pistachero injertada a raíz desnuda var. Sirora	10,30	DIEZ EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
1.2.2	ud Planta de pistacho injertada y a raíz desnuda var. Peters	4,12	CUATRO EUROS CON DOCE CÉNTIMOS
1.2.3	ud Plantación mecanizada de planta de Pistacia Vera injertada, presentada a raíz desnuda, realizada con plantadora, arrastrada por tractor de neumáticos de 101/130 CV de potencia, en suelo suelto, sobre terreno preparado y llano, incluido repaso manual de fallos.	0,40	CUARENTA CÉNTIMOS
1.2.4	ud Colocación manual de protector de tipo tubo, en terreno suelto, de pendiente <35%, incluido ligero aporcado del protector.	1,79	UN EURO CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
	1.3 Operaciones post-plantación		
1.3.1	m2 Cava manual en terreno medio realizada mediante azada, medida la superficie ejecutada en obra.	0,13	TRECE CÉNTIMOS
1.3.2	u Riego post-plantación en plantación de pistacho para el arraigo, realizado mediante cuba todoterreno de 3000 l de capacidad arrastrada por tractor de neumáticos i/p.p. de agua, medida la unidad realizada.	1,67	UN EURO CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS
1.3.3	Ha Reposición manual de marras de pistachero, en un porcentaje <20%, presentada a raíz desnuda, realizada en suelo previamente preparado y de pendiente <35%, incluido ligero aporcado, medida la unidad millar ejecutada. No se incluye distribución de las plantas.	94,78	NOVENTA Y CUATRO EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS
	2. INSTALACIÓN DE RIEGO		
	2.1 Red de tuberías		
2.1.1	m Excavación de zanja de 20 cm de ancho y 80 cm de profundidad, para alojamiento de la tubería principal y terciarias en red de riego agrícola, realizada mediante zanjadora hidráulica autopropulsada, con posterior tapado manual con cama de arena y relleno, medida por la longitud realmente ejecutada en obra.	4,01	CUATRO EUROS CON UN CÉNTIMO

2.1.2	m Suministro e instalación de tubería principal de riego en PVC de 90 mm de diámetro exterior y 84,4 mm de diámetro interior, PN 6 atm, enterrada a 80 cm de profundidad desde el cabezal de riego hasta la derivación a las subunidades de riego. Incluye excavación de zanja, cama de arena, tendido, unión mediante manguitos y accesorios, pruebas de estanqueidad, y relleno compactado. Esta tubería está dimensionada para minimizar pérdidas de carga a menos de 2 mca, conforme a recomendaciones técnicas para sistemas de riego localizados alimentados por energía solar.	33,55	TREINTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.1.3	m Tubería terciaria para red de riego agrícola, con longitudes de 57 m, 85 m y 112 m, realizada con tubo de polietileno (PE) de 63 mm de diámetro exterior y presión nominal PN4, enterrado a 80 cm de profundidad, con uniones mediante piezas especiales de polietileno, terminada y en funcionamiento.	2,54	DOS EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
2.1.4	m Instalación de tubería de polietileno de baja densidad (PEBD) especial para riego por goteo, con goteros autocompensantes integrados de 4 L/h, de diámetro exterior 16 mm, presión de trabajo 2,5 atm, con separación entre goteros de 0,75 metros, completamente instalada en obra.	2,21	DOS EUROS CON VEINTIUN CÉNTIMOS
2.2 Cabezal de riego			
2.2.1	u Suministro e instalación de bomba sumergible multietapas para pozo de 8" (200 mm de diámetro), con cuerpo de acero inoxidable, grado de protección IP 58, de 7,5 CV (5,5 kW) de potencia, apta para trabajar con variador de frecuencia alimentado por energía solar, con caudal de diseño de 3,91 L/s y altura manométrica de 95 mca, incluyendo medios auxiliares de montaje, sin incluir instalación eléctrica ni paneles solares, medida la unidad instalada en obra.	2.213,32	DOS MIL DOSCIENTOS TRECE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS
2.2.2	u Conjunto de filtración automático compuesto por hidrociclón separador de arena de 2" en acero al carbono, y filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm², caudal máx. 20 m³/h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0–10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	1.573,00	MIL QUINIENTOS SETENTA Y TRES EUROS
2.2.3	u Suministro e instalación de sistema completo de fertirrigación automatizado, compuesto por bomba dosificadora eléctrica de pistón regulable (modelo DOSTEC 40) con caudal de hasta 250 L/h y presión máxima de 8 bar, cinco depósitos de fertilizantes de 300 a 3.000 L según tipo (N, P, K, microelementos y ácido nítrico), electroválvulas automatizadas con válvulas antirretorno en cada línea, colector común de aspiración, agitador de turbina centrífuga en el depósito principal con eje de acero inoxidable de 1,1 m, conectado al programador de riego, incluyendo todos los accesorios de montaje, conexiones hidráulicas y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	4.168,26	CUATRO MIL CIENTO SESENTA Y OCHO EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS
2.2.4	u Conjunto de filtración automático compuesto por filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm², caudal máx. 20 m³/h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0–10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	1.232,59	MIL DOSCIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

2.2.5	u Suministro e instalación de conjunto hidráulico de control y protección, formado por caudalímetro de riego, dos transmisores de presión, ventosas automáticas y válvulas antirretorno, montado sobre la red principal en el cabezal de riego, incluyendo racores, uniones, fijaciones y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y en funcionamiento.	888,41	OCHOCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS
2.2.6	u Arqueta para alojamiento de electroválvula y válvula de corte en red de riego agrícola, de dimensiones interiores 60×40×40 cm, construida con fábrica de ladrillo perforado tosco de medio pie de espesor, recibida con mortero de cemento y arena de río 1/6 (M-40), sobre solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor, resistencia característica 15 N/mm ² , tamaño máximo del árido 20 mm, consistencia plástica, enfoscada interiormente con mortero de cemento 1/3, con marco y tapa de fundición para entorno agrícola o peatonal, incluso excavación, nivelación y acondicionamiento del terreno. Medida la unidad ejecutada en obra.	389,39	TRESCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS
2.2.7	u Suministro e instalación de programador de riego automático AGRONIC 2500 o similar, con pantalla digital, control de electroválvulas, sensores de presión y caudal, programable por tiempo, volumen o condiciones climáticas, con carcasa estanca IP65, alimentación 230 V y conexión para variador, incluyendo montaje, conexionado eléctrico e hidráulico, prueba de funcionamiento y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y operativa.	1.185,54	MIL CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
2.3 Caseta de riego			
2.3.1	ud Instalación de caseta prefabricada tipo contenedor para riego agrícola, de 6 × 3 × 2,8 m, colocada sobre base nivelada y compactada, anclada mediante placas metálicas o tacos químicos, incluyendo nivelación, alineación, conexiones exteriores de alimentación eléctrica y puesta en funcionamiento de iluminación interior, tomas de corriente y ventilación. Medida la unidad completamente instalada en obra.	2.101,41	DOS MIL CIENTO UN EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS
3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA			
3.1 Instalación fotovoltaica 1			
3.1.1	ud Montaje, fijación e interconexión eléctrica de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 550 Wp sobre estructura elevada a 3,5 m, incluyendo manipulación, anclaje, conexionado en serie y paralelo, pruebas de continuidad y puesta en servicio.	5.153,82	CINCO MIL CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.1.2	ud Colocación y conexionado de variador de frecuencia solar para bombeo, incluyendo fijación mural o en cuadro, conexionado a paneles fotovoltaicos (DC) y a motor trifásico (AC), configuración básica, protección eléctrica, y pruebas de funcionamiento.	1.725,00	MIL SETECIENTOS VEINTICINCO EUROS
3.1.3	ud Montaje e instalación de los sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna del sistema fotovoltaico, incluyendo fusibles en línea tipo MC4 para strings, interruptores magnetotérmicos tripolares para bombas (10 A y 20 A), conexionado, fijación en cuadro, y comprobaciones finales.	320,94	TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.2 Instalación fotovoltaica 2			
3.2.1	ud Montaje y conexión de paneles solares fotovoltaicos monocristalinos de 550Wp sobre cubierta de caseta, con fijación a estructura metálica inclinada, conexionado en paralelo, tendido de cableado en corriente continua hasta regulador de batería, verificación de polaridad y pruebas de funcionamiento.	419,55	CUATROCIENTOS DIECINUEVE EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS



3.2.2	ud Colocación y conexionado de baterías de litio de 12?V y 25?Ah en serie, incluyendo fijación en soporte o caja, conexión entre bornes, conexionado al regulador e inversor, y comprobación de polaridad y tensión.	711,60	SETECIENTOS ONCE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
3.2.3	ud Montaje del inversor híbrido en pared, dentro de cuadro estanco, con fijación mecánica, conexionado eléctrico en corriente continua (baterías y paneles) y en corriente alterna (salidas a receptores), puesta en marcha y comprobación de funcionamiento. Incluye cableado de potencia y pruebas de polaridad, continuidad y verificación de parámetros de tensión.	638,30	SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
3.2.4	ud Suministro e instalación de sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna para sistema fotovoltaico aislado, incluyendo fusibles tipo MC4 para strings solares, fusible tipo ANL en la línea de baterías, e interruptor magnetotérmico bipolar de 6 A en salida AC del inversor. Incluye montaje en portafusibles o carril DIN, conexionado, fijación, comprobación de continuidad, verificación de intensidades de corte y pruebas de funcionamiento conforme a normativa REBT y UNE.	154,05	CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON CINCO CÉNTIMOS
3.3 Cables electroválvulas sectores			
3.3.1	m Tendido de cable eléctrico de 4 mm ² desde el programador hasta las electroválvulas, en tubo enterrado tipo D2, con aislamiento XPLE y protección UV. Incluye conexión, pruebas y puesta en servicio. Unidad terminada y operativa.	2,65	DOS EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
3.4 Cuadro eléctrico			
3.4.1	ud Suministro e instalación de cuadro eléctrico mural estanco de superficie, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, grado de protección mínimo IP65, con placa metálica interior de montaje, cierre con llave y dimensiones aproximadas de 600 × 400 × 200 mm. Incluye la fijación en pared interior de caseta, mecanizado de entradas de cableado, instalación de protecciones en corriente continua y alterna, regulador MPPT, inversor, programador de riego, regletas de conexión y elementos auxiliares. Conexión, etiquetado, pruebas funcionales y puesta en marcha conforme a REBT y normativa UNE.	361,85	TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS

4. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	1. PLANTACIÓN		
	1.1 Labores preparatorias		
1.1.1	Ha Subsulado mecanizado, en terrenos de pendiente inferior al 20%, con subsolador de 5 púas en V, separados 50 cm, arrastrados por tractor de ruedas de 100 CV, alcanzando una profundidad de labor de 50-55 cm, medida, en planta, la superficie ejecutada.		
	<i>Maquinaria</i>	81,54	
	<i>Medios auxiliares</i>	1,63	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	2,50	
			85,67
1.1.2	Ha Estercolado de fondo consistente en: suministro, a granel, de estiércol de oveja compostado y libre de semillas, extendido del mismo por medios mecánicos en dosis de 35 t/ha.		
	<i>Maquinaria</i>	60,00	
	<i>Materiales</i>	732,83	
	<i>Medios auxiliares</i>	15,86	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	24,26	
			832,95
1.1.3	Ha Gradeo post-abonado a profundidad de 10-15 cm considerando un pase, en terreno de pendiente <15%, medida, en planta, la superficie ejecutada.		
	<i>Maquinaria</i>	29,30	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,59	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,90	
			30,79
	1.2 Plantación		
1.2.1	ud Planta de pistachero injertada a raíz desnuda var. Sirora		
	<i>Materiales</i>	10,00	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,30	
			10,30
1.2.2	ud Planta de pistacho injertada y a raíz desnuda var. Peters		
	<i>Materiales</i>	4,00	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,12	
			4,12
1.2.3	ud Plantación mecanizada de planta de Pistacia Vera injertada, presentada a raíz desnuda, realizada con plantadora, arrastrada por tractor de neumáticos de 101/130 CV de potencia, en suelo suelto, sobre terreno preparado y llano, incluido repaso manual de fallos.		
	<i>Mano de obra</i>	0,02	

	<i>Maquinaria</i>	0,09	
	<i>Materiales</i>	0,27	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,01	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,01	
			0,40
1.2.4	ud Colocación manual de protector de tipo tubo, en terreno suelto, de pendiente <35%, incluido ligero aporcado del protector.		
	<i>Mano de obra</i>	0,60	
	<i>Materiales</i>	1,12	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,02	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,05	
			1,79
	1.3 Operaciones post-plantación		
1.3.1	m2 Cava manual en terreno medio realizada mediante azada, medida la superficie ejecutada en obra.		
	<i>Mano de obra</i>	0,13	
			0,13
1.3.2	u Riego post-plantación en plantacion de pistacho para el arraigo, realizado mediante cuba todoterreno de 3000 l de capacidad arrastrada por tractor de neumáticos i/p.p. de agua, medida la unidad realizada.		
	<i>Mano de obra</i>	0,08	
	<i>Maquinaria</i>	1,51	
	<i>Materiales</i>	0,01	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,02	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,05	
			1,67
1.3.3	Ha Reposición manual de marras de pistachero, en un porcentaje <20%, presentada a raíz desnuda, realizada en suelo previamente preparado y de pendiente <35%, incluido ligero aporcado, medida la unidad millar ejecutada. No se incluye distribución de las plantas.		
	<i>Mano de obra</i>	6,57	
	<i>Materiales</i>	84,54	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,91	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	2,76	
			94,78
	2. INSTALACIÓN DE RIEGO		
	2.1 Red de tuberías		
2.1.1	m Excavación de zanja de 20 cm de ancho y 80 cm de profundidad, para alojamiento de la tubería principal y terciarias en red de riego agrícola, realizada mediante zanjadora hidráulica autopropulsada, con posterior tapado manual con cama de arena y relleno, medida por la longitud realmente ejecutada en obra.		
	<i>Mano de obra</i>	3,73	
	<i>Maquinaria</i>	0,08	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,08	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,12	

			4,01
2.1.2	m Suministro e instalación de tubería principal de riego en PVC de 90 mm de diámetro exterior y 84,4 mm de diámetro interior, PN 6 atm, enterrada a 80 cm de profundidad desde el cabezal de riego hasta la derivación a las subunidades de riego. Incluye excavación de zanja, cama de arena, tendido, unión mediante manguitos y accesorios, pruebas de estanqueidad, y relleno compactado. Esta tubería está dimensionada para minimizar pérdidas de carga a menos de 2 mca, conforme a recomendaciones técnicas para sistemas de riego localizados alimentados por energía solar.		
	<i>Mano de obra</i>	26,07	
	<i>Materiales</i>	5,86	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,64	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,98	
			33,55
2.1.3	m Tubería terciaria para red de riego agrícola, con longitudes de 57 m, 85 m y 112 m, realizada con tubo de polietileno (PE) de 63 mm de diámetro exterior y presión nominal PN4, enterrado a 80 cm de profundidad, con uniones mediante piezas especiales de polietileno, terminada y en funcionamiento.		
	<i>Mano de obra</i>	0,56	
	<i>Materiales</i>	1,86	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,05	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,07	
			2,54
2.1.4	m Instalación de tubería de polietileno de baja densidad (PEBD) especial para riego por goteo, con goteros autocompensantes integrados de 4 L/h, de diámetro exterior 16 mm, presión de trabajo 2,5 atm, con separación entre goteros de 0,75 metros, completamente instalada en obra.		
	<i>Mano de obra</i>	1,86	
	<i>Materiales</i>	0,25	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,04	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,06	
			2,21
	2.2 Cabezal de riego		
2.2.1	u Suministro e instalación de bomba sumergible multietapas para pozo de 8" (200 mm de diámetro), con cuerpo de acero inoxidable, grado de protección IP 58, de 7,5 CV (5,5 kW) de potencia, apta para trabajar con variador de frecuencia alimentado por energía solar, con caudal de diseño de 3,91 L/s y altura manométrica de 95 mca, incluyendo medios auxiliares de montaje, sin incluir instalación eléctrica ni paneles solares, medida la unidad instalada en obra.		
	<i>Mano de obra</i>	297,92	
	<i>Maquinaria</i>	180,00	
	<i>Materiales</i>	1.628,80	
	<i>Medios auxiliares</i>	42,13	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	64,47	
			2.213,32
2.2.2	u Conjunto de filtración automático compuesto por hidrociclón separador de arena de 2" en acero al carbono, y filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm², caudal máx. 20 m³/h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0–10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.		



	<i>Mano de obra</i>	111,72	
	<i>Materiales</i>	1.385,52	
	<i>Medios auxiliares</i>	29,94	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	45,82	
			1.573,00
2.2.3	u Suministro e instalación de sistema completo de fertirrigación automatizado, compuesto por bomba dosificadora eléctrica de pistón regulable (modelo DOSTEC 40) con caudal de hasta 250 L/h y presión máxima de 8 bar, cinco depósitos de fertilizantes de 300 a 3.000 L según tipo (N, P, K, microelementos y ácido nítrico), electroválvulas automatizadas con válvulas antirretorno en cada línea, colector común de aspiración, agitador de turbina centrífuga en el depósito principal con eje de acero inoxidable de 1,1 m, conectado al programador de riego, incluyendo todos los accesorios de montaje, conexiones hidráulicas y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.		
	<i>Mano de obra</i>	372,40	
	<i>Materiales</i>	3.595,10	
	<i>Medios auxiliares</i>	79,35	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	121,41	
			4.168,26
2.2.4	u Conjunto de filtración automático compuesto por filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm ² , caudal máx. 20 m ³ /h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0–10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.		
	<i>Mano de obra</i>	74,48	
	<i>Materiales</i>	1.098,75	
	<i>Medios auxiliares</i>	23,46	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	35,90	
			1.232,59
2.2.5	u Suministro e instalación de conjunto hidráulico de control y protección, formado por caudalímetro de riego, dos transmisores de presión, ventosas automáticas y válvulas antirretorno, montado sobre la red principal en el cabezal de riego, incluyendo racores, uniones, fijaciones y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y en funcionamiento.		
	<i>Mano de obra</i>	186,20	
	<i>Materiales</i>	659,42	
	<i>Medios auxiliares</i>	16,91	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	25,88	
			888,41
2.2.6	u Arqueta para alojamiento de electroválvula y válvula de corte en red de riego agrícola, de dimensiones interiores 60×40×40 cm, construida con fábrica de ladrillo perforado tosco de medio pie de espesor, recibida con mortero de cemento y arena de río 1/6 (M-40), sobre solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor, resistencia característica 15 N/mm ² , tamaño máximo del árido 20 mm, consistencia plástica, enfoscada interiormente con mortero de cemento 1/3, con marco y tapa de fundición para entorno agrícola o peatonal, incluso excavación, nivelación y acondicionamiento del terreno. Medida la unidad ejecutada en obra.		
	<i>Mano de obra</i>	95,99	
	<i>Maquinaria</i>	0,15	
	<i>Materiales</i>	274,32	
	<i>Medios auxiliares</i>	7,61	

	3 % Costes indirectos	11,34	
			389,39
2.2.7	ud Suministro e instalación de programador de riego automático AGRÓNIC 2500 o similar, con pantalla digital, control de electroválvulas, sensores de presión y caudal, programable por tiempo, volumen o condiciones climáticas, con carcasa estanca IP65, alimentación 230 V y conexión para variador, incluyendo montaje, conexionado eléctrico e hidráulico, prueba de funcionamiento y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y operativa.		
	Mano de obra	223,44	
	Materiales	905,00	
	Medios auxiliares	22,57	
	3 % Costes indirectos	34,53	
			1.185,54
	2.3 Caseta de riego		
2.3.1	ud Instalación de caseta prefabricada tipo contenedor para riego agrícola, de 6 × 3 × 2,8 m, colocada sobre base nivelada y compactada, anclada mediante placas metálicas o tacos químicos, incluyendo nivelación, alineación, conexiones exteriores de alimentación eléctrica y puesta en funcionamiento de iluminación interior, tomas de corriente y ventilación. Medida la unidad completamente instalada en obra.		
	Mano de obra	93,33	
	Maquinaria	66,87	
	Materiales	1.840,00	
	Medios auxiliares	40,00	
	3 % Costes indirectos	61,21	
			2.101,41
	3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		
	3.1 Instalación fotovoltaica 1		
3.1.1	ud Montaje, fijación e interconexión eléctrica de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 550 Wp sobre estructura elevada a 3,5 m, incluyendo manipulación, anclaje, conexionado en serie y paralelo, pruebas de continuidad y puesta en servicio.		
	Mano de obra	762,80	
	Materiales	4.142,80	
	Medios auxiliares	98,11	
	3 % Costes indirectos	150,11	
			5.153,82
3.1.2	ud Colocación y conexionado de variador de frecuencia solar para bombeo, incluyendo fijación mural o en cuadro, conexionado a paneles fotovoltaicos (DC) y a motor trifásico (AC), configuración básica, protección eléctrica, y pruebas de funcionamiento.		
	Mano de obra	114,42	
	Materiales	1.527,50	
	Medios auxiliares	32,84	
	3 % Costes indirectos	50,24	
			1.725,00
3.1.3	ud Montaje e instalación de los sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna del sistema fotovoltaico, incluyendo fusibles en línea tipo MC4 para strings, interruptores magnetotérmicos tripolares para bombas (10 A y 20 A), conexionado, fijación en cuadro, y comprobaciones finales.		



	<i>Mano de obra</i>	76,28	
	<i>Materiales</i>	229,20	
	<i>Medios auxiliares</i>	6,11	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	9,35	
			320,94
	3.2 Instalación fotovoltaica 2		
3.2.1	ud Montaje y conexión de paneles solares fotovoltaicos monocristalinos de 550Wp sobre cubierta de caseta, con fijación a estructura metálica inclinada, conexionado en paralelo, tendido de cableado en corriente continua hasta regulador de batería, verificación de polaridad y pruebas de funcionamiento.		
	<i>Mano de obra</i>	38,14	
	<i>Materiales</i>	361,20	
	<i>Medios auxiliares</i>	7,99	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	12,22	
			419,55
3.2.2	ud Colocación y conexionado de baterías de litio de 12V y 25Ah en serie, incluyendo fijación en soporte o caja, conexión entre bornes, conexionado al regulador e inversor, y comprobación de polaridad y tensión.		
	<i>Mano de obra</i>	28,60	
	<i>Materiales</i>	648,72	
	<i>Medios auxiliares</i>	13,55	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	20,73	
			711,60
3.2.3	ud Montaje del inversor híbrido en pared, dentro de cuadro estanco, con fijación mecánica, conexionado eléctrico en corriente continua (baterías y paneles) y en corriente alterna (salidas a receptores), puesta en marcha y comprobación de funcionamiento. Incluye cableado de potencia y pruebas de polaridad, continuidad y verificación de parámetros de tensión.		
	<i>Mano de obra</i>	28,60	
	<i>Materiales</i>	578,96	
	<i>Medios auxiliares</i>	12,15	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	18,59	
			638,30
3.2.4	ud Suministro e instalación de sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna para sistema fotovoltaico aislado, incluyendo fusibles tipo MC4 para strings solares, fusible tipo ANL en la línea de baterías, e interruptor magnetotérmico bipolar de 6 A en salida AC del inversor. Incluye montaje en portafusibles o carril DIN, conexionado, fijación, comprobación de continuidad, verificación de intensidades de corte y pruebas de funcionamiento conforme a normativa REBT y UNE.		
	<i>Mano de obra</i>	28,60	
	<i>Materiales</i>	118,03	
	<i>Medios auxiliares</i>	2,93	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	4,49	
			154,05
	3.3 Cables electroválvulas sectores		



3.3.1	m Tendido de cable eléctrico de 4 mm ² desde el programador hasta las electroválvulas, en tubo enterrado tipo D2, con aislamiento XPLE y protección UV. Incluye conexión, pruebas y puesta en servicio. Unidad terminada y operativa.		
	<i>Mano de obra</i>	1,52	
	<i>Materiales</i>	1,00	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,05	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,08	
			2,65
	3.4 Cuadro eléctrico		
3.4.1	ud Suministro e instalación de cuadro eléctrico mural estanco de superficie, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, grado de protección mínimo IP65, con placa metálica interior de montaje, cierre con llave y dimensiones aproximadas de 600 × 400 × 200 mm. Incluye la fijación en pared interior de caseta, mecanizado de entradas de cableado, instalación de protecciones en corriente continua y alterna, regulador MPPT, inversor, programador de riego, regletas de conexión y elementos auxiliares. Conexión, etiquetado, pruebas funcionales y puesta en marcha conforme a REBT y normativa UNE.		
	<i>Mano de obra</i>	114,42	
	<i>Materiales</i>	230,00	
	<i>Medios auxiliares</i>	6,89	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	10,54	
			361,85

5. PRESUPUESTO

5.1. Presupuesto parcial. Plantación

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
1.1.- Labores preparatorias					
1.1.1	Ha	Subsolado mecanizado, en terrenos de pendiente inferior al 20%, con subsolador de 5 púas en V, separados 50 cm, arrastrados por tractor de ruedas de 100 CV, alcanzando una profundidad de labor de 50-55 cm, medida, en planta, la superficie ejecutada.	8,280	85,67	709,35
1.1.2	Ha	Estercolado de fondo consistente en: suministro, a granel, de estiércol de oveja compostado y libre de semillas, extendido del mismo por medios mecánicos en dosis de 35 t/ha.	4,140	832,95	3.448,41
1.1.3	Ha	Gradeo post-abonado a profundidad de 10-15 cm considerando un pase, en terreno de pendiente <15%, medida, en planta, la superficie ejecutada.	4,140	30,79	127,47
Total 1.1.- 1.1 Labores preparatorias:					4.285,23
1.2.- Plantación					
1.2.1	ud	Planta de pistachero injertada a raíz desnuda var. Sirora	604,000	10,30	6.221,20
1.2.2	ud	Planta de pistacho injertada y a raíz desnuda var. Peters	39,000	4,12	160,68
1.2.3	ud	Plantación mecanizada de planta de Pistacia Vera injertada, presentada a raíz desnuda, realizada con plantadora, arrastrada por tractor de neumáticos de 101/130 CV de potencia, en suelo suelto, sobre terreno preparado y llano, incluido repaso manual de fallos.	643,000	0,40	257,20
1.2.4	ud	Colocación manual de protector de tipo tubo, en terreno suelto, de pendiente <35%, incluido ligero aporcado del protector.	643,000	1,79	1.150,97
Total 1.2.- 1.2 Plantación:					7.790,05
1.3.- Operaciones post-plantación					
1.3.1	m2	Cava manual en terreno medio realizada mediante azada, medida la superficie ejecutada en obra.	417,950	0,13	54,33
1.3.2	u	Riego post-plantación en plantación de pistacho para el arraigo, realizado mediante cuba todoterreno de 3000 l de capacidad arrastrada por tractor de neumáticos i/p.p. de agua, medida la unidad realizada.	643,000	1,67	1.073,81
1.3.3	Ha	Reposición manual de marras de pistachero, en un porcentaje <20%, presentada a raíz desnuda, realizada en suelo previamente preparado y de pendiente <35%, incluido ligero aporcado, medida la unidad millar ejecutada. No se incluye distribución de las plantas.	4,140	94,78	392,39
Total 1.3.- 1.3 Operaciones post-plantación:					1.520,53
Total presupuesto parcial nº 1 Plantación:					13.595,81

5.2. Presupuesto parcial. Instalación de riego

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
2.1.- Red de tuberías					
2.1.1	m	Excavación de zanja de 20 cm de ancho y 80 cm de profundidad, para alojamiento de la tubería principal y terciarias en red de riego agrícola, realizada mediante zanjadora hidráulica autopropulsada, con posterior tapado manual con cama de arena y relleno, medida por la longitud realmente ejecutada en obra.	574,000	4,01	2.301,74
2.1.2	m	Suministro e instalación de tubería principal de riego en PVC de 90 mm de diámetro exterior y 84,4 mm de diámetro interior, PN 6 atm, enterrada a 80 cm de profundidad desde el cabezal de riego hasta la derivación a las subunidades de riego. Incluye excavación de zanja, cama de arena, tendido, unión mediante manguitos y accesorios, pruebas de estanqueidad, y relleno compactado. Esta tubería está dimensionada para minimizar pérdidas de carga a menos de 2 mca, conforme a recomendaciones técnicas para sistemas de riego localizados alimentados por energía solar.	320,000	33,55	10.736,00
2.1.3	m	Tubería terciaria para red de riego agrícola, con longitudes de 57 m, 85 m y 112 m, realizada con tubo de polietileno (PE) de 63 mm de diámetro exterior y presión nominal PN4, enterrado a 80 cm de profundidad, con uniones mediante piezas especiales de polietileno, terminada y en funcionamiento.	254,000	2,54	645,16
2.1.4	m	Instalación de tubería de polietileno de baja densidad (PEBD) especial para riego por goteo, con goteros autocompensantes integrados de 4 L/h, de diámetro exterior 16 mm, presión de trabajo 2,5 atm, con separación entre goteros de 0,75 metros, completamente instalada en obra.	3.858,000	2,21	8.526,18
Total 2.1.- 2.1 Red de tuberías:					22.209,08
2.2.- Cabezal de riego					
2.2.1	u	Suministro e instalación de bomba sumergible multietapas para pozo de 8" (200 mm de diámetro), con cuerpo de acero inoxidable, grado de protección IP 58, de 7,5 CV (5,5 kW) de potencia, apta para trabajar con variador de frecuencia alimentado por energía solar, con caudal de diseño de 3,91 L/s y altura manométrica de 95 mca, incluyendo medios auxiliares de montaje, sin incluir instalación eléctrica ni paneles solares, medida la unidad instalada en obra.	1,000	2.213,32	2.213,32
2.2.2	u	Conjunto de filtración automático compuesto por hidrociclón separador de arena de 2" en acero al carbono, y filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm², caudal máx. 20 m³/h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0-10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	1,000	1.573,00	1.573,00

2.2.3	u	Suministro e instalación de sistema completo de fertirrigación automatizado, compuesto por bomba dosificadora eléctrica de pistón regulable (modelo DOSTEC 40) con caudal de hasta 250 L/h y presión máxima de 8 bar, cinco depósitos de fertilizantes de 300 a 3.000 L según tipo (N, P, K, microelementos y ácido nítrico), electroválvulas automatizadas con válvulas antirretorno en cada línea, colector común de aspiración, agitador de turbina centrífuga en el depósito principal con eje de acero inoxidable de 1,1 m, conectado al programador de riego, incluyendo todos los accesorios de montaje, conexiones hidráulicas y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	1,000	4.168,26	4.168,26
2.2.4	u	Conjunto de filtración automático compuesto por filtro de anillas AZUD HELIX 202/3FX con conexión de 2", grado de filtrado de 100 micras, sistema helicoidal autolimpiante, superficie de filtración de 1.620 cm ² , caudal máx. 20 m ³ /h, limpieza hidráulica con válvulas automáticas, manómetro de glicerina 0-10 bar y colector de drenaje, incluso p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad en funcionamiento.	1,000	1.232,59	1.232,59
2.2.5	u	Suministro e instalación de conjunto hidráulico de control y protección, formado por caudalímetro de riego, dos transmisores de presión, ventosas automáticas y válvulas antirretorno, montado sobre la red principal en el cabezal de riego, incluyendo racores, uniones, fijaciones y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y en funcionamiento.	1,000	888,41	888,41
2.2.6	u	Arqueta para alojamiento de electroválvula y válvula de corte en red de riego agrícola, de dimensiones interiores 60×40×40 cm, construida con fábrica de ladrillo perforado toco de medio pie de espesor, recibida con mortero de cemento y arena de río 1/6 (M-40), sobre solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor, resistencia característica 15 N/mm ² , tamaño máximo del árido 20 mm, consistencia plástica, enfoscada interiormente con mortero de cemento 1/3, con marco y tapa de fundición para entorno agrícola o peatonal, incluso excavación, nivelación y acondicionamiento del terreno. Medida la unidad ejecutada en obra.	3,000	389,39	1.168,17
2.2.7	u	Suministro e instalación de programador de riego automático AGRONIC 2500 o similar, con pantalla digital, control de electroválvulas, sensores de presión y caudal, programable por tiempo, volumen o condiciones climáticas, con carcasa estanca IP65, alimentación 230 V y conexión para variador, incluyendo montaje, conexionado eléctrico e hidráulico, prueba de funcionamiento y p.p. de medios auxiliares. Medida la unidad instalada y operativa.	1,000	1.185,54	1.185,54
Total 2.2.- 2.2 Cabezal de riego:					12.429,29

2.3.- Caseta de riego

2.3.1	ud	Instalación de caseta prefabricada tipo contenedor para riego agrícola, de 6 × 3 × 2,8 m, colocada sobre base nivelada y compactada, anclada mediante placas metálicas o tacos químicos, incluyendo nivelación, alineación, conexiones exteriores de alimentación eléctrica y puesta en funcionamiento de iluminación interior, tomas de corriente y ventilación. Medida la unidad completamente instalada en obra.	1,000	2.101,41	2.101,41
Total 2.3.- 2.3 Caseta de riego:					2.101,41



Total presupuesto parcial nº 2 Instalación de riego y fertirrigación: 36.739,78

5.3. Presupuesto parcial. Instalación fotovoltaica

Núm.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.1.- Instalación fotovoltaica 1					
3.1.1	ud	Montaje, fijación e interconexión eléctrica de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 550 Wp sobre estructura elevada a 3,5 m, incluyendo manipulación, anclaje, conexionado en serie y paralelo, pruebas de continuidad y puesta en servicio.	1,000	5.153,82	5.153,82
3.1.2	ud	Colocación y conexionado de variador de frecuencia solar para bombeo, incluyendo fijación mural o en cuadro, conexionado a paneles fotovoltaicos (DC) y a motor trifásico (AC), configuración básica, protección eléctrica, y pruebas de funcionamiento.	1,000	1.725,00	1.725,00
3.1.3	ud	Montaje e instalación de los sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna del sistema fotovoltaico, incluyendo fusibles en línea tipo MC4 para strings, interruptores magnetotérmicos tripolares para bombas (10 A y 20 A), conexionado, fijación en cuadro, y comprobaciones finales.	1,000	320,94	320,94
Total 3.1.- 3.1 Instalación fotovoltaica 1:					7.199,76
3.2.- Instalación fotovoltaica 2					
3.2.1	ud	Montaje y conexión de paneles solares fotovoltaicos monocristalinos de 550Wp sobre cubierta de caseta, con fijación a estructura metálica inclinada, conexionado en paralelo, tendido de cableado en corriente continua hasta regulador de batería, verificación de polaridad y pruebas de funcionamiento.	1,000	419,55	419,55
3.2.2	ud	Colocación y conexionado de baterías de litio de 12V y 25Ah en serie, incluyendo fijación en soporte o caja, conexión entre bornes, conexionado al regulador e inversor, y comprobación de polaridad y tensión.	1,000	711,60	711,60
3.2.3	ud	Montaje del inversor híbrido en pared, dentro de cuadro estanco, con fijación mecánica, conexionado eléctrico en corriente continua (baterías y paneles) y en corriente alterna (salidas a receptores), puesta en marcha y comprobación de funcionamiento. Incluye cableado de potencia y pruebas de polaridad, continuidad y verificación de parámetros de tensión.	1,000	638,30	638,30
3.2.4	ud	Suministro e instalación de sistemas de protección eléctrica en corriente continua y alterna para sistema fotovoltaico aislado, incluyendo fusibles tipo MC4 para strings solares, fusible tipo ANL en la línea de baterías, e interruptor magnetotérmico bipolar de 6 A en salida AC del inversor. Incluye montaje en portafusibles o carril DIN, conexionado, fijación, comprobación de continuidad, verificación de intensidades de corte y pruebas de funcionamiento conforme a normativa REBT y UNE.	1,000	154,05	154,05
Total 3.2.- 3.2 Instalación fotovoltaica 2:					1.923,50
3.3.- Cables electroválvulas sectores					



3.3.1	m	Tendido de cable eléctrico de 4 mm ² desde el programador hasta las electroválvulas, en tubo enterrado tipo D2, con aislamiento XPLE y protección UV. Incluye conexión, pruebas y puesta en servicio. Unidad terminada y operativa.	410,000	2,65	1.086,50

Total 3.3.- 3.3 Cables electroválvulas sectores: 1.086,50

3.4.- Cuadro eléctrico

3.4.1	ud	Suministro e instalación de cuadro eléctrico mural estanco de superficie, fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, grado de protección mínimo IP65, con placa metálica interior de montaje, cierre con llave y dimensiones aproximadas de 600 × 400 × 200 mm. Incluye la fijación en pared interior de caseta, mecanizado de entradas de cableado, instalación de protecciones en corriente continua y alterna, regulador MPPT, inversor, programador de riego, regletas de conexión y elementos auxiliares. Conexión, etiquetado, pruebas funcionales y puesta en marcha conforme a REBT y normativa UNE.	1,000	361,85	361,85

Total 3.4.- 3.4 Cuadro eléctrico: 361,85

Total presupuesto parcial nº 3 Instalación fotovoltaica: 10.571,61



6. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Presupuesto de ejecución material	Importe (€)
1. Plantación	13.595,81
1.1.- Labores preparatorias	4.285,23
1.2.- Plantación	7.790,05
1.3.- Operaciones post-plantación	1.520,53
2. Instalación de riego	36.739,78
2.1.- Red de tuberías	22.209,08
2.2.- Cabezal de riego	12.429,29
2.3.- Caseta de riego	2.101,41
3. Instalación fotovoltaica	10.571,61
3.1.- Instalación fotovoltaica 1	7.199,76
3.2.- Instalación fotovoltaica 2	1.923,50
3.3.- Cables electroválvulas sectores	1.086,50
3.4.- Cuadro eléctrico	361,85
Total	60.907,20

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de SESENTA MIL NOVECIENTOS SIETE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.



7. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Capítulo	Importe
1. PLANTACIÓN	
1.1 Labores preparatorias	4.285,23
1.2 Plantación	7.790,05
1.3 Operaciones post-plantación	1.520,53
Total 1 Plantación:	13.595,81
2. INSTALACIÓN DE RIEGO	
2.1 Red de tuberías	22.209,08
2.2 Cabezal de riego	12.429,29
2.3 Caseta de riego	2.101,41
Total 2 Instalación de riego y fertirrigación:	36.739,78
3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	
3.1 Instalación fotovoltaica 1	7.199,76
3.2 Instalación fotovoltaica 2	1.923,50
3.3 Cables electroválvulas sectores	1.086,50
3.4 Cuadro eléctrico	361,85
Total 3 Instalación fotovoltaica:	10.571,61
Presupuesto de ejecución material	60.907,20
13% de gastos generales	7.917,94
6% de beneficio industrial	3.654,43
Suma	72.479,57
21% IVA	15.220,71
Presupuesto de ejecución por contrata	87.700,28

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de OCHENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS por contrata con IVA.



Madrid, junio de 2025

FIRMADO: JOAQUÍN GARCÍA MEDINA

