



## Trabajo Fin de Grado

**Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural**  
Explotaciones agropecuarias

Diseño de una plantación de 28,7 ha. de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza)

Project of a 28,7 ha. plum tree (*Prunus domestica*) plantation with a drip irrigation system and mechanized harvesting in the municipality of Almonacid de la Sierra (Zaragoza)

Autor

Pablo Gil Ezquerra

Directores

José Casanova Gascón  
Antonio Boné Garasa



## Memoria

Diseño de una plantación de 28,7 ha. de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza)

Autor

Pablo Gil Ezquerra

## ÍNDICE

1	CONTEXTO DEL PROYECTO.....	5
1.1	Introducción.....	5
1.2	Ubicación de la plantación.....	5
1.3	Antecedentes y motivación de la transformación.....	6
1.3.1	Usos anteriores de la finca .....	6
1.3.2	Evaluación económica .....	6
1.3.3	Motivación de la transformación .....	7
1.4	Actualidad del sector .....	7
1.4.1	El cultivo dela ciruela en España y Aragón .....	7
1.4.2	Oportunidades en el mercado.....	8
1.5	Alineación con los ODS .....	8
2	ESTUDIO CLIMÁTICO .....	9
2.1	Temperaturas.....	10
2.2	Temperaturas invernales y horas frio.....	10
2.3	Otros factores climáticos .....	11
2.3.1	Viento .....	11
2.3.2	Humedad .....	11
2.3.3	Granizo .....	11
2.3.4	Resumen de los índices termo pluviométricos .....	11
3	ESTUDIO EDAFOLÓGICO.....	13
4	ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA .....	15
4.1	pH.....	16
4.2	Conductividad eléctrica .....	16
4.3	Normas para la clasificación del agua.....	16
5	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	17
5.1	Identificación de alternativas .....	17
5.2	Restricciones impuestas .....	17
5.3	Evaluación de alternativas .....	17
5.3.1	Especie.....	18
5.3.2	Patrón .....	18
5.3.3	Variedad .....	18
5.3.4	Diseño de la plantación .....	19
5.3.5	Sistema de formación.....	20
5.3.6	Sistema de riego .....	20
5.3.7	Manejo del suelo .....	20

5.3.8 Sistema de recolección.....	21
6 PLANTACIÓN Y PROCESO PRODUCTIVO.....	22
6.1 Plantación .....	22
6.2 Proceso productivo .....	22
6.2.1 Fertilización .....	23
6.2.2 Poda del ciruelo .....	24
6.2.3 Mantenimiento del suelo .....	24
6.2.4 Control de plagas y enfermedades.....	25
6.2.5 Recolección.....	25
7 DISEÑO AGRONÓMICO .....	26
8 DISEÑO HIDRÁULICO .....	28
8.1 Capacidad de agua disponible .....	28
8.2 Sistema de riego .....	28
8.3 Sectores de riego .....	28
8.4 Orografía y distribución de tuberías .....	28
8.5 Cabezal de riego.....	29
8.6 Dimensionado de tuberías.....	30
9 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	32
9.1 Análisis de rentabilidad.....	32
10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	34
11 BIBLIOGRAFÍA.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imagen aérea, lindes e información del recinto en el que señalizará el proyecto.	
Fuente: Sede electrónica del catastro .....	6
Figura 2 Sectores de riego, con el área regada y el caudal necesario. (S=SUR y N=NORTE).	
Fuente: elaboración propia.....	29

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Distribución autonómica en producción de ciruela (toneladas). Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2023) .....	7
Gráfica 2 Climograma de la zona de Almonacid de la Sierra. Fuente: elaboración propia. ....	9
Gráfica 3 Representación anual de las temperaturas mensuales máximas, medias y mínimas.	
Fuente: elaboración propia.....	10

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de las clasificaciones climáticas utilizada. Fuente: elaboración propia.....	12
Tabla 2 Caracteres físicos del suelo, medidos a diferentes alturas (0-35cm y 35-65cm). Fuente: analítica del muestreo del suelo. ....	13
Tabla 3 Caracteres químicos del suelo. Fuente: analítica del muestreo del suelo.....	14
Tabla 4 Datos del análisis del agua de riego. Fuente: analítica del muestreo del agua de riego.	15
Tabla 5 Comparativa de la clasificación del agua según varias normas y autores. Fuente: elaboración propia.....	16
Tabla 6 Aportaciones de fertilizantes en kg/ha en función del mes y del año de la plantación. Fuente: elaboración propia.....	23
Tabla 7 Calculo del tiempo de riego necesario y otros factores relacionados. Fuente: elaboración propia.....	27
Tabla 8 Resumen de las tuberías utilizadas en cada sector y los metros empleados. Fuente: elaboración propia.....	31
Tabla 9 Ingresos totales de la explotación (Cosecha + PAC), en función del año. Fuente: elaboración propia.....	32
Tabla 10 Balances económicos anuales de la plantación. Fuente: elaboración propia. ....	33

## 1 CONTEXTO DEL PROYECTO

### 1.1 Introducción

En el presente proyecto se diseña y presupuesta una plantación de 28,7 ha de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza), con la finalidad de incrementar los beneficios de la explotación agrícola existente, a través de una optimización de los recursos disponibles.

Se estudiará la información climática y edafológica necesaria para verificar que la especie frutal escogida por el promotor, el ciruelo, pueda cultivarse en la parcela en cuestión cumpliendo sus necesidades edafoclimáticas. También se contrastarán las diferentes técnicas disponibles en el proceso productivo para escoger las mejores alternativas a la hora de realizar la plantación, asegurando que el nivel de mecanización sea elevado, cumpliendo así con otra de las premisas del promotor, quien busca la mínima dependencia de la mano de obra. Con el fin de lograr un aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos disponibles se dimensionará un sistema de fertirrigación que además permitirá obtener un aumento en la producción de los frutales. Finalmente se contabilizarán todos los materiales y trabajos a llevar a cabo para la realización de la plantación para así poder realizar un presupuesto del proyecto y un estudio económico con la intención de demostrar la viabilidad de este.

### 1.2 Ubicación de la plantación

La finca se encuentra en el término municipal de Almonacid de la Sierra, en la provincia de Zaragoza, Aragón. Su posición es estratégica ya que se encuentra en las faldas de la sierra de Algairén, perteneciente al Sistema Ibérico, a 10Km tanto de Cariñena como de La Almunia de Doña Godina, que son dos núcleos poblacionales importantes y a unos 50 Km de Zaragoza.

A continuación (Figura 1) se muestra una imagen aérea de la parcela en la que se realizará el proyecto, además de la identificación y coordenadas de la parcela.

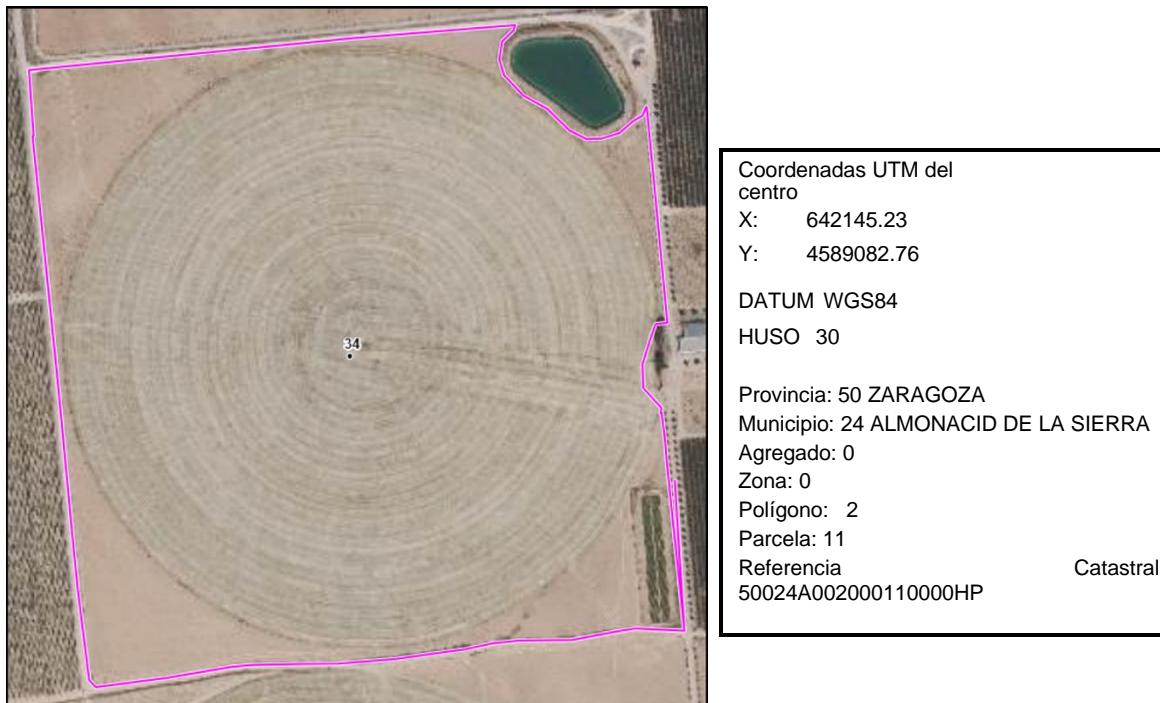


Figura 1 Imagen aérea, lindes e información del recinto en el que se señalizará el proyecto. Fuente: Sede electrónica del catastro

## 1.3 Antecedentes y motivación de la transformación

### 1.3.1 Usos anteriores de la finca

En la actualidad la finca se encuentra sin cultivar, ya que anteriormente contaba con un pivot de riego pero que en la última campaña sufrió una avería y fue retirado de la parcela. Los últimos cultivos que se llevaron a cabo en la parcela fueron cebada, trigo y guisante. La parcela pertenece al promotor y es el mismo quien la explota, este percibe anualmente ayudas de la PAC establecidas en unos 150 €/ha, además del beneficio anual aportado por los cultivos.

### 1.3.2 Evaluación económica

Para tener una referencia de cuál será el flujo destruido al cambiar de tipo de cultivo en la parcela, se han hecho cálculos aproximados de los costes de producción de los cultivos que se implantaron en la parcela los últimos años que esta se trabajó, y se han tomado también los valores de las cotizaciones de dichos cultivos en el mercado, en la semana 41 del año 2023, y teniendo en cuenta los rendimientos medios por hectárea que presentan en la zona los cultivos, se ha procedido a realizar una estimación de los beneficios que se obtenían. Sin tener en cuenta el cultivo de guisantes, que se realizaba como cultivo

mejorante y así cumplir los ecorregímenes, el agricultor percibía unos beneficios de aproximadamente 1400 €/ha.

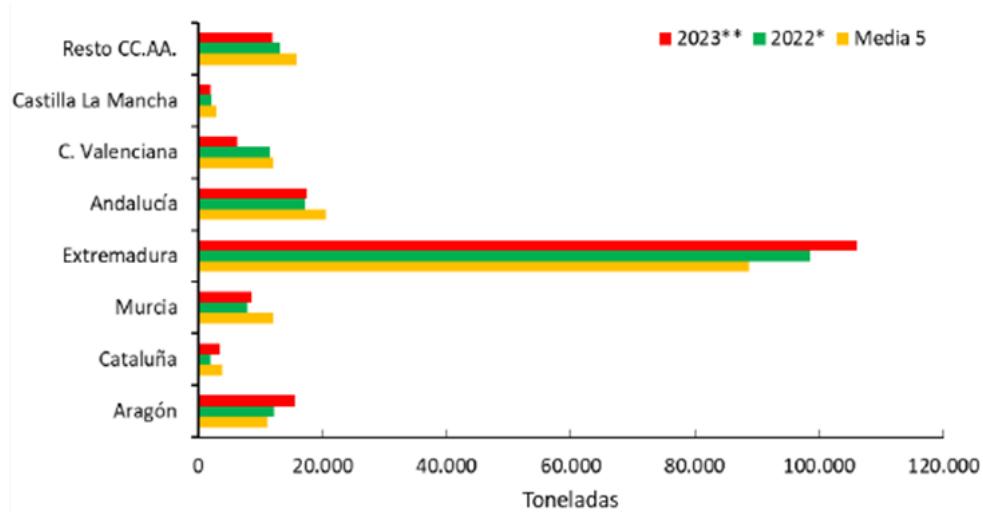
### 1.3.3 Motivación de la transformación

Hay varios motivos que han empujado al promotor a impulsar un proyecto que transforme su finca, pero principalmente la búsqueda de un mayor beneficio económico es la razón que le ha incitado, ya que con el anterior uso que se le daba a la finca el promotor obtenía unas rentas que ponían en peligro la rentabilidad de la explotación, como hemos visto en el apartado anterior, el promotor se ha dado cuenta de que puede percibir mayores rentas en su tierra con el cultivo de árboles frutales ya que en los últimos años en el recinto colindante, también de su propiedad, ha llevado a cabo plantaciones de diferentes leñosos y de ellos ha recibido mayores beneficios, estos cultivos se han podido llevar a cabo porque la finca cuenta con un buen aprovisionamiento de agua. La innovación en la mecanización de ciertos cultivos frutícolas, el clima favorable para su desarrollo y el final de la vida útil del pivot de la parcela, han sido cuestiones que también han impulsado al promotor a tomar la decisión para realizar la transformación.

## 1.4 Actualidad del sector

### 1.4.1 El cultivo de la ciruela en España y Aragón

España produjo este último año 165.045 toneladas de ciruela. Del total de la producción, Aragón fue la tercera comunidad autónoma que más kilogramos de ciruelas produjo, con 12.253 toneladas. Grafica 1.



Gráfica 1 Distribución autonómica en producción de ciruela (toneladas). Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2023)

Pese a que tradicionalmente se han cultivado más de 16 000 hectáreas de ciruelos en España, en los últimos años se ha visto como poco a poco este número ha ido disminuyendo, rondando actualmente las 13 000 hectáreas. Este descenso puede deberse a factores como la falta de agua en muchas de las zonas de cultivo tradicional o a que los pequeños huertos dedicados a este cultivo se han transformado en cultivos más mecanizables, debido a la falta de mano de obra. En Aragón la situación es un poco diferente al resto de España, ya que en esta comunidad han aumentado el número de hectáreas destinadas a la ciruela, ocupando unas 1260 del total, de las cuales la mayoría están en régimen de regadío, perteneciendo la mayor parte de estas hectáreas a la provincia de Zaragoza. Dentro de esta provincia destacan cuatro grandes zonas de producción, las Comarcas de Calatayud, Valdejalón, Caspe y Bajo Cinca.

#### **1.4.2 Oportunidades en el mercado**

En las últimas décadas se ha intentado desde nuestro país llegar a acuerdos comerciales con diferentes países que nunca habían importado ciruelas españolas. Es el caso de Japón, México o Estados Unidos, destacando estos países por su preferencia por las ciruelas pasas o desecadas. Siendo el sector de la ciruela española un sector internacionalizado en el que la Unión Europea se ha consolidado como un mercado natural de este producto, Japón o México se configuran como países en que este mercado puede diversificarse, algo prioritario para la ciruela de nuestro país.

### **1.5 Alineación con los ODS**

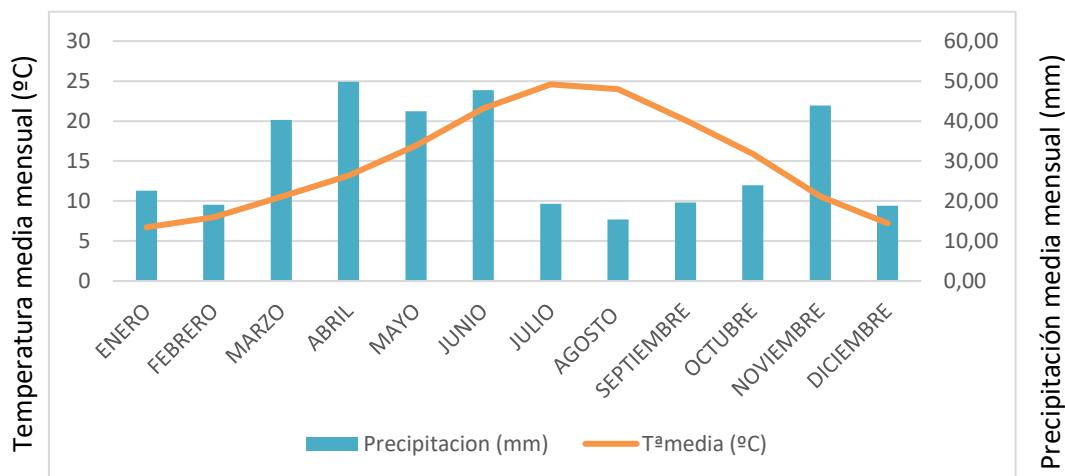
Con este trabajo también se pretende alinear la proyección de una plantación viable con algunos de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas y recogidos en la agenda 2030. Es el caso del Objetivo 6, Agua limpia y saneamiento, en concreto se afecta a la Meta 6.4 Aumentar el uso eficiente de recursos hídricos, también el proyecto se ajusta al Objetivo 2 Hambre cero, en concreto a la Meta 2.3 Duplicación de productividad e ingresos agrícolas a pequeña escala, finalmente el proyecto se compromete con el Objetivo 8 Trabajo decente y crecimiento económico, Meta 8.2 Elevar la productividad a través de la diversificación tecnología e innovación.

## 2 ESTUDIO CLIMÁTICO

Para la realización del estudio climático se han consultado diversas fuentes para la recopilación de datos, entre las que destacan el Atlas Climático Ibérico y los Mapas Climáticos de España. Sin embargo, las series de datos en estas fuentes solo abarcan hasta los años 2010 o 2016, según el tipo de dato analizado. Por este motivo, se ha llevado a cabo un trabajo propio de obtención y procesamiento de datos, utilizando una serie histórica de información meteorológica de la estación de Almonacid de la Sierra. Para ello, se ha tomado un periodo de diez años, desde 2013 hasta 2023. Según las predicciones la climatología global está cambiando y va a seguir haciéndolo en un futuro, por ello se ha decidido centrar el estudio en los datos climáticos de los últimos 10 años.

La finalidad de este análisis es la valoración de la aptitud climática de la zona en la que se va a definir el proyecto, comprobando que el cultivo elegido por el promotor, el ciruelo, pueda desarrollarse de una forma adecuada en lo referido a los requerimientos climáticos.

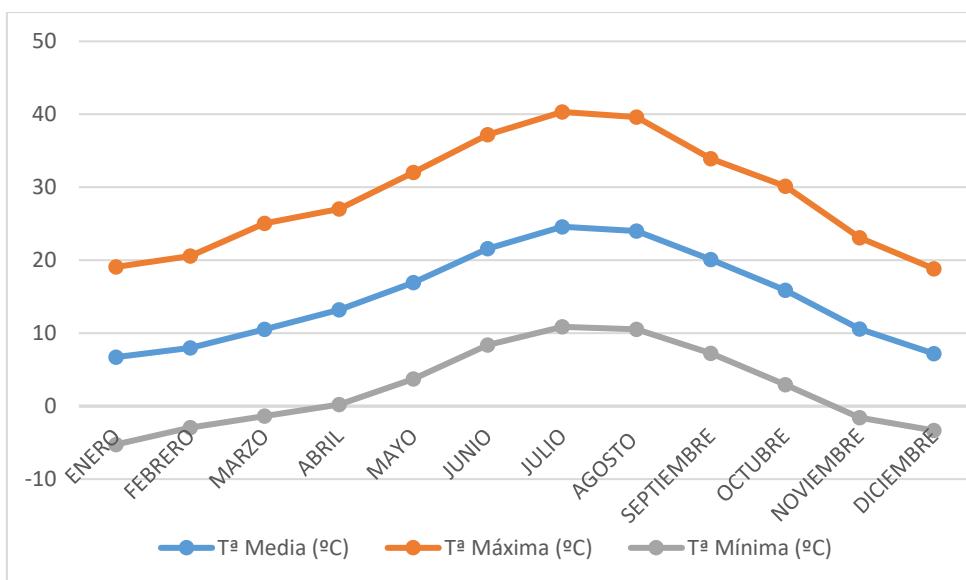
La zona de estudio presenta un clima submediterráneo continental frío, en el que destacan la temperatura como una de sus cualidades climáticas más duras, los inviernos son fríos y largos mientras que los veranos son secos y calurosos. El promedio anual de las precipitaciones suele estar en torno a los 300-400 mm/anales lo que significa que muchos de los cultivos que se dan en la zona existen gracias a la posibilidad del riego. En la Gráfica dos se puede observar un climograma representativo de la localidad.



Gráfica 2 Climograma de la zona de Almonacid de la Sierra. Fuente: elaboración propia.

## 2.1 Temperaturas

La temperatura es un factor clave a la hora de planificar una plantación de ciruelos. Las temperaturas bajas pueden generar problemas durante el periodo vegetativo. Para mitigar estos efectos, se optará por variedades con floración tardía, lo que ayuda a evitar las heladas más intensas, intentando así que la producción no se vea afectada. A continuación, en la Grafica 3 se muestra una representación de las temperaturas máximas, medias y mínimas anuales.



Gráfica 3 Representación anual de las temperaturas mensuales máximas, medias y mínimas. Fuente: elaboración propia.

## 2.2 Temperaturas invernales y horas frío

El recuento de las horas frío que se dan en el periodo de reposo invernal es una cualidad de la zona que permite que se desarrolle en ella ciertas especies, sobre todo aquellas que tienen altos requerimientos de frío invernal para que la brotación se dé correctamente. La zona de estudio cuenta con un número alto de horas frío, entre 1000 y 1500 horas. También es importante conocer un histórico de las fechas de heladas tardías en primavera ya que estas condicionan la producción si se dan durante la floración. La fecha en la que se ha registrado la helada más tardía en la zona durante los últimos veinte años es del día 5 de abril, siendo el caso más extremo ya que normalmente la última helada se da durante la primera quincena de marzo.

## 2.3 Otros factores climáticos

### 2.3.1 Viento

Las velocidades medias registradas en la zona son de unos 40km/h el viento causante de estas velocidades es el cierzo, común en todo el Valle del Ebro, emplazamiento en el que se localiza la parcela, este es un viento que se caracteriza por ser frio y seco, y su dirección es paralela al avance del río Ebro, del noroeste hacia el sureste.

### 2.3.2 Humedad

Aunque la humedad relativa no es un factor crucial para el desarrollo del cultivo, su medición permite calcular con precisión la evapotranspiración del almendro. Este parámetro es fundamental para programar los riegos de manera óptima. Los datos estudiados indican que la humedad relativa disminuye en los meses de verano y aumenta en invierno, lo que significa que los cultivos evapotranspiran más durante el verano y, por lo tanto, requieren un mayor aporte de agua en esa época.

### 2.3.3 Granizo

Este es uno de los factores que más negativamente pueden afectar a la calidad de la cosecha en frutales, ya que si se forman partículas de hielo de un tamaño considerable la fruta que se encuentre en periodo de desarrollo y sea golpeada quedará marcada y su precio se verá devaluado, en el caso de que se cosecha con finalidad de industria el granizo no deprecia la fruta. Si el granizo es de gran tamaño puede dañar la madera del árbol, y asimismo las yemas que se encuentran en ella y brotarán la siguiente primavera, si estas se dañan puede haber una importante pérdida de cosecha la campaña siguiente.

En la zona de la parcela se ha realizado un estudio con datos históricos y se ha estimado que los días de granizo anuales varían entre 0 y 1.

### 2.3.4 Resumen de los índices termo pluviométricos

Estos índices permiten clasificar el clima de un año promedio en una zona específica, basándose en la interpretación de los valores obtenidos de las tablas características de cada índice (Tabla 1).

Tabla 1 Resumen de las clasificaciones climáticas utilizadas. Fuente: elaboración propia.

Índice de Lang	
20 < ILang < 40	zona árida
Índice de Martonne	
10 < IM < 20	Estepas y países secos mediterráneos.
Índice de Emberger	
0-30	clima árido
Clasificación Bioclimática UNESCO-FAO	
Características térmicas	Grupo 1 (templado-medio)
Tipo de invierno	Muy frío
Índice xerotérmico	Monoxérico
Clima monoxérico mediterráneo	
Clasificación Bioclimática de Koppen	
Tipo de clima	Clima seco
Subgrupos climáticos	s (estación seca en verano)
Temperaturas	k (Temperatura media anual inferior a 18°C)
Clima seco estepario y frío (Bsk)	

Se llega a la conclusión de que, desde el punto de vista climático el ciruelo es un cultivo viable para la zona en la que se va a realizar el proyecto, siempre y cuando se elijan variedades de floración tardía como lo son las que pertenecen a la rama de las ciruelas europeas, descartando las variedades japonesas. Además, es fundamental que la plantación se acompañe de un sistema de riego adecuado con el que se pueda dotar a los arboles del agua necesaria para un correcto desarrollo, ya que la precipitación anual no será suficiente.

### 3 ESTUDIO EDAFOLÓGICO

En las siguientes tablas (Tabla 2 y 3) se recogen los principales datos obtenidos del análisis edafológico, diferenciando la zona 1 y 2 de muestreo, que han sido elegidas en base a la apariencia del suelo y el comportamiento que han presentado históricamente los cultivos implantados en la parcela.

*Tabla 2 Caracteres físicos del suelo, medidas a diferentes alturas (0-35cm y 35-65cm). Fuente: analítica del muestreo del suelo.*

Granulometría	Sector 1 (0-35cm)	Sector 1 (35-65cm)	Sector 2 (0-35cm)	Sector 2 (35-65cm)
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,27	1,33	1,25	1,31
Elementos gruesos (>2mm) En % del total del suelo	41%	35%	42%	32%
Arena total (2-0,05mm)	43,27	42,12	40,73	39,97
Limo grueso (0,05-0,02mm)	12,43	13,65	9,44	10,72
Limo fino (0,02-0,002mm)	17,84	14,18	19,86	17,42
Arcilla (<0,002mm)	26,46	30,05	29,97	31,89

En referencia a los caracteres físicos analizados del suelo que presenta la parcela e introduciendo los porcentajes de elementos con una granulometría, menor a 2mm en el triángulo textural USDA, se ha clasificado que el suelo tanto del sector 1 como del sector 2 pertenecen a la descripción de suelos franco-arcillosos.

Tabla 3 Caracteres químicos del suelo. Fuente: analítica del muestreo del suelo.

Caracteres químicos	Sector 1 (0-35cm)	Sector 1 (35-65cm)	Sector 2 (0-35cm)	Sector 2 (35-65cm)
pH al agua 1:2,5 por potenciómetro	8,15	8,14	8,05	8,1
Relación C/N	7,2	7,5	6,9	8
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25ºC) por electrometría (dS/m)	0,4	0,4	0,3	0,4
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría (g/100g)	1,81	1,65	1,78	1,57
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofotometría (mg/kg)	27	19	33	35
Potasio (Extracto acetato amónico) por ICP-OES (mg/kg)	245	230	171	163
Nitrógeno en forma de nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) por espectrofotometría (mg/kg)	24	16	18	23
Carbonato cálcico equivalente por volumetría (g/100g)	14,4	15,1	16,8	16,1
Caliza activa por volumetría (g/100g)	4,2	4,5	5,1	4,8
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES (mg/kg)	220	280	310	340
Hierro (extraído con EDTA) (mg/kg)	4,26	4,73	5,82	5,41
Cobre (extraído con EDTA) (mg/kg)	3,62	2,71	5,77	3,86
Manganese (extraído con EDTA) (mg/kg)	4,58	3,87	4,25	4,08
Zinc (extraído con EDTA) (mg/kg)	1,21	0,97	3,56	3,32

Tras analizar la información recogida del análisis químico se concluye que el suelo no tiene ninguna limitación importante para el cultivo del ciruelo, por lo tanto, el suelo sería apto para la realización del proyecto. Cabe destacar que el porcentaje de materia orgánica presente es relativamente bajo por lo que antes de la plantación se deberá intentar incrementarlo, y durante esta también hasta llegar a un 2,5-3% para mejorar las condiciones edafológicas.

En función de los caracteres físicos del suelo se ha calculado su capacidad de campo, obteniéndose valores de 22-23% lo que lo sitúa en un suelo con capacidad media. El punto de marchitez permanente se encuentra entre un 12 y un 13% y por lo tanto el agua total disponible para el cultivo sería la diferencia entre ambos, resultando alrededor de un 10%.

Cabe destacar que la relación carbono-nitrógeno del suelo es de entre 7 y 8 entendiéndose que en un valor bajo para este parámetro pero que es completamente normal de ver en suelos cultivados. El pH es ligeramente básico para lo que sería el óptimo del ciruelo, pero se encuentra dentro del rango permitido por el árbol. Además, se muestra que el suelo no estaría limitado ni por el contenido en caliza activa ni por las sales que se

encuentran disueltas en él, ya que los valores están por debajo de los umbrales problemáticos.

## 4 ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA

El agua de riego disponible en la parcela proviene de una masa subterránea de agua, del acuífero Pliocuaternario de Afamen. Para conocer la calidad y características que tiene se ha realizado un muestreo y análisis de ella para así saber exactamente su contenido. En la tabla 4 se recogen los resultados de la analítica.

Tabla 4 Datos del análisis del agua de riego. Fuente: analítica del muestreo del agua de riego.

SALINIDAD	
Conductividad eléctrica	1,24 dS/m a 25ºC
ANIONES	
Bicarbonatos ( $HCO_3^-$ )	3,71 meq/L
Cloruros ( $Cl^-$ )	1,25 meq/L
Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ )	1,59 meq/L
CATIONES	
Calcio	5,02 meq/L
Magnesio	5,93 meq/L
Sodio	2,15 meq/L
Potasio	0,17 meq/L
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS	
Reacción pH	7,72
ÍNDICES	
pH calculado	6,89
Relación de adsorción de sodio (S.A.R.)	0,91
S.A.R. Ajustado	2,51
Dureza total	26
Índice de Langelier	0,46
NUTRIENTES	
Nitratos mg/L ( $NO_3^-$ )	2,1

## 4.1 pH

El pH del agua es un indicador clave de su acidez y se utiliza para identificar posibles contaminantes presentes. El rango óptimo de pH para el agua de riego generalmente oscila entre 6,5 y 8. En el caso del agua utilizada en este proyecto de riego, se ha medido un pH de 7,72 el cual pese a estar próximo al valor límite está dentro del intervalo permitido.

## 4.2 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un valor de medida que se corresponde a la capacidad del agua para dejar pasar libremente la corriente eléctrica, a mayor conductividad eléctrica habrá mayor concentración de sales disueltas en el agua. En el caso del agua disponible en la finca el valor de la conductividad es de 1,24 dS/m a 25°C, lo que significa que el agua tiene una calidad media en este aspecto.

## 4.3 Normas para la clasificación del agua

Para clasificar el agua en función de su aptitud para el riego, esta ha sido valorada según diferentes métodos para así conseguir una idea general y corroborada basándose en diferentes factores sobre su calidad y los problemas que pudiese conllevar su uso en la explotación. Métodos y valoraciones obtenidas en la Tabla 5.

Tabla 5 Comparativa de la clasificación del agua según varias normas y autores. Fuente: elaboración propia.

Método	Norma de Riverside	Norma de H. Greene	Norma de Pilcos
Valoración	Apta para el riego, pero con precaución	Buena calidad	Calidad Buena-Admisible

Se ha verificado que el agua disponible en la parcela, a pesar de estar en una zona con riesgo de contaminación por nitratos, es completamente apta para los sistemas de riego. No presenta problemas que requieran solución previa al uso, aunque se recomienda realizar análisis periódicos para asegurar que sus características no empeoren.

## 5 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

### 5.1 Identificación de alternativas

El objetivo de este Anejo será el de establecer la mayoría de las alternativas posibles para la ejecución del proyecto, para ello se centrará el estudio en los siguientes grupos:

- Especie
- Variedad
- Patrón
- Diseño de plantación
- Técnicas de cultivo

### 5.2 Restricciones impuestas

El promotor, que es el propietario de la explotación y quien va a soportar el peso económico de la realización del proyecto, ha impuesto varios condicionantes que deberán estudiarse en función de las características de la zona para comprobar que puedan llevarse a cabo. Una de estas imposiciones es la especie que se va a cultivar, ya que se pretende transformar la explotación hacia el cultivo de frutales, en concreto del ciruelo, debido a las buenas rentabilidades que ha obtenido este cultivo los años anteriores. Otro requisito que se ha impuesto es el de diseñar la plantación para poder lograr un alto nivel de mecanización y así depender lo mínimo de la mano de obra, sobre todo en la época de poda y recolección ya que este es uno de los mayores costes anuales de este tipo de explotaciones.

El clima y el suelo son unos condicionantes que han de tenerse en cuenta necesariamente, ya que son los elementos menos susceptibles a ser cambiados, la elección varietal deberá ajustarse a las limitaciones climáticas y edafológicas que presenta la zona, como pueden ser las horas de frío invernales, las fechas de últimas heladas o cualidades restrictivas del suelo.

### 5.3 Evaluación de alternativas

Para que la elección de las alternativas se fundamente en más de una característica se ha decidido realizar la elección por medio de un análisis multicriterio, en él se plantea cada una de las alternativas y se establecen diferentes parámetros con diferente relevancia, obteniéndose así una nota global para cada alternativa. A continuación, se describirán

brevemente las alternativas escogidas en los diferentes aspectos de la plantación intentando cumplir con los requisitos impuestos por el promotor y superando las posibles limitaciones edafoclimáticas.

### **5.3.1 Especie**

La especie escogida para realizar la plantación ha sido el ciruelo europeo (*Prunus Domestica*) ya que el promotor impuso que el cultivo debía de ser el de la ciruela, y como se ha comprobado que el ciruelo japonés podría tener muchos problemas con las heladas tardías primaverales, ya que sus fechas de floración son mucho más tempranas, se ha optado por esta opción. También el hecho de que existan modelos en los que se ha mecanizado el cultivo del ciruelo europeo y que durante los últimos años se han reportado altos beneficios, se ha favorecido que la decisión fuese la de cultivar el ciruelo europeo.

### **5.3.2 Patrón**

El patrón será la parte del árbol sobre la que se injertara la variedad, este estará en contacto con el suelo y se encargara de adsorber los nutrientes, por ello es muy importante escoger aquel patrón que sea capaz de superar las limitaciones edafológicas que puedan presentarse.

Para la realización de esta plantación el patrón escogido ha sido el Rootpac-20 ya que se adapta bien al tipo de suelo de la parcela y además presenta buenas cualidades con respecto a asfixia radicular, productividad o baja emisión de sierpes, pero sobre todo la capacidad de inducir un bajo vigor a la variedad es la más valorada, ya que para mecanizar la plantación un manejo del vigor del árbol es indispensable.

### **5.3.3 Variedad**

En la zona se cultivan tradicionalmente las variedades de ciruela Claudia, aunque en los últimos años de todas las variedades que engloba esta ciruela se ha hecho énfasis en la Claudia de Tolosa, ya que es la que mejor se adapta al clima de la zona, favoreciendo el desarrollo tanto del árbol como del fruto y obteniéndose de este buenos calibres, además su rusticidad lo hace muy resistente a plagas y adversidades meteorológicas.

También se ha optado por la variedad Stanley, que es una ciruela de color morado y forma alargada, al contrario que las Clarias cuyo cuerpo es más redondeado y presenta tonos verdosos y amarillentos. Las características de la ciruela Stanley están muy marcadas por su rusticidad, incluso mayor que la Claudia, pudiendo resistir heladas a muy bajas

temperaturas y en períodos de floración. También es una variedad que se cultiva desde hace muchos años en la zona y responde muy bien al tipo de suelo y al clima, obteniéndose buenas cosechas.

Finalmente, para completar el cupo de variedades se ha escogido la ciruela D'Agen, de forma y color muy similar a la Stanley pero que destaca de esta por ser menos rustica, pero contar con cualidades organolépticas que le otorgan una calidad excepcional a la fruta. Por ello se ha decidido tener un 25% de esta variedad, completado con un 25% de Stanley y un 50% de Claudia de Tolosa.

La doble aptitud que presentan las tres variedades es un carácter muy importante y que ha tenido un gran peso en su elección, al igual que la capacidad de autopolinizarse y que fuesen compatibles con el patrón escogido, siendo esta una cualidad limitante.

#### **5.3.4 Diseño de la plantación**

##### **- Disposición**

La disposición en forma de rectángulo o en líneas es la más adecuada para plantaciones de muy alta densidad con un alto grado de mecanización. Este diseño optimiza el uso del terreno, facilitando el acceso de la maquinaria y favoreciendo la realización de tratamientos y trabajos en los árboles, ya que puede diferenciarse la calle de la línea de árboles.

##### **- Densidad y marco de plantación**

Para la realización de este proyecto se ha optado por la plantación superintensiva, ya que al aumentar la densidad se incrementa la capacidad de producción y se reducen los costos de mano de obra, lo que se traduce en una disminución de gastos y un incremento en la rentabilidad de la plantación. Además, este sistema dota a la explotación de la ventaja de poder escoger el tipo de recolección, manual o mecánica, o una combinación de ambas, en función de cómo se presente la campaña cada año.

El marco de plantación debe ser el que permita suficiente espacio entre las filas para el paso de la maquinaria y garantice una iluminación adecuada para los árboles. Un marco de 3,5 m x 1,2 m es considerado adecuado, ya que permite una alta densidad de unos 2.380 árboles por hectárea, sin afectar el tránsito de la maquinaria ni la iluminación de los árboles, aspecto importante a la hora de realizar este tipo de plantaciones.

##### **- Orientación de las filas**

La orientación seleccionada es NxO-SxE, lo más cercana posible a la dirección Norte-Sur, lo que permite una iluminación uniforme en ambas caras del seto en plantaciones súper-intensivas en forma de muro frutal o seto multieje. No se optó por una orientación estricta Norte-Sur para evitar la pérdida de terreno productivo y complicaciones con la maquinaria, se ha ajustado levemente la dirección para seguir los márgenes de la parcela.

### **5.3.5 Sistema de formación**

El modelo de formación en seto ha sido elegido por ser el que mejor respondía a los criterios de valor estudiados, como la mecanización de la poda y la recolección, rápida entrada en producción y alta capacidad productiva. Además, es completamente mecanizable, permitiendo generar fruta tanto para la industria como para la recolección manual en casos puntuales, lo que maximiza los beneficios si el mercado de la ciruela de mesa es favorable. También tiene un menor coste de formación en comparación con otros sistemas, como el eje central, lo que reduce el riesgo económico.

La formación en seto se caracteriza por su forma, totalmente adaptada a la máquina cabalgante encargada de cosechar la producción, por ello no deben existir ramificaciones en los primeros 50cm de tronco y las dimensiones de anchura y altura también se limitarán, estas medidas se especificarán más adelante.

### **5.3.6 Sistema de riego**

Se ha escogido el riego por goteo de alta frecuencia como alternativa para suministrar el agua a la plantación. Algunas de las ventajas de este sistema son su alta eficiencia y la distribución uniforme del agua que ofrece. La automatización del sistema mediante un programador reduce la mano de obra haciendo que esta sea mínima. Admite la implementación de sistemas de fertirrigación que hacen de la aplicación de abono una tarea más eficiente y menos costosa frente a los métodos tradicionales, al ir el abono disuelto en el agua de riego que se distribuirá de forma localizada para cada árbol por medio de los goteros. Este sistema también permite mantener un mayor control sobre las hierbas arvenses ya que únicamente suministra el agua y fertilizante en puntos concretos por lo que el resto de la superficie no se riega y se dificultan las condiciones de crecimiento para las especies adventicias.

### **5.3.7 Manejo del suelo**

La opción seleccionada es el uso de la técnica mixta de cubierta vegetal en las calles y herbicida en las líneas. Esta combinación, que consiste en mantener la cubierta vegetal

entre las hileras de árboles y aplicar herbicida debajo de las líneas de cultivo, permite un mantenimiento del suelo que es fácil, rápido y económico. Además, facilita el tránsito de maquinaria, minimizando el riesgo de atascos cuando el suelo presenta un exceso de humedad. La cubierta vegetal tiene la capacidad de mejorar muchas de las cualidades edáficas del suelo como aumentar la materia orgánica a la par que reduce la erosión sin afectar negativamente al cultivo siempre y cuando se maneje correctamente. En las líneas se aplica herbicida ya que es una zona poco accesible para la maquinaria y además es la zona en que más plantas pueden crecer al encontrarse aquí los goteros.

### **5.3.8 Sistema de recolección**

Una de las imposiciones del promotor ha sido que la recolección debía ser mecánica por los que las opciones eran reducidas ya que no es un cultivo en el que utilizar esta práctica sea lo habitual. En este caso se ha decidido que la explotación se cosechara mediante una maquina cabalgante o vendimiadora, adaptada para poder cosechar ciruelos cultivados con el sistema de seto. Se ha optado por esta alternativa ya que ofrece un buen rendimiento en cuenta al porcentaje de fruta capaz de cosechar y el mínimo daño que esta sufre en el proceso, además optimiza mucho los recursos humanos ya que dependiendo de qué trato se le quiera dar a la fruta se puede realizar la recolección tanto en cajones como en remolques basculantes, siempre con un reducido número de empleados.

También se muestra como una ventaja el sistema obligatorio de plantación en seto ya que permite una rápida amortización de la inversión y que la recolección pueda realizarse manual en casos en que interese una mayor precisión de selección.

## 6 PLANTACIÓN Y PROCESO PRODUCTIVO

### 6.1 Plantación

Con la finalidad de preparar el terreno lo mejor posible y que el nuevo cultivo se establezca lo mejor posible se ha decidido incorporar a toda la parcela una enmienda de estiércol, 30 toneladas por hectárea en dos años, para mejorar las características nutritivas del suelo como su porcentaje de materia orgánica. Esta aplicación irá acompañada de varias labores de subsolado, a una profundidad de 60-80cm con el fin de preparar el terreno a la par que se entierra el estiércol, para mejorar la eficiencia de su aplicación. Este proceso se realizará en la campaña previa a la plantación para que el suelo haya mejorado en el momento del trasplante y antes de este momento se trabajara el suelo con un cultivador que conseguirá nivelar y dejar el terreno superficial con un tamaño de partícula más pequeño.

Previamente a la plantación de los ciruelos, estos tienen que solicitarse a un vivero certificado que sea capaz de suministrar las combinaciones patrón-variedad solicitadas, en este caso serán 30.491 variedad Claudia de Tolosa, 16.205 D'Agen y 16.254 Stanley, todos ellos injertados sobre patrón Rootpac20 y en formato Smartree.

Antes de realizarse la plantación ya habrán sido instaladas las tuberías principales y secundarias del sistema de riego para poder comenzar los riegos lo antes posible.

La plantación la realizará una empresa de servicios que cuente con una plantadora automática guiada por GPS con el objetivo de garantizar una máxima precisión de las medidas especificadas.

En esta fase del proyecto lo primordial es asegurar la supervivencia y el correcto desarrollo inicial de los árboles ya que es una de las fases más delicadas en ese aspecto. Para ello se han realizado las labores previas a la plantación, con el objetivo de que el desarrollo radicular sea el adecuado y el número de marras o reposiciones que deban realizarse sea el mínimo posible, se espera que sea así además de por la preparación del terreno y el riego de plantación, por el formato de planta utilizado que pese a ser más caro ofrece una mayor supervivencia y más rápida adaptación lo que significa una mayor precocidad de la plantación.

### 6.2 Proceso productivo

### 6.2.1 Fertilización

Para realizar un correcto plan de fertilización hay que tener en cuenta el análisis del suelo descrito en el Estudio edafológico además de las necesidades de fertilización de las variedades de ciruelo que van a ser cultivadas. En la explotación se establecerá un sistema de fertirrigación, encargado de aportar los nutrientes disueltos en agua a través del sistema de riego por goteo para que las raíces puedan asimilarlos con facilidad, este será el único método por el que se aportaran los nutrientes al cultivo.

Durante los primeros años debido a los nutrientes aportados por la enmienda orgánica de estiércol y las bajas necesidades de la plantación, ya que todavía no producirá frutos, no se realizará un aporte de fertilizantes. A partir del tercer año se comenzará a aportar nutrientes al suelo de manera creciente hasta llegar al quinto año en el que se alcanzará el máximo teórico de producción y por lo tanto de necesidades. A partir de este año salvo pequeñas variaciones se estiman unas cantidades estándar de nutrientes que se mantendrán en el tiempo. Anualmente y en función de la producción y análisis de suelo complementarios se irán ajustando las dosis. A continuación, se muestra una tabla a modo de resumen que recoge los aportes estimados para el ciclo de la plantación de ciruelos (Tabla 6).

Tabla 6 Aportaciones de fertilizantes en kg/ha en función del mes y del año de la plantación. Fuente: elaboración propia.

Año	Nutriente	Kg/ha anual	Brotación ha cuajado			Cuajado a cosecha			Postcosecha		
			Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
3	N	54	2,7	2,7	2,7	7,2	7,2	7,2	8,1	8,1	8,1
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7
	K <sub>2</sub> O	46	3,0	3,0	3,0	8,4	8,4	8,4	3,8	3,8	3,8
4	N	153	7,7	7,7	7,7	20,3	20,3	20,3	23,0	23,0	23,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25	2,5	2,5	2,5	3,3	3,3	3,3	2,5	2,5	2,5
	K <sub>2</sub> O	134	8,8	8,8	8,8	24,5	24,5	24,5	11,1	11,1	11,1
5 y siguientes	N	198	9,9	9,9	9,9	26,3	26,3	26,3	29,7	29,7	29,7
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31	3,1	3,1	3,1	4,1	4,1	4,1	3,1	3,1	3,1
	K <sub>2</sub> O	176	11,6	11,6	11,6	32,2	32,2	32,2	14,6	14,6	14,6

La aplicación de fertilizantes se realizará mediante fertirrigación, disolviendo los nutrientes en el agua de riego. Así, las plantas reciben los nutrientes directamente en sus raíces, lo que permite una absorción más rápida, sin el retraso que ocurre con los fertilizantes sólidos convencionales, los cuales tienen un tiempo de actuación, no son tan instantáneos. Además, se elimina la tarea adicional de incorporarlos al suelo, muy tediosa

para el agricultor. Para implementar la fertirrigación, es necesario contar con un sistema de riego que garantice una distribución uniforme. Este método también optimiza el uso de fertilizantes, ya que se aplica solo en el bulbo húmedo, la zona del suelo explorada por las raíces del árbol, reduciendo el espacio en que las plantas arvenses pueden aprovecharlo.

### **6.2.2 Poda del ciruelo**

El objetivo de la poda de formación es la de dotar al árbol de las dimensiones deseadas en el menor tiempo, en este caso deberían alcanzarse las dimensiones en el tercer verde o campaña. Estas serán de 80 centímetros de ancho y 2,6-2,8 metros de alto. Intentando que todos los arboles estén seguidos, cubriendo el mayor espacio cada uno de ellos con la idea de formar un seto de árboles. Se intentará no dejar zonas sombreadas, intentando que todos los ramos puedan captar luz para realizar la fotosíntesis, madurar bien la cosecha y generar yemas productivas para la campaña siguiente. Cabe destacar que los primeros 50 centímetros del tronco (desde el suelo hasta el comienzo del seto) deberán estar libres de ramificaciones ya que estas podrían entorpecer el paso de la maquina cabalgante. Este modelo va ligado a una reducción en mano de obra ya que durante la formación y producción se podará en varias ocasiones de manera mecánica a excepción de las primeras podas por su delicadeza y las podas de renovación y de limpieza que se realizaran manualmente cada 2-3 años.

### **6.2.3 Mantenimiento del suelo**

El sistema de mantenimiento del suelo que se va a llevar a cabo en la explotación se cataloga como mixto, en lo que se refiere al espacio y al tiempo. En el tiempo se van a diferenciar dos etapas distintas, la del arranque de la plantación y una vez los árboles se hayan asentado y comiencen a crecer, la principal diferencia de manejo entre ambas etapas será que el primer año (arranque de la plantación) no se dejara ningún tipo de cubierta en la calle para eliminar posibles competencias con los arboles ya que se encontraran en un momento crítico, en este momento se aplicara herbicida en las filas de los arboles siendo este lo menos agresivo posible para los arboles recién trasplantados. En la otra fase, es decir, el resto de los años de la plantación en el suelo se mantendrá una cubierta vegetal espontanea en las calles, con la finalidad de evitar la erosión y perdida del suelo fértil a la par que se mejoren sus cualidades tanto químicas como físicas, durante

esta etapa se seguirá aplicando herbicida a las líneas de árboles ya que esta zona es en la que se aplicara el riego y fertilizante e interesa que no exista competencia.

Los tratamientos herbicidas de las líneas de los árboles y la siega mecánica de la cubierta de las calles se realizarán mínimo dos veces al año, en función de cómo se vaya desarrollando. Se buscará en el proceso de aplicación del herbicida que este sea poco agresivo para los arboles por lo que el equipo que se utilizará contará con una campana protectora evitando que haya deriva tanto a los ciruelos como a campos colindantes. La cubierta se segará con una machacadora que también sea capaz de eliminar los restos de poda.

#### **6.2.4 Control de plagas y enfermedades**

El ciruelo puede verse afectado por diversas plagas y enfermedades, lo que pone en riesgo tanto su salud como la viabilidad económica de su cultivo, especialmente en plantaciones intensivas que facilitan la propagación de estos problemas. Para gestionarlas, es esencial identificarlas y prevenirlas mediante métodos culturales, actuando solo cuando el riesgo sea significativo. El uso de productos fitosanitarios en España está regulado por el Real Decreto 1311/2012 y su modificación en 2022, que promueven una gestión integrada de plagas respetuosa con el medio ambiente, priorizando el uso mínimo de productos a dosis efectivas y solo cuando sea necesario.

En el Anejo 6 de este mismo proyecto se recogen descripciones detalladas de las principales plagas y enfermedades que afectan al ciruelo, así con imágenes que ayudan a su identificación y una guía con los métodos prioritarios de actuación en cada caso.

#### **6.2.5 Recolección**

La cosecha o recolección es uno de los puntos clave del presente proyecto. Una de las premisas del promotor sobre las que se han apoyado muchas de las decisiones técnicas tomadas ha sido la máxima automatización o mecanización posible y es por ello que la plantación se ha orientado desde un inicio para poder lograr esta premisa, capacitando a la explotación con una recolección mecanizada.

El modelo escogido es el de una plantación superintensiva en seto, para ser recolectada con una maquina cabalgante o vendimiadora (adaptada para el ciruelo en seto) ya que se ha demostrado en diferentes explotaciones que es un método económico, eficaz y totalmente valido para plantaciones de ciruelas de las variedades implantadas en la finca. Además, este modelo abre un abanico de oportunidades y posibilidades a la hora de

realizar la recolección ya que en función del mercado se podrá realizar parte de la cosecha de manera manual, añadiendo valor al producto al realizar una selección minuciosa de calidad y calibre o si no fuese interesante en esa campaña se recolectaría la totalidad del producto con la maquina cabalgante. Este hecho puede darse gracias a la flexibilidad que ofrece sistema productivo por el que se ha optado.

En el Anejo 6 se detallan con precisión todas las alternativas que ofrece la explotación además de describir como se deberían llevar a cabo y las ventajas que ofrece cada una, con la finalidad de orientar al propietario de la explotación para que este pueda tomar la decisión más apropiada y obtener una mayor rentabilidad.

## 7 DISEÑO AGRONÓMICO

El diseño agronómico tiene la finalidad de conocer las necesidades del cultivo que se va a desarrollar en la explotación, para así poder realizar un dimensionado óptimo y preciso para asegurar que dichas necesidades se cubran en su totalidad de la manera más eficaz posible.

En las plantaciones superintensivas, donde los árboles se manejan en forma de "muro frutal", se ha implementado un sistema de riego con goteros de 2 litros por hora, colocados cada 0,8 metros. Esto significa que a cada árbol le corresponden tres goteros, ya que cada línea de árboles cuenta con dos gomas de riego, descompasadas 40cm la una de la otra. Los planos del proyecto incluyen todos los detalles técnicos del sistema de riego. A continuación, en la Tabla 7, se presenta el cálculo del tiempo de riego necesario para cubrir las necesidades hídricas de los árboles, así como otros aspectos relacionados con el riego.

Tabla 7 Calculo del tiempo de riego necesario y otros factores relacionados. Fuente: elaboración propia.

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
Necesidades netas Nn (mm/mes)	8,4	18,2	42,0	63,6	85,0	69,3	31,9	15,1
Necesidades netas Nn (mm/día)	0,3	0,6	1,4	2,1	2,7	2,2	1,1	0,5
Aportes reales Nt (mm/mes)	11,0	23,7	55,0	83,2	111,2	90,5	41,7	19,7
Aportes reales Nt (mm/día)	0,4	0,8	1,8	2,8	3,6	2,9	1,4	0,6
Apote real Nt (litros/árbol x día)	1,5	3,3	7,4	11,6	15,1	12,3	5,8	2,7
Apote real Nt (litros/árbol x mes)	46,2	99,7	230,8	349,2	466,9	380,2	174,9	82,8
Apote (m <sup>3</sup> /ha y mes)	110,0	237,4	549,6	831,5	1111,7	905,3	416,5	197,3
Apote (m <sup>3</sup> /ha y día)	3,5	7,9	17,7	27,7	35,9	29,2	13,9	6,4
Caudal de riego (mm/h)	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
<b>Tiempo de riego (h/mes)</b>	<b>7,7</b>	<b>16,6</b>	<b>38,5</b>	<b>58,2</b>	<b>77,8</b>	<b>63,4</b>	<b>29,2</b>	<b>13,8</b>
<b>Tiempo de riego (h/día)</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>1,2</b>	<b>1,9</b>	<b>2,5</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>

El periodo de actividad vegetativa de las variedades de ciruelo europeo escogidas, en la zona de Almonacid de La Sierra, Zaragoza, comienza en marzo y finaliza con la caída de las hojas en octubre. Las necesidades hídricas variarán según la producción y el tamaño del árbol: el primer año se cubrirá el 25% de las necesidades totales, el segundo el 50%, el tercero el 75%, el cuarto el 90%, y a partir del quinto año, se asumirá que se suministrará el 100% del agua requerida.

## 8 DISEÑO HIDRÁULICO

Este proyecto de riego para una finca de ciruelos implica varios aspectos técnicos que deben considerarse para asegurar la eficiencia del sistema. Los puntos clave y algunas observaciones adicionales para el diseño y cálculo del sistema de riego se definen a continuación.

### 8.1 Capacidad de agua disponible

Capacidad de la balsa: La finca cuenta con una balsa, de la cual se disponen 7.000 m<sup>3</sup> de agua para esta parcela. Esta cantidad de agua servirá como reserva, para poder disponer de ella según los requerimientos hídricos de la plantación, teniendo en cuenta también que la capacidad del pozo puede disminuir y los posibles contratiempos que surjan.

### 8.2 Sistema de riego

Riego por goteo: Se utilizará riego por goteo con dos laterales de riego en cada fila de árboles, lo que asegura una distribución eficiente del agua.

Distribución de emisores: Por cada árbol, habrá 3 emisores (separados por 0,80 m). Con un marco de plantación de 3,5 m x 1,2 m, esto significa que por cada hectárea (aproximadamente 2.330 árboles/ha), se necesitarán alrededor de 6.990 emisores.

### 8.3 Sectores de riego

La finca está dividida en 4 sectores, cada uno con dos zonas (Figura 2). En cada subsector se instalará una electroválvula, sumando un total de 8 electroválvulas.

Tiempo de riego: Cada sector requerirá 2,5 horas de riego al día, regando el 25 % de la finca. Esto asegura que en los períodos de mayor demanda hídrica se pueda cubrir el riego necesario, dejando margen para mantenimiento y reparaciones.

### 8.4 Orografía y distribución de tuberías

La finca tiene un desnivel de 11 metros entre los puntos más altos y más bajos (aproximadamente 1 metro de desnivel cada 50 metros de longitud).

Se deberán utilizar diferentes diámetros de tuberías terciarias y laterales para optimizar la eficiencia del riego y reducir pérdidas de presión. Los diámetros deberán calcularse teniendo en cuenta la velocidad máxima a la que el agua puede viajar por las tuberías.

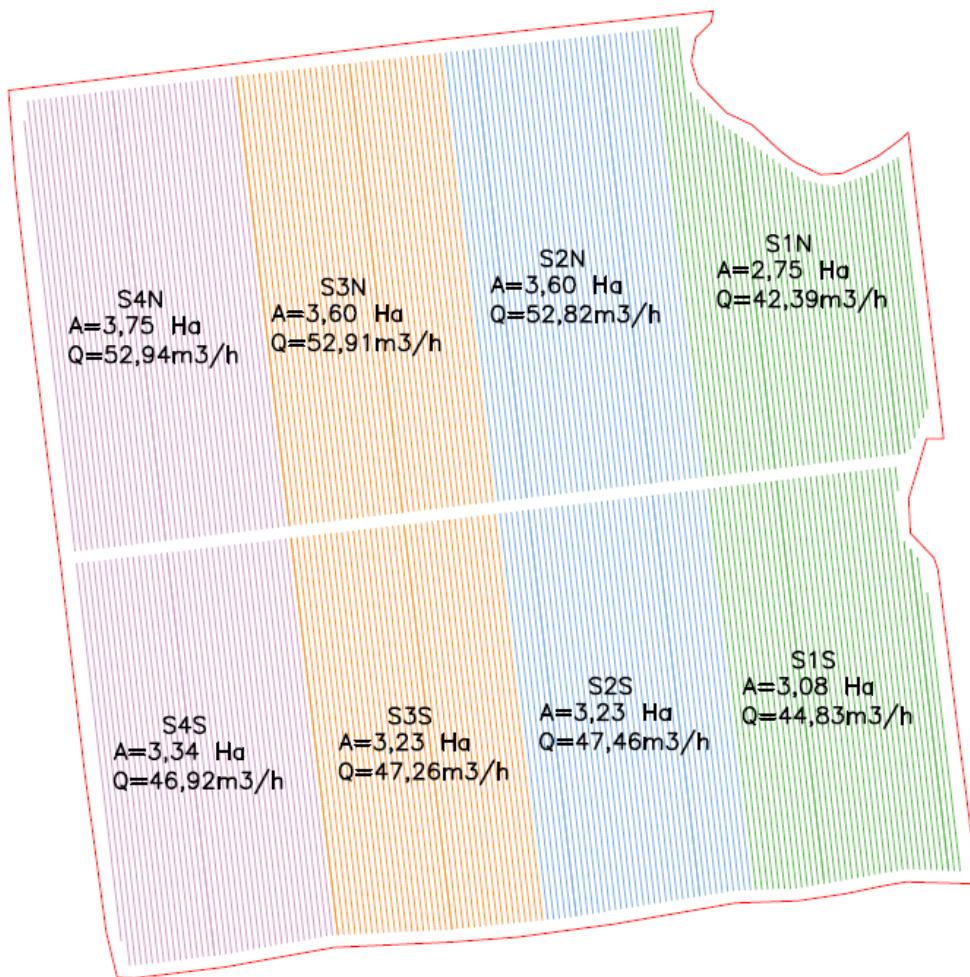


Figura 2 Sectores de riego, con el área regada y el caudal necesario. (S=SUR y N=NORTE). Fuente: elaboración propia.

## 8.5 Cabezal de riego

El cabezal de riego estará formado por un sistema de filtrado, cuya función será la de eliminar las impurezas que hayan superado los filtros de la balsa o los restos del abono no disuelto, y que estos no puedan obstruir el sistema de riego, un equipo de fertirrigación que diluirá el abono necesario en el agua de riego, el equipo de impulsión (bomba) y los elementos de seguridad necesarios, tales como llaves de corte manuales, manómetros que medirán la presión en diferentes puntos y el contador para registrar cuánta agua se suministra. En el cabezal de riego también se instalará un programador para poder automatizar el proceso y que así el manejo del riego sea más fácil y eficaz para el agricultor. La bomba se alimentará con un grupo eléctrico debidamente dimensionado. Todo el conjunto del cabezal de riego se instalará en un almacén, propiedad del promotor, colindante con la parcela.

## 8.6 Dimensionado de tuberías

Para lograr que la red diseñada sea lo más económica posible y que a la vez mantenga sus cualidades, los diámetros de las tuberías que la componen deben ajustarse. Los diámetros serán telescopicos, es decir tienen que ir de mayor a menor, y además se calculará la perdida de carga para que se suministre a todos los puntos del sistema la presión requerida, con una velocidad máxima del agua. También en este momento se escogerán los materiales de las tuberías ya que en función del material cambiarán las propiedades y cualidades físicas. En la Tabla 8 se muestra un resumen de los diámetros y longitud de cada tubería en cada sector de la parcela.

Tabla 8 Resumen de las tuberías utilizadas en cada sector y los metros empleados. Fuente: elaboración propia.

SECTOR	SUBSECTOR	LATERAL	TERCIARIA	DISTRIBUCIÓN
1	1 NORTE	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 17510 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 14m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 21 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 35 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 49 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 142 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
	1 SUR	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 18302 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 28 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 42 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 127 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
2	2 NORTE	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 21601 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 24,5 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 56 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 142 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
	2 SUR	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 19421 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 21 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 28 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 45,5 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 124 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
3	3 NORTE	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 21641 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 21 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 45,5 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 155 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
	3 SUR	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 19318 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 28 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 42 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 3,5 m PVC DN: 140 mm PN: 6 atm. 127 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
4	4 NORTE	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 21647 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 24,5 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 38,5 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 140 mm PN: 6 atm. 141 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
	4 SUR	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 19190 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 3,5 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 28 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 24,5 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 38,5 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 140 mm PN: 6 atm. 127 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m

## 9 ANÁLISIS ECONÓMICO

El proyecto necesita una inversión total de 669.794,27 €, con IVA, para su realización y puesta en marcha. Y se supone una vida útil de la plantación y el sistema de riego de 15 años.

Parte de la financiación del proyecto va a ser asumida por el promotor del mismo y el resto de la cantidad necesaria será cubierta por un préstamo. Se ha conseguido un préstamo de 380.000 euros, cantidad que deberá ser devuelta con un 5% de intereses a lo largo de 10 años.

Los cobros ordinarios de la venta de la cosecha se han calculado tomando valores medios de las últimas campañas en el sector de la ciruela de la zona de estudio, es decir, 0,40 €/Kg (Suponiendo que se realiza el 100% de la cosecha de forma mecánica y que el total del producto se destina a industria). También se han tenido en cuenta las ayudas que se percibirán de la PAC, que ascienden a 2898,7 € anuales. A continuación, en la Tabla 9 se muestran los ingresos totales supuestos para la explotación.

Tabla 9 Ingresos totales de la explotación (Cosecha + PAC), en función del año. Fuente: elaboración propia.

Año	Cosecha (€/Ha)	PAC (€/Ha)	Total (€/Ha)
1	-	2.898,70	2.898,70
2	-	2.898,70	2.898,70
3	73.472,00	2.898,70	76.370,70
4	242.228,00	2.898,70	245.126,70
5	357.028,00	2.898,70	359.926,70
6	357.028,00	2.898,70	359.926,70
siguientes	357.028,00	2.898,70	359.926,70

En los pagos ordinarios se consideran los fertilizantes, fitosanitarios, la mano de obra, las labores de manejo realizadas y la gestión de la plantación.

### 9.1 Análisis de rentabilidad

Se ha realizado un estudio de viabilidad económica del proyecto, cuya finalidad es la de analizar económicamente si es o no rentable realizar la plantación. Analizando los flujos de caja anuales, en la Tabla 10 se muestran los cobros estimados y los pagos a realizar a lo largo de la vida útil del proyecto, junto con los flujos de caja y los valores acumulados.

Tabla 10 Balances económicos anuales de la plantación. Fuente: elaboración propia.

Año	Cobros (€)		Pagos (€)			Flujo de caja (€)	Flujos acumulados (€)
	Ordinarios	Financieros	Ordinario	Financiero	Inversión		
-	2.898,70	380.000,00			669.794,27	- 286.895,57	- 286.895,57
1	2.898,70		60.212,60	49.211,74		- 106.525,64	- 393.421,21
2	76.370,70		60.212,60	49.211,74		- 33.053,64	- 426.474,85
3	245.126,70		110.408,90	49.211,74		85.506,06	- 340.968,79
4	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	- 140.662,73
5	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	59.643,33
6	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	259.949,39
7	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	460.255,45
8	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	660.561,51
9	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	860.867,57
10	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	1.061.173,63
11	359.926,70		110.408,90			249.517,80	1.310.691,43
12	359.926,70		110.408,90			249.517,80	1.560.209,23
13	359.926,70		110.408,90			249.517,80	1.809.727,03
14	359.926,70		110.408,90			249.517,80	2.059.244,83
15	359.926,70		110.408,90			249.517,80	2.308.762,63

Para analizar financieramente el proyecto y tener una noción del riesgo que supone la inversión se utilizan una serie de indicadores que dan unos parámetros en función de los datos económicos mostrados en la Tabla 9. Estos indicadores son:

- El Valor Actual Neto (VAN), ha resultado 587.310,97 € cifra mayor que 0, lo que quiere decir que según el estudio realizado el proyecto será rentable desde el punto de vista económico.
- El tiempo de recuperación o *Payback* es de 7 años, es decir a partir del séptimo año la inversión estaría recuperada.
- La Tasa Interna de Rendimiento (TIR), Según esta ecuación, se obtiene para este proyecto un TIR del 10%. Comparando el resultado obtenido con el interés de la financiación (5%), el proyecto también pasa el filtro de viabilidad del análisis TIR.

Una vez se han analizado los factores económicos del VAN, TIR y *payback*, se puede determinar que el proyecto expuesto de una plantación de ciruelos de 28,7 hectáreas, en intensivo y con recolección mecanizada, en el municipio de Almonacid de la Sierra (Zaragoza), es viable económicamente. La inversión será recuperada en el año 7, y a partir de ese año el promotor comenzará a tener beneficios.

## 10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Capítulos	Importe
<b>Capítulo 1 Realización de la plantación</b>	
Capítulo 1.1 Planta	266.088,0
Capítulo 1.2 Plantacion	51.619,00
Capítulo 1.3 Actividades posteriores	4.305,00
Capítulo 1.4 Preparacion del terreno	8.152,81
Capítulo 1.5 Replanteo	4.403,00
<b>Capítulo 2 Riego</b>	
Capítulo 2.1 Programador de riego	525,30
Capítulo 2.2 Material de riego	4.519,00
Capítulo 2.3 Tuberías principales	4.052,16
Capítulo 2.4 Tuberias terciarias	10.927,38
Capítulo 2.5 Tuberias laterales	66.624,60
Capítulo 2.6 Valvulas	2.548,80
Capítulo 2.7 Cabezal de riego y fertirrigacion	23.048,80
Capítulo 2.8 Instalacion y enterrado	16.676,73
<b>Capítulo 3 Seguridad y salud</b>	
Capítulo 3.1 Estudio de seguridad y salud	9.380,00
<b>Capítulo 4 Gestión de residuos</b>	
Capítulo 4.1 Gestión de residuos producidos en obra y excavación	5.546,31
Presupuesto de ejecución material	478.870,5
13% de gastos generales	62.253,10
6% de beneficio industrial	28.732,20
Suma	569.855,8
21% IVA	99.938,2
Presupuesto de ejecución por contrata	669.794,2

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de SEISCIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Dirección General del Catastro. (s. f.). *Sede Electrónica del Catastro*. Ministerio de Hacienda. <https://www.sedecatastro.gob.es/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2023). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Gobierno de España. <https://www.mapa.gob.es/es/>



## Anejos a la memoria

Diseño de una plantación de 28,7 ha. de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza)

Autor

Pablo Gil Ezquerra

## **RELACIÓN DE ANEJOS**

- Anejo 1: Ubicación, actualidad del sector y objetivos
- Anejo 2: Estudio climatológico
- Anejo 3: Estudio edafológico
- Anejo 4: Estudio de la calidad del agua
- Anejo 5: Estudio de alternativas
- Anejo 6: Plantación y proceso productivo
- Anejo 7: Diseño agronómico
- Anejo 8: Diseño hidráulico
- Anejo 9: Análisis económico
- Anejo 10: Gestión de residuos

---

# **ANEJO 1**

## **UBICACIÓN,**

## **ACTUALIDAD DEL**

## **SECTOR, Y OBJETIVOS**

---

## **ÍNDICE**

1. UBICACIÓN DE LA PLANTACIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN DE LA PLANTACIÓN .....	5
2.1. Usos anteriores de la finca .....	5
2.2. Evaluación económica.....	5
2.3. Motivación de la transformación.....	8
3. ACTUALIDAD DEL SECTOR.....	9
3.1. El cultivo de la ciruela en España .....	9
3.2. El cultivo de la ciruela en Aragón.....	11
3.3. Oportunidades en el mercado internacional .....	11
4. OBJETIVO DEL PROYECTO Y ALINEACIÓN CON LOS ODS.....	13
5. BIBLIOGRAFÍA.....	14

## **1. UBICACIÓN DE LA PLANTACIÓN**

La finca se encuentra en el término municipal de Almonacid de la Sierra, en la provincia de Zaragoza, Aragón. Este es un pueblo de 756 habitantes, tradicionalmente agrícola, con una extensión de 54,1Km<sup>2</sup>. Su posición es estratégica ya que se encuentra en las faldas de la sierra de Algairén, perteneciente al Sistema Ibérico, a 10Km tanto de Cariñena como de La Almunia de Doña Godina, que son dos núcleos poblacionales importantes y a unos 50 Km de Zaragoza. La entrada a la finca se puede hacer desde la carretera A-220 que une las poblaciones de Cariñena y La Almunia de Doña Godina, en el kilómetro 6 de dicha carretera se encuentra la intersección que conduce directamente a la finca, a exactamente 3 kilómetros de la intersección. (Figura 1)

Esta finca según el registro catastral está formada por dos parcelas del mismo dueño, aunque la plantación únicamente se va a proyectar sobre la más grande. A continuación, se muestra una imagen aérea (Figura 2) de la misma y las referencias catastrales de identificación y diferentes datos relativos al recinto de la parcela. Datos públicos obtenidos del visor SIGPAC, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



*Figura 1 Intersección del camino a la finca con la carretera A-220, y distancia de este punto a la finca. Fuente: Google Earth*

		DATOS IDENTIFICATIVOS
SIGPAC		
		Provincia: 50 - ZARAGOZA
		Municipio: 24 - ALMONACID DE LA SIERRA
	Agregado: 0	Zona: 0
	Polígono: 2	Parcela: 11

Coordenadas UTM del centro  X: 642145.23 Y: 4589082.76  DATUM WGS84  HUSO 30	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	08/2021
	Fecha de la cartografía Catastral (1):	11/1/2022
	Fecha de Impresión:	24/0 8/20 24
	Escala aproximada de impresión:	1: 3500

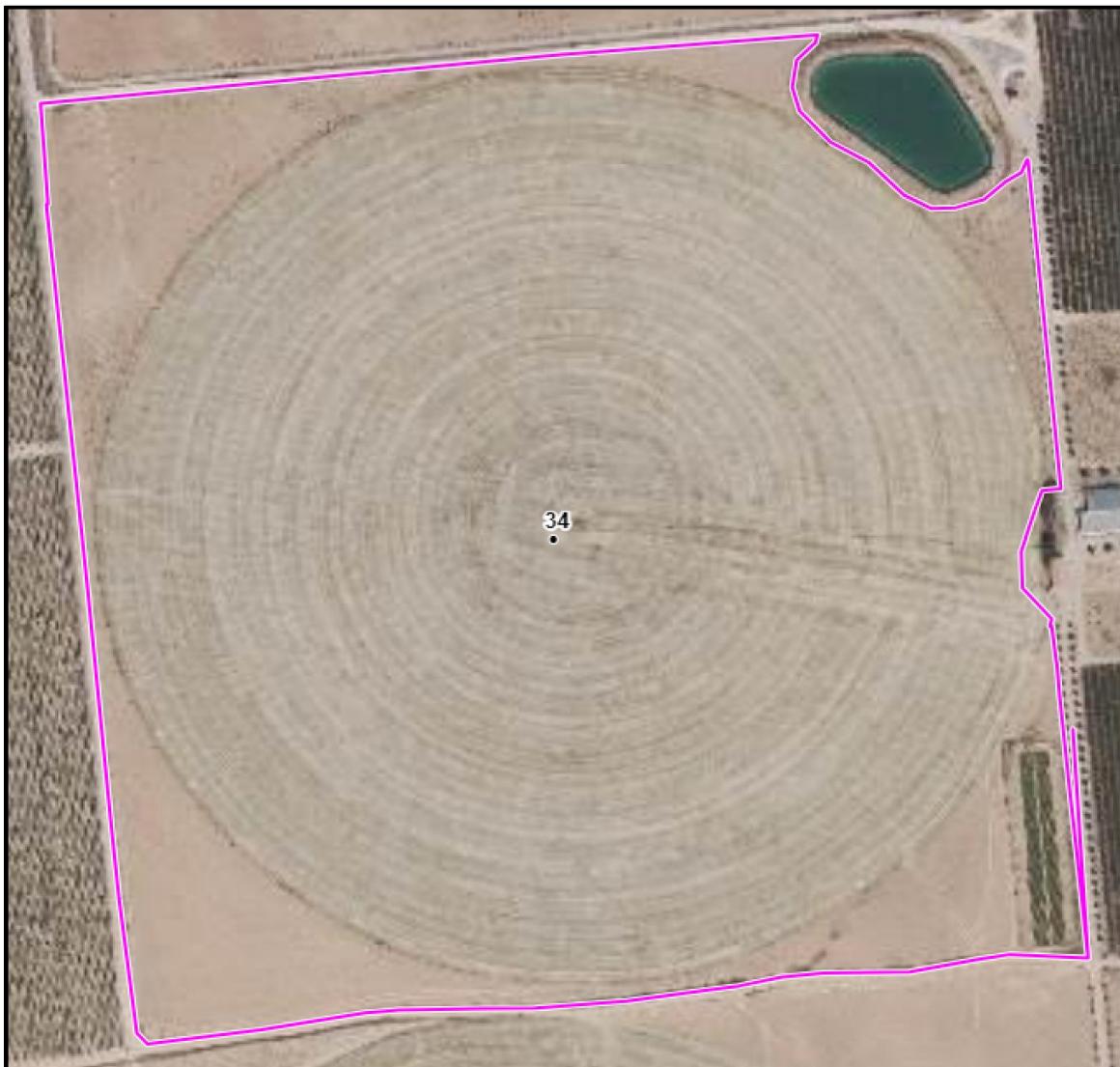


Figura 2 Imagen aérea del recinto en el que se desarrollara el proyecto. Fuente: Sede elctrónica del catastro

## **2. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN DE LA PLANTACIÓN**

### **2.1. Usos anteriores de la finca**

Anteriormente la finca se ha explotado en régimen de regadío, gracias a la instalación de un pívot de riego de grandes dimensiones, pero desde hace dos campañas la actividad ha estado paralizada ya que el pívot de riego sufrió una gran avería que lo inutilizo y como le quedaban dos años para completar la amortización y la reparación de la avería no aseguraba que estuviera funcionando los años necesarios como para que esta fuera rentable el promotor tomo la decisión de utilizar el valor residual (valor estimado que tiene un activo al final de su vida útil) para subsanar los costes de amortización que quedaban pendientes de la inversión.

Durante los años que la explotación estuvo activa los cultivos que se realizaban eran cebada, trigo y guisante para pienso, todos ellos en regadío. Para tener una idea de la rentabilidad económica del anterior uso que tenía la parcela se procede a exponer a continuación los precios, costes y beneficios aproximados que supone el cultivo de la superficie estudiada en el régimen de regadío.

### **2.2. Evaluación económica**

Precios de los cultivos, según las cotizaciones de la semana 41 del año 2023

- Cebada: 232 €/Tn.
- Trigo: 245 €/Tn.
- Guisante de pienso: 290 €/Tn.

Costes de producción de los diferentes cultivos, estudiados en el Trabajo Final de Grado realizado por J. Ángel Abadía. (Proyecto de modernización a riego por aspersión y construcción de una balsa para una finca de 6 ha en el término municipal de Tardienta), Figuras 3, 4 y 5.

- Costes de una hectárea de cebada:

<b>Labor</b>	<b>€/ha</b>
Herbicida presiembra	22
Aplicación herbicida rueda ancha	12
Semilla (220 Kg/ha a 440 €/Tn)	96.8
Sembrar	70
Abono (300 Kg/ha a 790 €/Tn)	237
Aplicación de abono	12
Urea 46 % (200 Kg/ha a 500 €/Tn)	100
Aplicación de urea	12
Fitosanitarios	50
Aplicación fitosanitarios rueda estrecha	14
Cosechar	64
Acarreo de grano	10
Impuestos, I.B.I rústica, seguro pedrisco...	20
<b>TOTAL</b>	<b>719.8</b>

*Figura 3 Costes de producción de una hectárea de cebada. Fuente: Abadía Causape J. A. (2023).*

- Costes de una hectárea de trigo:

<b>Labor</b>	<b>€/ha</b>
Herbicida presiembra	22
Aplicación herbicida rueda ancha	12
Semilla (200 Kg/ha a 470 €/Tn)	94
Sembrar	70
Abono (300 Kg/ha a 790 €/Tn)	237
Aplicación de abono	12
Urea 46 % (200 Kg/ha a 500 €/Tn)	100
Aplicación de urea	12
Fitosanitarios	50
Aplicación fitosanitarios rueda estrecha	14
Cosechar	64
Acarreo de grano	10
Impuestos, I.B.I rústica, seguro pedrisco...	20
<b>TOTAL</b>	<b>717</b>

*Figura 4 Costes de producción de una hectárea de trigo. Fuente: Abadía Causape J. A. (2023).*

- Costes de una hectárea de guisantes para pienso:

<b>Labor</b>	<b>€/ha</b>
Herbicida presiembra	22
Aplicación herbicida rueda ancha	12
Semilla (200 Kg/ha a 1950 €/Tn)	380
Sembrar	70
Abono (200 Kg/ha a 790 €/Tn)	158
Aplicación de abono	12
Fitosanitarios	50
Aplicación fitosanitarios rueda estrecha	14
Cosechar	64
Acarreo de grano	10
Impuestos, I.B.I rústica, seguro pedrisco...	20
<b>TOTAL</b>	<b>812</b>

*Figura 5 Costes de producción de una hectárea de guisantes para pienso. Fuente: Abadía Causape J. A. (2023).*

A estos costes de producción se le sumarian 150 €/ha como coste de riego a la cebada y 250 €/ha para el trigo mientras que el guisante al demandar mayor cantidad de agua aumentaría los costes en 350 €/ha debido al riego. Se tiene en cuenta a la hora de obtener el flujo destruido (Figura 6).

Los ingresos como pagos directos de la PAC teniendo en cuenta que se realizaba el cultivo en régimen de regadío y en la rotación se introducían cultivos mejorantes como los guisantes se estiman en 250 € por hectárea. Se tiene en cuenta a la hora de obtener el flujo destruido (Figura 6).

Los rendimientos medios que se obtenían eran de:

- 6,5 toneladas por hectárea de cebada.
- 7,5 toneladas por hectárea de trigo.
- 4,5 toneladas por hectárea de guisantes para pienso.

Por lo tanto, el flujo destruido por hectárea en función del cultivo que se llevaba a cabo era de: (Figura 6)

<b>CULTIVO</b>	<b>Costes (€/ha)</b>	<b>Ingresos (€/ha)</b>	<b>Flujo destruido(€/ha)</b>
Cebada	869,8	1758	888,2
Trigo	967	2087,5	1120,5
Guisante	1162	1555	393

*Figura 6 Flujo destruido por hectárea. Fuente: Elaboración propia.*

Como se puede observar los beneficios obtenidos por hectárea son bastante bajos, pero cuentan con la ventaja de que los cultivos son totalmente mecanizables, el promotor pretende implantar un cultivo que permita un alto nivel de mecanización pero que le genere mayores beneficios por hectárea que los obtenidos con el anterior modelo de explotación.

### **2.3. Motivación de la transformación**

La realización de este proyecto va ligada a la decisión del propietario de transformar su finca de 28,7 hectáreas de suelo cultivable regada por un pívot, en la cual los últimos años se han producido diferentes cultivos anuales, mayoritariamente trigo, cebada y guisantes para pienso, en una plantación de ciruelos en regadío en sistema intensivo.

Siendo varias las razones que podrían sustentar la decisión del propietario de plantearse dicha transformación, entre las que se podrían encontrar las siguientes:

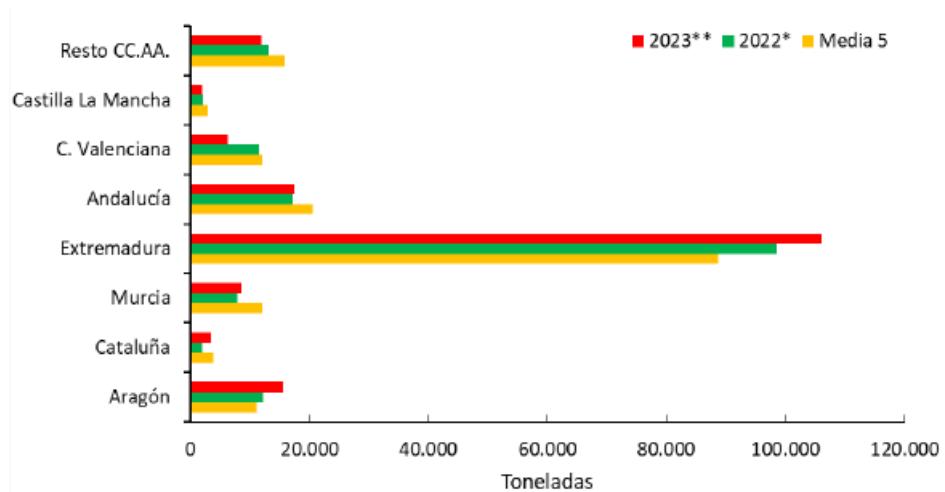
- La finca cuenta con un aprovisionamiento de agua constante a través de tres pozos que llenan una balsa, por lo que la puesta en riego de la plantación se verá facilitada.
- El promotor cuenta con un recinto colindante al pívot, de 18,3 ha en las cuales ya se están cultivando frutales.
- El sector frutícola es tradicional en la zona y se está viendo implementado en los últimos años, sobre todo en sistemas intensivos.
- Los bajos rendimientos y ajustados beneficios económicos obtenidos de los cultivos anuales en los últimos años.
- La climatología de la zona es favorable para el cultivo del ciruelo.
- El pívot llevaba 14 años en funcionamiento y actualmente está inutilizado por diferentes averías.

En cuanto al tipo de riego que se va a utilizar, lo que se pretende es implementar un sistema de riego localizado por goteo, optimizando así el agua y consiguiendo que esta sea capaz de regar toda la superficie cultivada. Permitiendo este sistema una fácil circulación del agua y en muchos casos reduciendo los problemas fitosanitarios de los árboles, en cuanto a plagas y enfermedades, gracias a que no se moja el cultivo durante el riego y no sufren encharcamientos al tener un mayor control de la humectación del suelo.

### 3. ACTUALIDAD DEL SECTOR

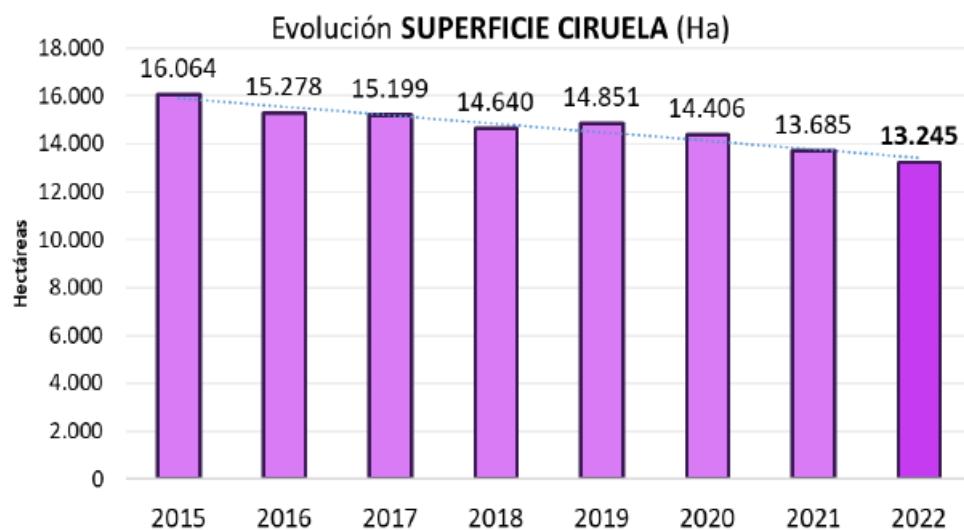
#### 3.1. El cultivo de la ciruela en España

En base a las cifras recopiladas por las comunidades autónomas y agrupadas por el MAPAMA (2022) en este año España produjo 165.045 toneladas de ciruela. Extremadura fue la comunidad autónoma que más produjo durante esta última campaña, con 98.545 toneladas, agrupando el grueso de la producción nacional, mientras que Aragón con 12.253 toneladas ocupando el tercer puesto de los productores nacionales, por detrás de Andalucía con 17.167 como podemos observar en la Grafica 1.



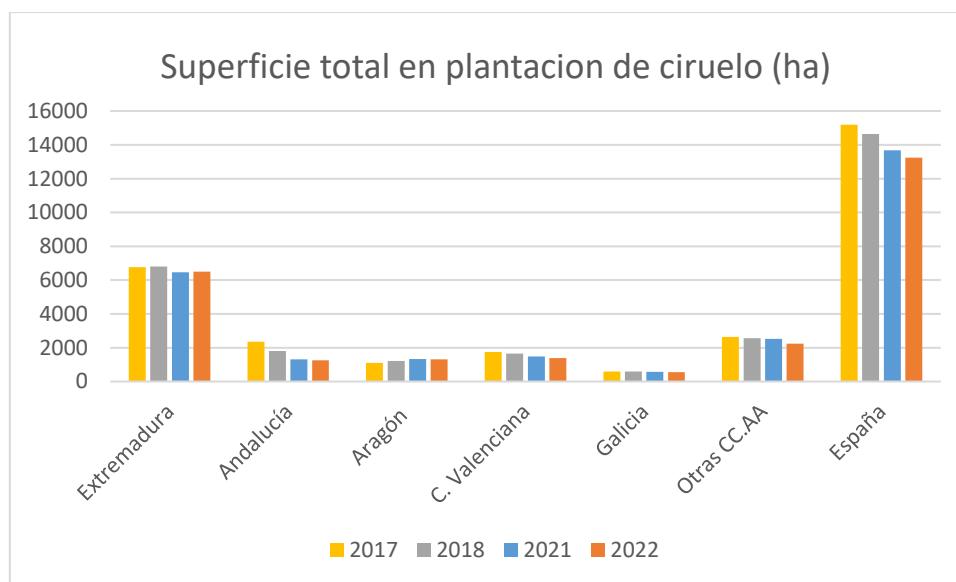
Gráfica 1 Distribución autonómica en producción de ciruela (toneladas). Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2023).

La Comunidad Valenciana produjo este año 11.675 toneladas, y el resto de las comunidades suman 25.405 toneladas hasta completar el total de la producción nacional de ciruelas. Durante los últimos años la superficie utilizada para este cultivo se ha visto reducida periódicamente a nivel nacional, pero siguiendo una tendencia hacia la estabilidad ya que cada vez la diferencia entre años se ve reducida, cada año desaparecen menos hectáreas (Gráfica 2).



Gráfica 2 Evolución de la superficie cultivada de ciruelo por año en España. Fuente: (MAPAMA, 2023)

Lo que está sucediendo con ese descenso de superficie cultivada puede explicarse como una especialización del cultivo según territorio, ya que en las comunidades con menor producción anual la superficie cultivada cada año disminuye, mientras que en las más productoras esta superficie se está viendo incrementada los últimos años. Como es el caso de Aragón o Extremadura, exceptuando Andalucía y la Comunidad Valenciana donde años atrás se ha visto reducida la superficie, pero en la actualidad tienden a una estabilidad (Grafica 3).



Gráfica 3 evolución de la superficie de ciruelo por Comunidad Autónoma. Fuente: elaboración propia con base de datos del INE (2023)

### **3.2. El cultivo de la ciruela en Aragón**

En cuanto a la comunidad autónoma de Aragón, que se encuentra entre las más productoras de ciruelas de España y siendo una de las pocas que mantiene un incremento anual de las hectáreas utilizadas para este cultivo (Grafica 3), actualmente cuenta con 1260 hectáreas de las cuales la mayoría son en regadío y una producción de 12.253 toneladas, según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. La producción se distribuye en las tres provincias de una forma heterogénea, siendo la provincia de Zaragoza la que cuenta con la mayor superficie dedicada a este cultivo, 1065 hectáreas, un 84,5% del total, frente al 11,9% en Huesca y el 5,6% en Teruel.

En la Comarca de Calatayud se agrupan casi la mitad de las hectáreas de toda la provincia de Zaragoza, ascendiendo el número a 527 ha, entorno a un 42% de toda la superficie dedicada al ciruelo en Aragón. Siguiéndole las comarcas de Caspe, con 188 ha, Valdejalón con 176 ha y Bajo Cinca 149 ha, el resto de las comarcas de todo Aragón cuentan con un numero residual de hectáreas (Figura 2)



*Figura 7 Superficie declarada (ha) por comarca en Aragón, zonas con mayor o menor producción según intensidad de color. Fuente: SINEGEAR*

### **3.3. Oportunidades en el mercado internacional**

Tradicionalmente la ciruela producida en España no se comercializaba fuera del territorio nacional o peninsular, pero desde que España comenzó a formar parte de la Unión Europea se abrió en este sector un amplio mercado ya que Alemania, un país con una alta demanda de esta fruta comenzó a importarla desde España en grandes cantidades, siendo este el país al que más se exporta ciruela desde España, alrededor de 14.000 toneladas de esta fruta. Además, el consumo nacional es importante ya que se consumen grandes cantidades y con diversas finalidades, desde consumo en fresco hasta ciruelas pasas,

teniendo también un peso considerable el mercado de almíbar ya sea para mermelada o procesados que contengan ciruela.

En las últimas décadas se ha intentado desde nuestro país llegar a acuerdos comerciales con diferentes países que nunca habían importado ciruelas españolas. Es el caso de Japón, México o Estados Unidos, destacando estos países por su preferencia por las ciruelas pasas o desecadas. Siendo el sector de la ciruela española un sector internacionalizado en el que la Unión Europea se ha consolidado como un mercado natural de este producto, Japón o México se configuran como países en que este mercado puede diversificarse, algo prioritario para la ciruela de nuestro país.

Además, la industria de la ciruela en España ha avanzado para adaptarse a las cambiantes necesidades de los consumidores y del mercado. Los productores han creado nuevas variedades de ciruelas que se ajustan a diversos usos, como la elaboración de mermeladas, jugos, licores y otros productos derivados de esta fruta. También se han introducido nuevas presentaciones, como las ciruelas deshidratadas y las ciruelas pasas, que son muy apreciadas tanto como aperitivo como ingrediente en recetas dulces y saladas.

A pesar de los numerosos desafíos que enfrenta la producción de ciruelas en España, como el cambio climático, las fluctuaciones de precios y la competencia de otros productores a nivel global, esta industria sigue siendo un motor económico consolidado y una fuente de empleo en muchas regiones del país. En resumen, la producción de ciruelas en España es una industria significativa y en constante evolución, adaptándose a las cambiantes demandas de los consumidores y del mercado. A medida que los agricultores y procesadores continúan innovando y perfeccionando sus técnicas de cultivo, se prevé que la producción de ciruelas siga siendo una fuente de beneficios económicos y de frutas frescas y deliciosas para los consumidores.

#### **4. OBJETIVO DEL PROYECTO Y ALINEACIÓN CON LOS ODS**

Con este trabajo también se pretende alinear la proyección de una plantación viable con algunos de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas y recogidos en la agenda 2030. Es el caso del Objetivo 6, Agua limpia y saneamiento, en concreto se afecta a la Meta 6.4 Aumentar el uso eficiente de recursos hídricos (extracción de agua dulce) ya que el sistema de riego por goteo, que va a ser implantado, es prácticamente el más eficiente en el uso del agua ya que se basa en localizar el riego y no regar toda la superficie innecesariamente optimizando así el agua que se utiliza para el cultivo. También el proyecto se ajusta al Objetivo 2 Hambre cero, en concreto a la Meta 2.3 Duplicación de productividad e ingresos agrícolas a pequeña escala ya que con las medidas innovadoras que se han adoptado, sobre todo al realizar la plantación de forma más intensiva que las tradicionales y al reducir costes en la poda y recolección se pretende que el cultivo de ciruelas para la industria sea más viable que actualmente, al contar con mayor producción por hectárea y menores costes de producción. Finalmente y de la mano de algunas de las medidas nombradas anteriormente, el proyecto se compromete con el Objetivo 8 Trabajo decente y crecimiento económico, Meta 8.2 Elevar la productividad a través de la diversificación tecnología e innovación, ya que las medidas adoptadas para solventar los problemas del promotor están vinculadas directamente a conseguir una mayor producción en base a modelos de plantación innovadores que permiten aumentar la fruta producida por hectárea, también el uso de tecnología en los procesos de poda y recolección ayudan a elevar la productividad y el rendimiento de la explotación.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

- Abadía Causape J. A. (2023). *Proyecto de modernización a riego por aspersión y construcción de una balsa para una finca de 6 ha en el término municipal de Tardienta (Huesca)*. (Trabajo de fin de grado, Universidad de Zaragoza). <https://zaguan.unizar.es/record/128806/files/TAZ-TFG-2023-4346.pdf>
- Dirección General del Catastro. (s. f.). *Sede Electrónica del Catastro*. Ministerio de Hacienda. <https://www.sedecatastro.gob.es/>
- Gobierno de Aragón. (2023). SINGEAR: *Sistema de Información de Gestión de Espacios Agrarios*. <https://www.aragon.es/-/singear>
- Google. (s. f.). *Google Earth*. <https://www.google.com/earth/>
- Instituto Nacional de Estadística. (2023). *Instituto Nacional de Estadística*. <https://www.ine.es/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2023). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Gobierno de España. <https://www.mapa.gob.es/es/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s. f.). *Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC)*. Gobierno de España. <https://sigpac.mapama.gob.es/>

---

**ANEJO 2**

**ESTUDIO**

**CLIMATOLÓGICO**

---

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	SELECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	4
3	EXIGENCIAS CLIMÁTICAS DEL CIRUELO .....	4
4	TEMPERATURAS .....	5
4.1	Temperaturas estivales .....	7
4.1.1	Altas temperaturas.....	7
4.1.2	Bajas temperaturas .....	8
4.2	Cálculo de horas-frío.....	8
4.2.1	Correlación de Weimberger .....	9
4.2.2	Correlación de mota .....	10
4.3	Cálculo del régimen de heladas.....	10
4.3.1	Estrés por bajas temperaturas .....	12
5	PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD.....	13
6	VIENTO.....	16
7	GRANIZO.....	17
8	ÍNDICES CLIMÁTICOS.....	18
8.1	Índice de lang .....	18
8.2	Índice de Martonne.....	18
8.3	Índice de Emberger .....	19
9	CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS .....	20
9.1	Clasificación bioclimática unesco-fao.....	20
9.2	Clasificación bioclimática de Köppen.....	21
9.3	Clasificación agroclimática de Papadakis .....	24
10	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL O DE REFERENCIA.....	26
10.1	Evapotranspiración del cultivo.....	27
11	BIBLIOGRAFÍA.....	29

## **1 INTRODUCCIÓN**

El estudio climatológico es de vital importancia a la hora de implantar un determinado cultivo en un lugar concreto, para conocer así las necesidades y condiciones del cultivo, en este caso el ciruelo. En base a este estudio exhaustivo del clima se realizara la elección del material vegetal a utilizar, patrón y variedad, además de la orientación de las líneas de los árboles.

Los sucesos climatológicos que son determinantes para este estudio son por ejemplo las heladas, el granizo o los condicionantes para la aparición de determinadas plagas o enfermedades, siendo estos motivos por los que la climatología es un factor determinante a la hora de diseñar una plantación.

Los factores climáticos que se van a estudiar a continuación, pueden clasificarse en condicionantes o limitantes. Los condicionantes son aquellos que pueden afectar a la producción de una manera negativa pero sin poner en riesgo la viabilidad de la plantación mientras que los limitantes tienen un efecto directo sobre la longevidad del proyecto al poder causar la muerte de las plantas cultivadas.

Para la obtención de datos se han revisado varias fuentes, principalmente el Atlas Climático Ibérico y los Mapas Climáticos de España cuyas series de datos únicamente se representan hasta los años 2010 o 2016 dependiendo del dato estudiado. Por ello también se ha realizado un trabajo propio de obtención y tratamiento de datos, utilizando para ello una serie histórica de información meteorológica utilizando datos de la estación meteorológica de Almonacid de la Sierra, tomando una serie de diez años, de 2013 a 2023.

## **2 SELECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

La estación meteorológica más cercana a la parcela de estudio se encuentra en el mismo término municipal está, por lo que es la más adecuada, su ubicación exacta es:

9425F ALMONACID DE LA SIERRA: Indicativo sinóptico

Longitud: 01º19'32'' W

Latitud: 41º23'46'' N

ALTITUD: 598 m

## **3 EXIGENCIAS CLIMÁTICAS DEL CIRUELO**

El ciruelo es uno de los frutales de hueso con mayor rusticidad, pudiendo cultivarse en un gran rango de altitudes y climas, siempre que se tenga en cuenta el reposo invernal necesario para esta especie, también deberá cumplirse un mínimo de horas cálidas para que salga de su latencia. Se prestara especial atención a las heladas tardías de primavera, que debido a su floración temprana, pueden ser un factor muy determinante en la producción anual, por ello se escogerán climas que no sean propensos dar este suceso o variedades de floración más tardía.

Como ya se ha mencionado, el ciruelo es un frutal con cierta rusticidad, que le permitirá adaptarse a multitud de suelos desde texturas gruesas a medias, con profundidades variables y pH comprendidos entre 5 y 7 dependiendo del porta injerto utilizado, también dependerá de este la resistencia al encharcamiento en el suelo.

Se considera este cultivo como resistente o tolerante a la sequía, pero su cultivo a lo largo de los años ha dejado claras evidencias de que el aporte de agua en épocas claves para el desarrollo mejora con creces la producción de los árboles, es por ello que cada vez más se está optando a utilizar sistemas de riego localizado para optimizar las cosechas, sobre todo en climas con pocas lluvias.

## 4 TEMPERATURAS

La temperatura media es uno de los parámetros más utilizados para la obtención de diferentes índices climáticos, indicadores de viabilidad del cultivo, además las temperaturas máximas y mínimas son necesarias a la hora de cultivar el ciruelo, ya que existe un riesgo de heladas y una necesidad de parada invernal, pero unas temperaturas excesivamente bajas pueden dañar al árbol.

Se muestran a continuación en la tabla 1 las temperaturas críticas en las fases más sensibles del ciruelo.

Tabla 1 Temperaturas críticas para el ciruelo. Fuente: apuntes de fitotecnia EPS Huesca

Espezie	Yemas inicio de la floración	Floración	Pequeños frutos
Ciruelo	-4,5	-2,6	-1

Para comenzar el análisis se muestran a continuación, en la tabla 2, las temperaturas medias mensuales de la zona a lo largo de diez años, datos que posteriormente nos serán útiles para obtener los diferentes índices climáticos.

Tabla 2 Temperaturas medias en el periodo 2013-2023 Fuente: SIAR

Medias	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2013	7,89	6,73	10,3	12,08	12,64	18,5	24,89	23,06	19,96	16,84	10,21	4,68
2014	9,11	8,94	10,28	15,31	16,05	21,12	22,38	23,02	21,67	17,54	11,71	6,96
2015	6,19	6,12	10,21	13,58	18,32	22,4	25,92	23,6	18,34	14,85	10,73	6,88
2016	8,25	8,27	8,63	11,92	15,81	21,1	23,87	23,6	20,69	14,32	9,04	5,12
2017	5,16	8,72	11,67	13,31	18,8	23,33	24,07	23,6	18,02	16,01	9,01	6,68
2018	8,01	5,91	10,04	13,04	16,25	20,98	25,04	24,07	21,13	14,29	10,57	8,02
2019	5,85	8,05	11,28	12,25	15,86	22,37	25,07	24,42	20,03	16,21	10,9	8,58
2020	5,77	10,55	10,24	13,8	18,61	19,99	24,2	23,71	19,76	14,08	10,12	7,68
2021	5,98	10,43	10,22	11,89	16,8	20,92	23,9	23,63	19,92	14,11	8,78	7,47
2022	4,93	8,8	9,6	12,26	19,83	24,8	26,16	25,76	20,37	18,22	11,92	9,2
2023	6,81	5,35	13,62	15,63	17,35	21,86	24,96	25,53	21,11	18,47	13,38	7,94
MEDIA	6,72	7,99	10,55	13,19	16,94	21,58	24,59	24,00	20,09	15,90	10,58	7,20

Se muestran en las dos siguientes tablas (Tabla 3 y 4) las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas cada mes a lo largo del periodo seleccionado de diez años, desde 2013 hasta 2023. Útiles para el cálculo de varios índices climáticos y la clasificación climática.

Tabla 3 Temperaturas máximas mensuales en el periodo 2013-2023 Fuente: SIAR

Máximas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2013	21,3	16,93	21,11	29,5	27,07	33,75	37,18	38,96	32,93	31,47	24,61	17,22
2014	18,73	21,45	24,2	29,9	29,37	35,12	39,88	38,55	33,85	29,89	22,41	16,4
2015	19,92	17,02	24,61	27,51	39,22	39,95	42,72	36,63	30,21	28,06	23,48	20,53
2016	18,73	19,46	23,21	24,81	30,43	36,44	39,35	36,83	37,49	28,37	20,37	15,61
2017	17,58	18,41	28,18	28	34,39	38,42	40,88	38,88	32,8	29,08	22,48	17,67
2018	18,13	18,85	24,61	25,6	28,77	34,53	37,03	38,22	33,9	30,74	22,75	19,78
2019	18,33	25,73	28,58	25,14	30,7	42,93	40,28	40,15	33,8	30,61	24,43	20,86
2020	18,46	23,03	26,99	24,01	33,13	34,59	39,62	39,68	33,93	26,38	26,07	18,47
2021	20,85	22,56	24,34	24,07	32,54	34,86	40,54	43,93	34,79	31,1	19,73	20,86
2022	18,93	22,95	21,42	25,6	34,86	42,07	42,38	41,98	35,63	31,74	23,94	20,97
2023	19,2	19,84	28,57	33,07	31,76	36,52	43,73	42,01	33,73	34,26	23,5	18,73
MEDIA	19,11	20,57	25,07	27,02	32,02	37,20	40,33	39,62	33,91	30,15	23,07	18,83

Tabla 4 Temperaturas mínimas mensuales en el periodo 2013-2023 Fuente: SIAR

Mínimas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2013	-4,66	-1,34	-1,74	0,32	1,32	5,89	11,99	11,59	8,34	0,45	-6,12	-5,46
2014	-0,08	-1,94	-1,74	4,96	3,5	7,55	9,87	9,8	7,61	5,69	0,12	-4,73
2015	-5,06	-5,79	-3,26	-0,14	6,69	10,4	12,45	10,26	7,15	-0,08	-1,34	-2,34
2016	-3,27	-5,12	-1,14	-0,74	1,91	6,42	8,8	9,93	8,47	2,24	-0,75	-2,68
2017	-7,52	-1,54	0,32	0,72	2,11	9,8	10,07	9,67	5,29	2,18	-3,47	-5,46
2018	-1,54	-5,06	0,71	0,78	2,38	10,13	13,11	11,46	6,55	0,92	-0,28	-3,07
2019	-5,46	-2,73	-1,14	-1,07	-0,01	4,1	12,65	10,4	8,54	6,49	-1,48	-3,07
2020	-4,59	-1,8	-1,14	0,65	6,82	7,15	9,8	9,67	4,9	0,45	-2,47	-2,6
2021	-13,1	1,38	-2,53	0,45	5,56	8,54	9,54	9,67	7,41	0,71	-1,34	-0,55
2022	-6,25	-3,99	0,59	-2,73	6,42	10,27	8,8	13,24	7,55	6,02	0,39	-1,94
2023	-6,18	-4,26	-4,06	-0,8	4,16	12,12	12,52	9,87	7,75	7,22	-0,61	-4,92
MEDIA	-5,25	-2,93	-1,38	0,22	3,71	8,40	10,87	10,51	7,23	2,94	-1,58	-3,35

En la tabla 5 se puede ver un resumen de las medias de las temperaturas máximas, mínimas y medias recogidas mensualmente en los últimos diez años en la estación de Almonacid de la Sierra.

*Tabla 4 Temperaturas promedio en el periodo 2013-2023 Fuente SIAR*

<b>Mensual</b>	<b>T<sup>a</sup> Media (ºC)</b>	<b>T<sup>a</sup> Máxima (ºC)</b>	<b>T<sup>a</sup> Mínima (ºC)</b>
ENERO	6,72	19,11	-5,25
FEBRERO	7,99	20,57	-2,93
MARZO	10,55	25,07	-1,38
ABRIL	13,19	27,02	0,22
MAYO	16,94	32,02	3,71
JUNIO	21,58	37,20	8,40
JULIO	24,59	40,33	10,87
AGOSTO	24,00	39,62	10,51
SEPTIEMBRE	20,09	33,91	7,23
OCTUBRE	15,90	30,15	2,94
NOVIEMBRE	10,58	23,07	-1,58
DICIEMBRE	7,20	18,83	-3,35

## **4.1 Temperaturas estivales**

La temporada calurosa es lo que se conoce como época estival, marcada por las altas temperaturas. Se toma como periodo estival los tres meses más calurosos, desde mediados de junio hasta principios de septiembre.

### **4.1.1 Altas temperaturas**

Las temperaturas altas estivales hacen referencia a aquellos datos que superan el rango de los 30- 35°C en ambientes secos y con alta insolación, momento en el que el ciruelo puede resultar afectado en su actividad, en su vegetación o en sus frutos. Algunos de los efectos negativos de estas altas temperaturas son la disminución de la actividad fotosintética, la denominada parada vegetativa de verano y el asurado de hojas y brotes. En la zona de Almonacid de la Sierra, como se puede observar en la Tabla 6, estas máximas se dan en los meses de verano, llegando los 40°C en julio.

*Tabla 5 Altas temperaturas estivales en el periodo 2013-2023 Fuente: SIAR*

<b>MES</b>	<b>T<sup>a</sup> Máxima</b>
JUNIO	37,2
JULIO	40,33
AGOSTO	39,62
SEPTIEMBRE	33,91

#### **4.1.2 Bajas temperaturas**

Las bajas temperaturas en el periodo estival, pese a que se ven rara vez, en caso de que se den son un condicionante importante para la producción ya que los daños que pueden causar afectan directamente al fruto, su tamaño y forma, además de a la fisiología del árbol. Como se puede observar en la Tabla 7 las temperaturas bajas en los meses de verano no llegan a suponer un problema.

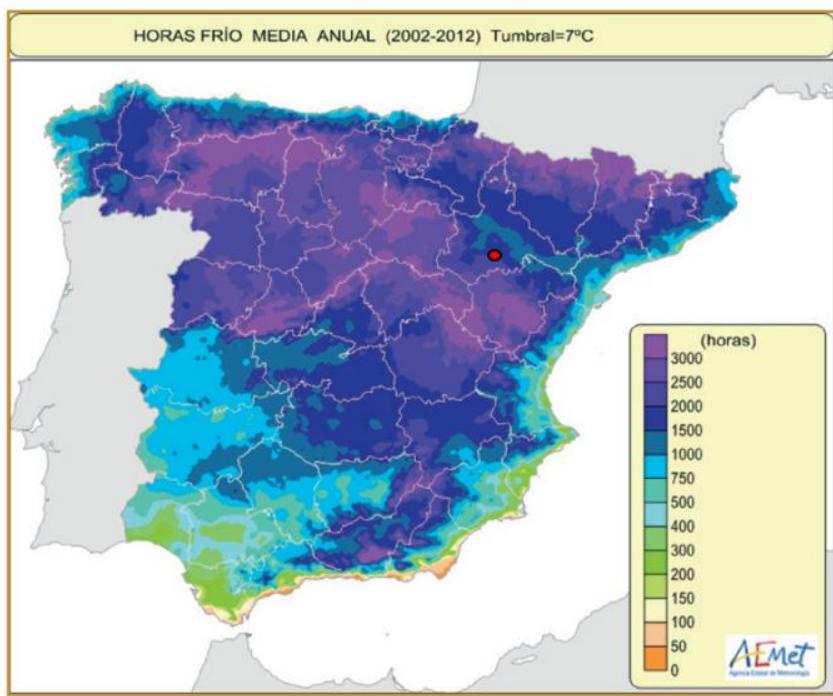
*Tabla 6 Bajas temperaturas estivales en el periodo 2013-2023 Fuente: SIAR*

<b>MES</b>	<b>T<sup>a</sup> Mínima</b>
JUNIO	8,4
JULIO	10,87
AGOSTO	10,51
SEPTIEMBRE	7,23

#### **4.2 Cálculo de horas-frío**

La medida de las horas frío en el periodo de reposo invernal es algo muy importante a la hora elegir un cultivo e incluso una variedad para una zona concreta, si no se cumple el mínimo de horas frío que se estiman para dicha variedad esto puede acarrear problemas como una floración irregular, temprana y escasa además de un desarrollo anómalo en el árbol. Es por ello que teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente (Tablas 2 y 4) se procederá a calcular las horas frío por los métodos de la correlación de Weimberger y la correlación de Mota, para asegurar que se cumplen los requerimientos del ciruelo con un rango según variedades de 600-1500 horas frío (por debajo de 7°). Siendo las variedades Reina Claudia Violeta y de Agen las menos exigentes en horas de frío, con un rango de entre 850 y 950 horas frío según Mazzocchi y Pucci, 1963.

Primero se observa en el Mapa 1 una estimación general de las horas frío en la Península Ibérica, marcando con un punto rojo la posición de la zona estudiada, el entorno de Almonacid de la Sierra. En un estudio realizado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) utilizando una serie histórica de 10 años, del 2002 al 2012. Estimando en la zona estudiada un rango de entre 1000 y 1500 horas frío, dato que se especificará posteriormente basándose en años más próximos.



Mapa 1 Horas frío en España (2002-2012). Fuente: AEMET

#### 4.2.1 Correlación de Weimberger

La estimación del número de horas frío mediante este método parte de la media de temperaturas medias de diciembre y enero.

Tabla 7 Relación de temperaturas medias en enero y febrero y número de horas frío, correlación de Weimberger. Fuente: apuntes de fitotecnia EPS Huesca

T <sub>d</sub>	HF
12,3	550
10,6	750
9,8	850
9	950
8,3	1050
7,6	1150
6,3	1350
4,6	1558
2,9	1758
1,3	1959

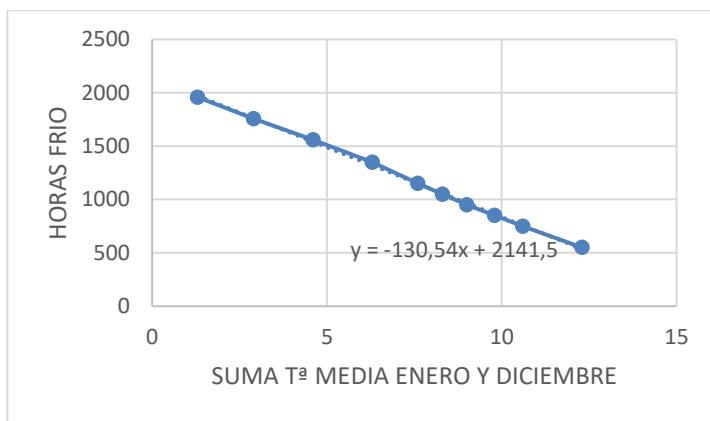


Figura 1 Correlación de Weimberger. Fuente: elaboración propia

La media de las temperaturas medias recogidas según el SIAR en los meses de Diciembre y Enero es 6,69º C, que según la recta obtenida se estiman un total de 1233 horas frío

#### 4.2.2 Correlación de mota

El número de horas frío de cada mes se determina con la siguiente fórmula:

$$y = 485,1 - 28,52x \quad \text{siendo:}$$

y = número mensual de horas bajo 7º C.

x = temperatura media mensual de noviembre, diciembre, enero y febrero.

Obteniendo un resultado de 1013,79 horas frío.

### 4.3 Cálculo del régimen de heladas

A la hora de establecer un cultivo en una zona determinada uno de los parámetros más importantes que se ha de tener en cuenta son las posibles heladas a las que se enfrentara dicho cultivo, ya que dependiendo de la fecha y la intensidad de estas puede causar problemas como el debilitamiento de la actividad funcional, el desplazamiento de los equilibrios biológicos o la muerte celular, sobre todo en los estadios recogidos en la Tabla 1.

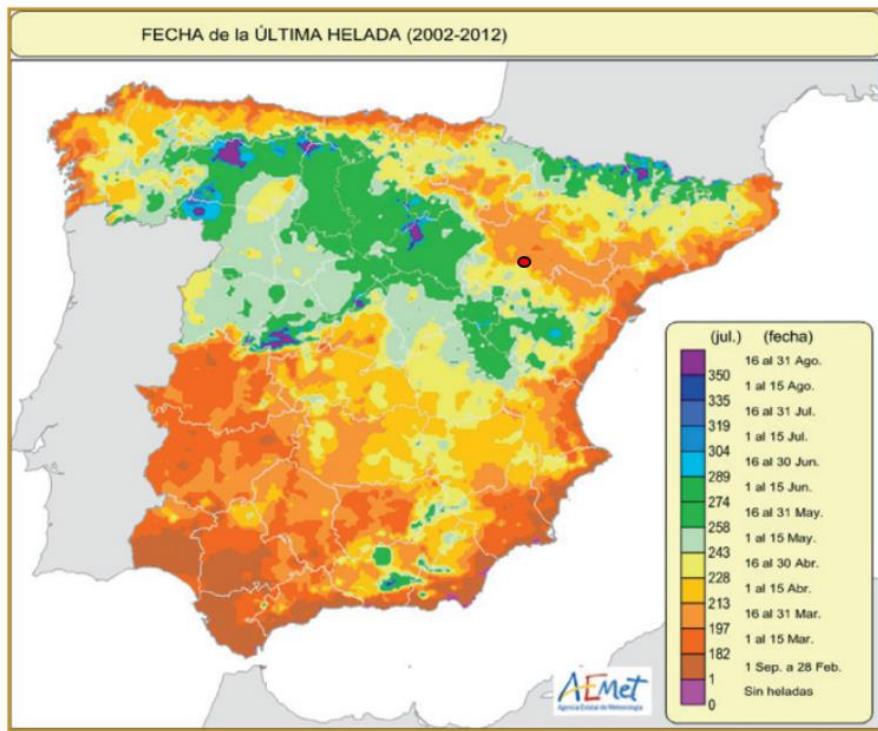
Según los datos recogidos en la tabla 9 en los que se muestra el día concreto en el que se han producido heladas por debajo de -1°C en una serie de diez años determina que es muy poco probable que sucedan heladas tardías, aquellas que se producen en primavera entre abril y mayo, la más tardía ocurrida en los últimos diez años se produjo un 5 de abril, siendo este un

caso aislado en la serie estudiada de los diez últimos años, pero que fuerza a evaluar la situación en años anteriores.

*Tabla 8 Fechas de inicio y final de la temporada de heladas cada año. Fuente: SIAR*

PERIODO	ULTIMA HELADA	PRIMERA HELADA
2013	03/03/2013	16/11/2013
2014	24/03/2014	22/12/2014
2015	17/03/2015	30/11/2015
2016	13/03/2016	12/12/2016
2017	25/02/2017	15/11/2017
2018	28/02/2018	29/12/2018
2019	26/03/2019	16/11/2019
2020	27/03/2020	21/11/2020
2021	23/03/2021	18/11/2021
2022	05/04/2022	03/12/2022
2023	05/03/2023	17/12/2023

En años anteriores y según el Mapa 2 la helada más tardía se produjo en la última quincena de marzo, por lo que podríamos decir que en los últimos años se están experimentando cambios en el clima ya que han aparecido heladas en la primera semana de abril aunque ha sido un caso aislado y son fechas muy cercanas a las habituales, ha de tenerse en cuenta esa posibilidad. También parte del cambio observado en estos últimos diez años con respecto a los diez anteriores es que la fecha de última helada se ha desplazado hacia la primera quincena de marzo incluso en dos años se ha registrado esta fecha en febrero. Se asumirá que en los últimos diez años ha cambiado el clima y en concreto el fenómeno de la última fecha de helada que ha extendido sus fechas, de producirse en la última quincena de marzo a poder englobar todo el mes de marzo. Estas heladas no dejan de ser restrictivas porque se siguen produciendo en gran medida en las últimas fechas de marzo.



Mapa 2 Fecha de ultima helada en el territorio de España. Fuente: AEMET

#### 4.3.1 Estrés por bajas temperaturas

Para obtener una previsión de los momentos propensos a estas heladas se han utilizado dos métodos de estimación indirecta, Papadakis y Emberger para conocer los períodos con riesgo de heladas basándose en datos del SIAR

##### Régimen de heladas según Emberger

Divide el año en cuatro períodos según el riesgo que tiene el producirse las heladas utilizando la media de las temperaturas mínimas, dato calculado en la tabla 5, tomando el siguiente criterio:

- Período de heladas seguras: temperatura media de las mínimas es inferior a 0°C
- Período de heladas muy probables: temperatura media de las mínimas está entre 0°C y 3°C
- Período de heladas probables: temperatura media de las mínimas está entre 3°C y 7°C
- Período libre de heladas: temperatura media de las mínimas es superior a 0°C

Obteniendo los siguientes resultados:

RIESGO	T <sub>a</sub> (°C)	INICIO	FIN
Seguro	T<0	Noviembre	Marzo
Muy probable	0<T<3	Octubre	Abril
Poco frecuente	3<T<7	Mayo	Septiembre
Ninguno	T>7	Junio	Septiembre

### Régimen de heladas según Papadakis:

Estación libre de heladas:

Media (temperaturas medias de las mínimas superiores a 0°C): 7 meses

Disponible (temperaturas medias de las mínimas superiores a 2°C): 6 meses

Mínima (temperaturas medias de las mínimas superiores a 7°C): 4 meses

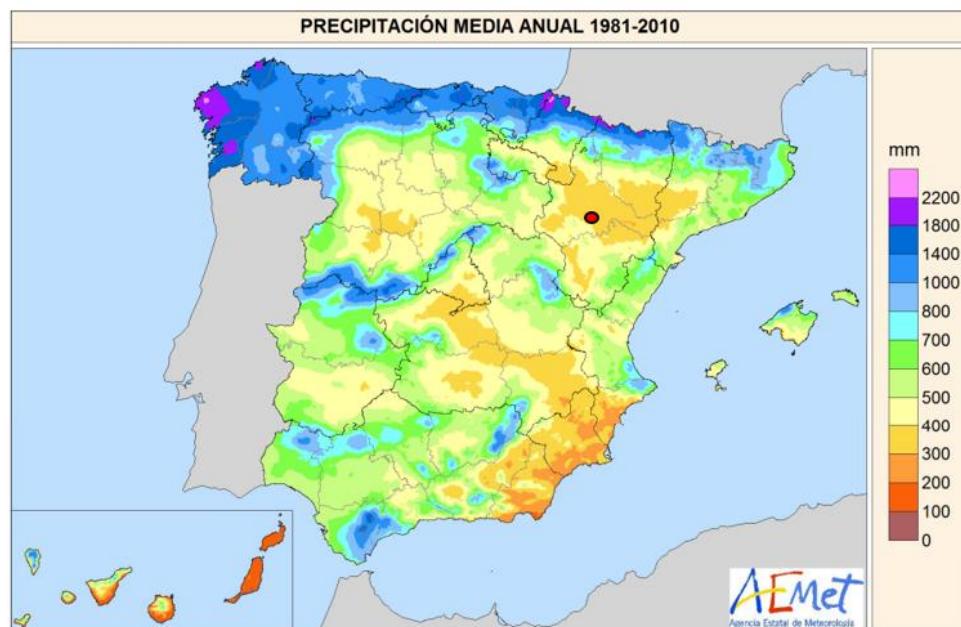
## 5 PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD

La precipitación es un factor climático muy importante ya que el agua es un recurso primordial en los cultivos, en este caso la importancia es relativa ya que la finca se encuentra en régimen de regadío. Por lo que la precipitación no será un factor que limite a nuestro cultivo, no obstante un adecuado cálculo de la estimación de precipitaciones ayudara a la eficiencia de la plantación desde el punto de vista del uso del agua, pudiendo ahorrar más o menos en función de las precipitaciones. Datos en la Tabla 10.

Tabla 9 Datos de precipitación y humedad. Fuente: SIAR

Mensual	Precipitación(mm)	HR Media (%)	HR Máxima (%)	HR Mínima (%)
ENERO	22,56	71,72	99,49	26,19
FEBRERO	19,04	69,08	99,42	21,21
MARZO	40,28	64,94	99,45	18,57
ABRIL	49,78	65,50	99,32	17,83
MAYO	42,43	61,34	99,33	16,78
JUNIO	47,69	59,22	99,24	15,98
JULIO	19,30	53,26	98,57	10,95
AGOSTO	15,42	54,13	98,43	12,72
SEPTIEMBRE	19,66	62,33	98,84	17,04
OCTUBRE	23,95	67,99	99,37	19,79
NOVIEMBRE	43,91	73,61	99,50	28,54
DICIEMBRE	18,80	79,20	99,96	31,40

La zona de estudio destaca por su poca precipitación de 362,82 mm de media anualmente según una serie estudiada de diez años, desde 2013 a 2023, que coincide con la información mostrada en el Mapa 3 en el que se representa la precipitación anual basándose en una serie histórica de casi 30 años y establece en la zona estudiada una precipitación de entre 300 mm y 400 mm anuales. Esta precipitación es más importante en primavera y otoño, siendo marzo, abril mayo y junio junto con noviembre los meses más lluviosos. Destaca abril como el mes más lluvioso del año, con 49,74mm y agosto como el mes más seco, con 15,42 mm de precipitación. Estos datos al ser la media de la serie histórica estudiada no representan bien la heterogeneidad ya que las diferencias entre un año y otro son abismales hay meses que un año no tienen apenas precipitaciones mientras que al año siguiente en ese mismo mes es de los más lluviosos.



Para determinar la época de estío, se utiliza el diagrama ombrotérmico (Figura 3), el cual se obtiene de la relación gráfica entre dos veces la temperatura media y la precipitación. El área en que la gráfica de temperatura supere a la de precipitación se entenderá como estío, es decir periodo en el que la evapotranspiración del cultivo superara a los aportes de agua de lluvia, generando estrés hídrico en el cultivo. Para ello se utilizaran los datos expuestos anteriormente.

En la figura 2 se puede ver como la temporada de sequía está comprendida entre los meses de junio a octubre, será en este periodo en el que se necesitará regar más a menudo.

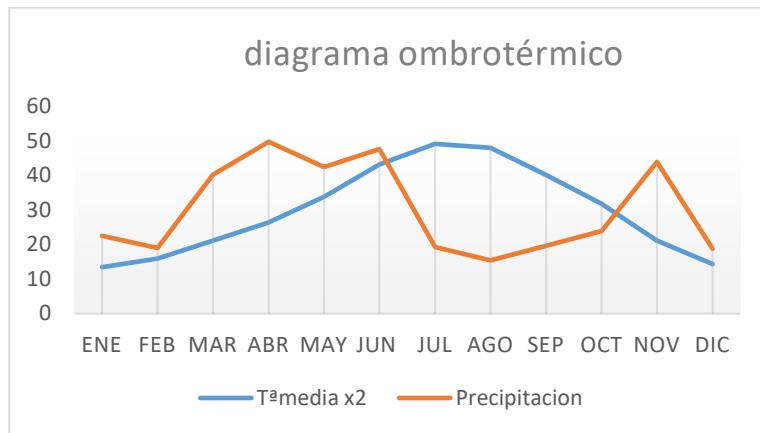


Figura 2 Diagrama ombrotérmico. Fuente: obtención propia, datos del SIAR

La humedad relativa no es un dato de vital importancia para el desarrollo del cultivo, pero gracias a él se podrá calcular con precisión la evapotranspiración del cultivo, parámetro que servirá como indicador para efectuar los riegos con exactitud. Como se puede observar en la figura 3 en los meses de verano la humedad relativa cae mientras que en invierno tiene valores mayores, indicando que los cultivos evapotranspiran más en verano, y por ende requieren mayor aporte hídrico.

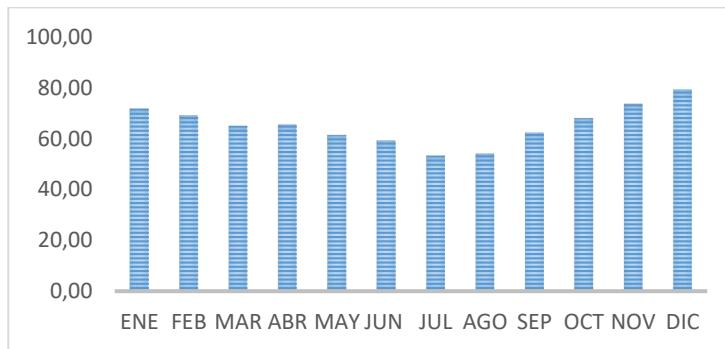


Figura 3 Humedad relativa a lo largo del año. Fuente: SIAR

## 6 VIENTO

Como se observa en la Tabla 11 la velocidad máxima del viento se mantiene prácticamente constante a lo largo de todo el año. El viento causante de estas velocidades medias de unos 40km/h es el cierzo, común en todo el Valle del Ebro, emplazamiento en el que se localiza la parcela, este es un viento que se caracteriza por ser frio y seco, y su dirección es paralela al avance del río Ebro, del noroeste hacia el sureste.

Es un factor importante ya que puede tener aspectos positivos como ayudar a una buena aireación de las copas de los árboles o el suelo, como otros negativos asociados a la perdida de flores o la rotura física de ramas, en árboles frutales puede acarrear una pérdida de calidad del producto al producir roces en la fruta con las ramas cercanas. Es por ello que se tendrá que tener en cuenta a la hora de realizar la distribución del cultivo en la parcela.

Tabla 10 Velocidad máxima del viento en m/s y km/h. Fuente: SIAR

VIENTO MÁXIMO	(m/s)	(km/h)
ENERO	13,34	48,02
FEBRERO	12,24	44,07
MARZO	12,23	44,02
ABRIL	10,40	37,44
MAYO	10,40	37,44
JUNIO	10,96	39,46
JULIO	9,95	35,80
AGOSTO	11,56	41,61
SEPTIEMBRE	8,87	31,94
OCTUBRE	8,30	29,86
NOVIEMBRE	10,68	38,43
DICIEMBRE	11,44	41,17

## **7 GRANIZO**

El granizo constituye uno de los elementos del clima más dañinos para la fruticultura. Se define como una bola de forma irregular de hielo con un tamaño que puede variar entre 0.5cm y 15 cm.

Es un factor difícil de estimar debido a su carácter local y su irregular aparición, puede darse en una parcela y no en la colindante; suele desarrollarse durante los meses de calor (primavera-verano) con las precipitaciones de carácter tormentoso que se dan en estas fechas. El granizo puede causar daños a los árboles, dañando las yemas latentes, produciendo grandes pérdidas de rendimiento lo que conlleva perdidas económicas. También produce perdidas debido a la caída del fruto al suelo, o por las heridas causadas en los frutos que facilita la entrada de patógenos, además de bajar el valor de la fruta en el mercado, al estar dañada.

Según el siguiente mapa la parcela estudiada se encuentra entre dos fases por lo que se podría asumir que la previsión de pedrisco o granizo anual varía entre 0 y 1 días al año.



*Mapa 4 Días anuales de granizo según zonas, datos de 1981 a 2010. Fuente: AEMET*

## 8 ÍNDICES CLIMÁTICOS

Estos índices permiten clasificar el clima de un año medio en una zona concreta basándose en la interpretación de los datos obtenidos en las tablas características de cada índice. Utilizando los datos de temperatura y precipitación expuestos anteriormente.

### 8.1 Índice de lang

Índice de Lang =  $P/T$

- P: Precipitación media anual en mm: 362,82mm
- T: Temperatura media anual en  $^{\circ}\text{C}$ : 14,9 $^{\circ}\text{C}$

Índice de Lang =  $362,82/14,9 = 24,34$

*Tabla 11 Valores y clasificación del índice de lang. Fuente: criterios de Diaz. A (2019)*

VALORES ÍNDICE DE LANG	CLASIFICACIÓN
$0 < \text{ILang} < 20$	DESIERTOS
$20 < \text{ILang} < 40$	ZONA ÁRIDA
$40 < \text{ILang} < 60$	ZONA HÚMEDA DE ESTEPA O SABANA
$60 < \text{ILang} < 100$	ZONA HÚMEDA DE BOSQUES RALOS
$100 < \text{ILang} < 160$	ZONA HÚMEDA DE BOSQUES DENSOS
$\text{ILang} > 160$	ZONA HÍPER HÚMEDA DE PRADOS Y TUNDRA

Según la clasificación de la tabla 12 la zona de estudio se encuentra entre los valores 20 y 40 del índice de lang, por lo que la definiríamos según este criterio como zona árida.

### 8.2 Índice de Martonne

Se calcula mediante la siguiente la fórmula:

$$Imartonne = P / (tm + 10)$$

P: precipitación media anual en mm.

tm: temperatura media anual en  $^{\circ}\text{C}$ .

$$Imartonne = 362,82 / (14,9 + 10) = 14,57$$

Según la tabla 13, la zona de la plantación corresponde a la definición de estepas y países secos mediterráneos.

Tabla 12 Valores del índice de Martonne. Fuente: criterios de Diaz. A (2019)

VALORES ÍNDICE DE MARTONNE	CLASIFICACIÓN
0 < IM < 5	DESIERTOS
5 < IM < 10	SEMIDESIERTOS
10 < IM < 20	ESTEPAS Y PAÍSES SECOS MEDITERRÁNEOS
20 < IM < 30	REGIONES DE OLIVO Y CEREALES
30 < IM < 40	REGIONES SUBHÚMEDAS DE PRADOS Y BOSQUES
IM > 40	ZONAS DE HÚMEDAS A MUY HÚMEDAS

### 8.3 Índice de Emberger

Se calcula según la siguiente formula:

$$IE = 100P / (M^2 \cdot m^2)$$

P: Precipitación media anual en mm: 362,82

M: Temperatura media de las máximas del mes más cálido: 40,33

m: Temperatura media de las mínimas del mes más frío (en valor absoluto): 5,25

$$IE = 100 * 362,82 / (40,33^2 - 5,25^2) = 22,69$$

Comparando el valor obtenido con los de referencia expuestos en la tabla 14, según el índice de Emberger la parcela se encuentra en un clima árido.

Tabla 13 Valores del índice de Emberger. Fuente: criterios de Diaz. A (2019)

VALORES ÍNDICE DE EMBERGER	CLASIFICACIÓN
0-30	ÁRIDO
30-50	SEMIÁRIDO
50-90	SUBHÚMEDO
90-200	HÚMEDO
>200	HIPERHÚMEDO

## 9 CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

### 9.1 Clasificación bioclimática unesco-fao

Esta clasificación busca relacionar los datos de las condiciones climáticas con el desarrollo de la vida vegetal y animal, agrupando así las zonas según sus características. Valiéndose para ello de las temperaturas medias del mes más frío y de la media de las temperaturas mínimas del mes más frío. Siendo:

- $tm$ , temperatura media del mes más frío:  $6,72^{\circ}\text{C}$
- $T$ , media de las mínimas del mes más frío:  $-5,25^{\circ}\text{C}$
- $TM$ , temperatura media anual:  $14,9^{\circ}\text{C}$

Tabla 14 Valores criterio. Fuente: UNESCO-FAO

Clase	Condición
Grupo 1	$tm > 0$
cálido	$tm > 15$
templado-cálido	$15 > tm > 10$
templado-medio	$10 > tm > 0$
Grupo 2	$0 > tm$
templado-frío	$0 > tm > -5$
frío	$-5 > tm$
Grupo 3	$-5 > TM$
glacial	$-5 > TM$

Según el criterio de la UNESCO-FAO, tabla 15, el clima de la zona estudiada pertenece a la clasificación del grupo 1, más concretamente se recoge en el apartado de clima templado-medio.

Además existe también una clasificación en la que se enumeran los diferentes tipos de invierno posibles en base a la temperatura media de las mínimas del mes más frío, en este caso enero, con  $-5,25^{\circ}\text{C}$ . Como se observa en la tabla 16 los inviernos en la zona de Almonacid de la Sierra son muy fríos.

*Tabla 15 Tipos de invierno. Fuente: Unesco-FAO*

Tipo de invierno	Condición
Sin invierno	$t_1 \geq 11$
Cálido	$11 > t_1 \geq 7$
Suave	$7 > t_1 \geq 3$
Moderado	$3 > t_1 \geq -1$
Frío	$-1 > t_1 \geq -5$
Muy frío	$-5 > t_1$

También dentro de este criterio se clasifican las zonas en función de la aridez de su época más seca basándose en la siguiente clasificación.

- Axérico: la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica.
- Monoxérico: solamente aparece un periodo seco a lo largo del año.
- Bixérico: aparecen dos periodos secos a lo largo del año

Para identificar a que descripción pertenece el clima estudiado se precisa de la interpretación de la Figura 4, el diagrama ombrotérmico. Nos fijaremos en las zonas en que la curva térmica va por encima de la pluviométrica, observando que únicamente hay una temporada en que esto sucede, pudiendo afirmar que se trata entonces de un clima monoxérico.

## 9.2 Clasificación bioclimática de Köppen

La clasificación bioclimática de Köppen es una de las más usadas en la actualidad, pese a ser desarrollada en 1919, su sencillez y su fiabilidad la abalan. Se basa en la indiscutible relación de la vegetación con el clima, sin tener en cuenta la posición geográfica, por lo que para su realización son necesarios diferentes datos de precipitación y temperatura tanto mensuales como anuales. Para este caso en concreto se tienen los siguientes datos:

- Temperatura media del mes más frío: Enero: 6,72°C
- Temperatura media del mes más cálido: Julio: 24,59°C
- Temperatura media anual: 14,94°C
- Precipitación media anual: 362,8 mm
- ETo media anual: 1129 mm/año

Köppen divide su clasificación en cinco grandes grupos:

Tabla 16 Grupos climáticos según la clasificación de Köppen. Fuente: Gobierno de Navarra

A – CLIMA TROPICAL
Todos los meses la temperatura media es superior a 18°C
No existe estación invernal y las lluvias son abundantes
B – CLIMA SECO
La evaporación es superior a la precipitación
No hay excedente hídrico
C – CLIMA TEMPLADO
El mes más frío tiene una temperatura media comprendida entre 18°C y -3°C, y la temperatura media del mes más cálido supera los 10°C
D – CLIMA CONTINENTAL
La temperatura media del mes más frío es inferior a -3°C y la del mes más cálido está por encima de los 10°C
E – CLIMA POLAR
No tienen estación más cálida y el promedio mensual de las temperaturas siempre inferior a 10°C

Para confirmar que el clima estudiado se encuentra dentro del término de clima seco hay que realizar una operación en la cual el dato de entrada es la temperatura media anual y se obtiene la precipitación umbral. La operación varía en función de en qué meses se engloban la mayoría de las precipitaciones:

- **Pumbral = 20 \* T + 280** (si el 70 % o más de las precipitaciones anuales caen en el semestre cálido)
- **Pumbral = 20 \* T + 140** (si el 70 % o más de las precipitaciones anuales caen entre ambos semestres)
- **Pumbral = 20 \* T** (si menos del 30 % de las precipitaciones anuales caen en el semestre cálido)

En este caso en concreto el 70% de las precipitaciones anuales alcanza los 254 mm, y sumando las precipitaciones del semestre más cálido (mayo-octubre) no se llega a dicha cifra, al igual que sumando las precipitaciones del semestre frío (noviembre-abril) por lo que la fórmula que se ha de seguir es: **Pumbral = 20 \* T + 140;**

$$\text{Pumbral} = 20 * 14,94 + 140 = 438,8$$

Teniendo en cuenta esta precipitación anual, y que esta es inferior a la evapotranspiración potencial anual, se puede afirmar que el clima corresponde al término de clima seco según la clasificación de la tabla 17.

Además cada grupo de los anteriores está dividido en subgrupos que aportan más información para puntualizar más sobre su caracterización (tabla 18). Como la precipitación umbral es mayor que la precipitación anual y a su vez la anual es mayor que la mitad del umbral podemos afirmar que se definiría como subgrupo s, estepario.

$$P \text{ (mm)} = 362,8 < 438,8 \text{ y } P \text{ (mm)} = 362,8 > 219,4$$

Tabla 17 Subgrupos climáticos según Köppen. Fuente: Gobierno de Navarra

<b>f</b>	Lluvioso todo el año, ausencia de periodo seco
<b>s</b>	Estación seca en verano
<b>w</b>	Estación seca en invierno
<b>m</b>	Precipitación de tipo monzónico

Una última clasificación termina de recabar la información necesaria para realizar una completa caracterización del clima, para ello se siguen los criterios de la tabla 19. Para nuestro clima cabría más de una posibilidad, pero al tener fijadas ya la primera y segunda letra clasificatoria (Bs) la tercera únicamente puede ser o h o k, en este caso la temperatura media anual es inferior a 18°C por lo que pertenece el clima a la letra k, frío.

Tabla 18 Clasificación de Köppen según las temperaturas. Fuente: Gobierno de Navarra

<b>a</b>	Temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C
<b>b</b>	Temperatura media del mes más cálido inferior a 22 °C, pero con temperaturas medias de al menos cuatro meses superiores a 10 °C
<b>c</b>	Menos de cuatro meses con temperatura media superior a 10 °C
<b>d</b>	El más frío está por debajo de -38 °C
<b>h</b>	Temperatura media anual superior a 18 °C
<b>k</b>	Temperatura media anual inferior a 18 °C

En resumen, según la clasificación bioclimática de Köppen, la zona de estudio se define como *Bsk, clima seco estepario y frío*.

### 9.3 Clasificación agroclimática de Papadakis

La clasificación de Papadakis se basa en la respuesta de los cultivos a los diferentes tipos de clima que se pueden encontrar, basándose para ello en los límites naturales de los cultivos. La clasificación agroecológica de Papadakis se apoya en las caracterizaciones de la tabla 20 y 21.

#### Rigor de invierno

Para determinar este parámetro se han tomado diversos cultivos de referencia, teniendo en cuenta sus necesidades térmicas y su respuesta a las heladas.

Tabla 19 Clasificación agroecológica de invierno Papadakis. Fuente: Gobierno de Navarra

<b>Ecuatorial (Ec)</b>	No existen heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío es superior a 18 °C.
<b>Tropical (Tp)</b>	No existen heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío varía entre 8 y 18 °C.
<b>Citrus (Ci)</b>	Hay heladas y la temperatura media de las mínimas del mes más frío varía entre -2.5 y 7 °C.
<b>Avena (Av)</b>	Corresponde a una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, variable entre -10 y -2.5 °C.
<b>Triticum (Ti)</b>	La temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío varía entre -10 y -29 °C.
<b>Primavera (Pr)</b>	La temperatura de las mínimas absolutas del mes más frío es inferior a -29 °C.

Como la temperatura media de las mínimas del mes más frío (enero) para este clima es -5,25°C, la zona de estudio se encuentra en el rango Avena (av).

## Rigor de verano

Tabla 20 Clasificación agroecológica de verano de Papadakis. Fuente: Gobierno de Navarra

<b>Algodón (G):</b>	Periodo libre de heladas superior a 4,5 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido superior a 25 °C.
<b>Cafeto (C)</b>	Ausencia total de heladas. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido superior a 21 °C
<b>Arroz (O)</b>	Periodo libre de heladas superior a 4 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido superior a 21-25 °C.
<b>Maíz (M)</b>	Periodo libre de heladas superior a 4.5 meses. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido superior a 21 °C.
<b>Triticum (T)</b>	periodo libre de heladas superior a 4.5 meses (Triticum cálido) o a 2.5 meses (Triticum menos cálido) y la temperatura media de las máximas del semestre más cálido inferior a 21 °C
<b>Polar cálido (P)</b>	periodo libre de heladas inferior a 2.5 meses y la temperatura media de las máximas de los cuatro meses más calurosos superior a 10 °C

Como la temporada libre de heladas es superior a 4,5 meses y la temperatura media de las máximas del semestre más cálido (mayo-octubre) es 35,5°C el clima está en la zona Maíz (M).

### Régimen térmico:

Al combinar el tipo obtenido en invierno y el de verano obtenemos una descripción AvM lo que corresponde a un tipo de clima templado y cálido.

### Régimen hídrico:

Este clima no responde a ninguna de las definiciones, ni húmedo, ni mediterráneo, ni desértico, ni monzónico. Por lo que se ve englobado dentro de la clasificación como isohigro semiárido (Si) porque además las precipitaciones en primavera no llegan a cubrir el 50% de la evapotranspiración potencial.

## 10 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL O DE REFERENCIA

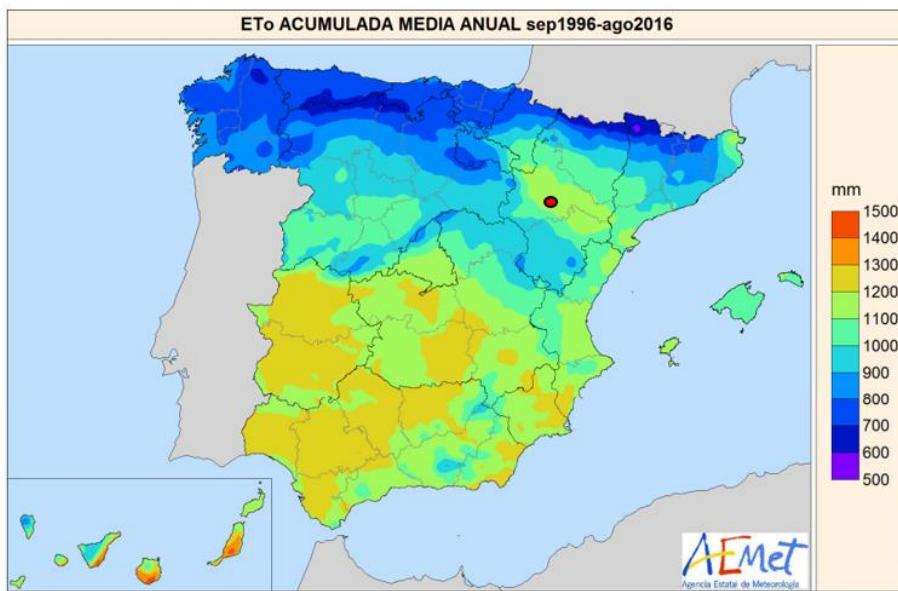
El Instituto Geográfico Nacional define la evapotranspiración como la combinación de las pérdidas físicas, que son la evaporación, y las pérdidas biológicas, que son la transpiración de las plantas, del suelo en forma de vapor de agua. Esta medida se expresa en milímetros por unidad de tiempo y está influenciada por factores climáticos y del suelo.

La evapotranspiración de referencia se utiliza como un indicador de la humedad o aridez climática. Su estimación se realiza mediante la expresión de Penman-Monteith, utilizando datos recopilados del Sistema de Información Agroclimática Regional (SIAR).

*Tabla 21 Valores de evapotranspiración de referencia. Fuente: SIAR*

Eto (mm/mes)			
ENERO	39,1	JULIO	158,83
FEBRERO	36,1	AGOSTO	92,16
MARZO	99,34	SEPTIEMBRE	70,19
ABRIL	116,16	OCTUBRE	47,74
MAYO	138,29	NOVIEMBRE	28,9
JUNIO	133,74	DICIEMBRE	28,69
TOTAL	1129 mm/año		

Según datos históricos del IGN la evapotranspiración que se supone para la zona de Almonacid de la Sierra son 1100 mm anuales, la evapotranspiración media son 1129 mm anuales (Tabla 22). Dato que se ajusta a la serie histórica propuesta por el Atlas Climático Estatal en la zona de estudio, véase el Mapa 5, en el cual para la zona de Almonacid de la Sierra, señalada con un punto rojo se da una evapotranspiración de entre 1100 mm y 1200 mm.



## 10.1 Evapotranspiración del cultivo

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo se precisaran de además de los valores obtenidos en la tabla 22, los valores de coeficiente del cultivo (kc) que son diferentes para cada mes en función del estado fenológico en el que se encuentra el árbol. En este caso calcularemos siguiendo el Kc del ciruelo ya que se pretende que este sea el cultivo a implantar.

$$ETc = Kc \cdot ETo$$

ETc = evapotranspiración del cultivo

Kc = coeficiente del cultivo

ETo = evapotranspiración de referencia

*Tabla 22 Valores de ETc calculados para el ciruelo. Fuente: Elaboración propia.*

MES	ET <sub>0</sub> (mm/mes)	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mes)
ENERO	50,22	0,00	0,0
FEBRERO	57,68	0,00	0,0
MARZO	93,31	0,60	56,0
ABRIL	114	0,75	85,5
MAYO	146,01	0,90	131,4
JUNIO	166,5	1,10	183,2
JULIO	204,6	1,00	204,6
AGOSTO	175,15	0,95	166,4
SEPTIEMBRE	118,2	0,75	88,7
OCTUBRE	93,31	0,60	56,0
NOVIEMBRE	63,6	0,50	31,8
DICIEMBRE	41,23	0,00	0,0

Como se puede observar en la tabla 23 la evapotranspiración del cultivo varía según la climatología y su estado fenológico (en los meses en los que el árbol está en fase de dormancia se asume que K<sub>c</sub> es cero) variando la cantidad de mm que evapotranspira desde 56 mm/mes en marzo hasta un máximo de 204,6 mm/mes en julio y comenzar a descender estos valores hasta noviembre, mes en el que evaporaría 31,8 mm. Siendo el valor total del ciclo vegetativo de 1003,5mm. Este cálculo se volverá a mencionar más detalladamente en el anexo del diseño agronómico donde se estudiarán las necesidades hídricas de la plantación.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Estatal de Meteorología. (2015). *Mapas de riesgo 2002-2012.* [https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas\\_climatico/Mapas\\_de\\_riesgo\\_2002-2012\\_WEB.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_climatico/Mapas_de_riesgo_2002-2012_WEB.pdf)
- Chazarra Bernabé, A., Flórez García, E., Peraza Sánchez, B., Tohá Rebull, T., Lorenzo Mariño, B., Criado Pinto, E., Moreno García, J. V., Romero Fresneda, R., & Botez Fullat, R. (2018). *Mapas climáticos de España (1981-2010) y ET<sub>0</sub> (1996-2016)*. Agencia Estatal de Meteorología.
- Díaz. A. (2019). Clima y biogeografía. Biogeografía. <https://biogeografia.net/bioclima03.html>
- Gobierno de Navarra. (s. f.). *Definiciones del clima según la clasificación de Köppen.* <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm>
- Gobierno de Navarra. (s. f.). *Definiciones del clima según Papadakis.* <http://meteo.navarra.es/definiciones/papadakis.cfm>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s. f.). *Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR).* <https://servicio.mapa.gob.es/websiar/>

---

# **ANEJO 3**

# **ESTUDIO EDAFOLÓGICO**

---

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO.....	3
2.1	Muestreo.....	3
3	RESULTADOS OBTENIDOS .....	4
3.1	Caracteres físicos.....	4
3.2	Caracteres químicos .....	5
3.3	Relaciones suelo-agua .....	5
4	ESTUDIO DEL ANÁLISIS.....	7
4.1	Textura .....	7
4.2	Estructura .....	7
4.3	Permeabilidad.....	8
4.4	Relación c/n.....	8
4.5	Alcalinidad .....	9
4.6	Salinidad.....	9
4.7	Fertilidad .....	10
5	CONCLUSIONES .....	13
6	BIBLIOGRAFÍA.....	14

## 1 INTRODUCCIÓN

La palabra edafología proviene del griego y es una rama de la ciencia que estudia diferentes cualidades del suelo, como su composición y naturaleza además de buscar una relación de este con las plantas y los organismos que interfieren o viven en él.

Como suelo se entiende a la parte más superficial de la corteza terrestre que se ha formado por la alteración de rocas (física o químicamente) y de los residuos o restos de los seres vivos que realizan actividades en él. En el caso de la agricultura, ámbito al que está referido este trabajo, el suelo se estudia enfocándose en sus características físicas y su composición pero más concretamente en cómo estas peculiaridades que diferencian a un suelo de otro tienen una relación directa con los cultivos que lo utilizan como soporte, nutriéndose e interactuando con él.

El uso del suelo como recurso productivo, en él se encontraran los nutrientes y agua necesarios para los cultivos, requiere conocer muy bien sus condiciones de fertilidad y sobre todo antes de realizar la plantación ya que así se podrán corregir sus carencias a posteriori, o evitar realizar cultivos en zonas infértilles.

A continuación se realizara un estudio edafológico que aportara información sobre el suelo que se encuentra en la parcela de estudio, y los posibles ajustes que se deban realizar en él.

## 2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

### 2.1 Muestreo

Para la recogida eficaz y útil de las muestras se ha decidido dividir la parcela en dos sectores que responden a diferencias visuales del suelo, en el Sector 2 se ha observado a simple vista un color más rojizo y mayor número de elementos gruesos en superficie en comparación con el sector 1, por ello en cada uno de estos sectores se tomaran muestras diferentes, a varias alturas, la primera se cogerá entre 0-35 cm y la segunda de 35 a 65 cm de profundidad. Este proceso se realizara un total de cinco veces en cada sector para así conseguir una comparativa y unos datos lo más próximos a la realidad. La distribución de los puntos de muestreo se indica en la figura 1. Se pretende de esta manera conocer cuáles son las características físico químicas del suelo (Tabla 1 y Tabla 2), además de tener la

información suficiente para decidir si el manejo ha de ser igual en los dos sectores pese a que a simple vista parecen distintos.



Figura 1 Sectores y puntos en los que se cogieron muestra. Fuente: elaboración propia.

### 3 RESULTADOS OBTENIDOS

#### 3.1 Caracteres físicos

Tabla 1 Caracteres físicos, estudio edafológico. Fuente: Analítica del muestreo.

Granulometría	Sector 1 (0-35cm)	Sector 1 (35-65cm)	Sector 2 (0-35cm)	Sector 2 (35-65cm)
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,27	1,33	1,25	1,31
Elementos gruesos (>2mm) En % del total del suelo	41%	35%	42%	32%
Arena total (2-0,05mm)	43,27	42,12	40,73	39,97
Limo grueso (0,05-0,02mm)	12,43	13,65	9,44	10,72
Limo fino (0,02-0,002mm)	17,84	14,18	19,86	17,42
Arcilla (<0,002mm)	26,46	30,05	29,97	31,89

## 3.2 Caracteres químicos

Tabla 2 Caracteres químicos, estudio edafológico Fuente: Analítica del muestreo.

Fertilidad	Sector 1 (0-35cm)	Sector 1 (35-65cm)	Sector 2 (0-35cm)	Sector 2 (35-65cm)
pH al agua 1:2,5 por potenciómetro	8,15	8,14	8,05	8,1
Relación C/N	7,2	7,5	6,9	8
Prueba previa de salinidad (C.E. 1:5 a 25°C) por electrometría (dS/m)	0,4	0,4	0,3	0,4
Materia orgánica oxidable por espectrofotometría (g/100g)	1,81	1,65	1,78	1,57
Fósforo soluble en bicarbonato sódico (Olsen) por espectrofotometría (mg/kg)	27	19	33	35
Potasio (Extracto acetato amónico) por ICP-OES (mg/kg)	245	230	171	163
Nitrógeno en forma de nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) por espectrofotometría (mg/kg)	24	16	18	23
Carbonato cálcico equivalente por volumetría (g/100g)	14,4	15,1	16,8	16,1
Caliza activa por volumetría (g/100g)	4,2	4,5	5,1	4,8
Magnesio (extracto acetato amónico) por ICP-OES (mg/kg)	220	280	310	340
Hierro (extraído con EDTA) (mg/kg)	4,26	4,73	5,82	5,41
Cobre (extraído con EDTA) (mg/kg)	3,62	2,71	5,77	3,86
Manganese (extraído con EDTA) (mg/kg)	4,58	3,87	4,25	4,08
Zinc (extraído con EDTA) (mg/kg)	1,21	0,97	3,56	3,32

## 3.3 Relaciones suelo-agua

### - Capacidad de campo (CC)

La capacidad de campo es un estado del suelo que se puede definir como el punto en el que se encuentra un suelo cuando sus poros pequeños están llenos de agua, tiene todas sus reservas de agua completas que tras haber sido regado en exceso o haber llovido copiosamente y ha pasado el tiempo necesario para que se elimine el agua sobrante por gravedad. Esta se puede afirmar que es la situación más favorable para los cultivos.

En los suelos de textura media la capacidad de campo se puede igualar a la humedad equivalente. Según la fórmula de Peele y Briggs, véase aplicada en la Tabla 3.

$$CC = 0,48 \times \text{arcilla} + 0,162 \times \text{limo} + 0,023 \times \text{arena} + 2,62$$

Tabla 3 Capacidad de campo de las muestras tomadas. Fuente: Analítica del muestreo.

Capacidad de campo (%)	Sector 1 (0-35cm)	Sector 1 (35-65cm)	Sector 2 (0-35cm)	Sector 2 (35-65cm)
	21,2	22,5	22,7	23,4
	21,9		23,0	

Según los valores propuestos por la FAO como el suelo estudiado, tanto el del sector 1 como el del sector 2 son superiores al 20% pero inferiores al 30%, están dentro de la definición de suelos con una capacidad de campo media.

- **Punto de marchitez permanente (PMP)**

Para definir este concepto hace falta entender bien que no toda el agua que se encuentra en el suelo está disponible para las plantas. El punto de marchitez se alcanza cuando la planta ya no puede absorber el agua que se encuentra en el suelo ya que únicamente queda la que está retenida fuertemente y esta planta comienza a marchitar irreversiblemente. Para calcular cual es este punto (porcentaje de agua no disponible para las plantas) se sigue la fórmula de Peele y Briggs, véase en la Tabla 4.

$$PMP = 0,302 \times \text{arcilla} + 0,102 \times \text{limo} + 0,0147 \times \text{arena}$$

Tabla 4 Punto de marchitez permanente de las muestras tomadas. Fuente: elaboración propia.

Punto de marchitez permanente (%)	Sector 1 (0-35cm)	Sector 1 (35-65cm)	Sector 2 (0-35cm)	Sector 2 (35-65cm)
	11,7	12,5	12,6	13,1
	12,1		12,9	

- **Agua disponible**

Es el total del agua que puede ser absorbida por las raíces de las plantas, es decir es la cantidad de agua que queda tras restar el punto de marchitez permanente a la capacidad de campo, en este caso se calcula en la Tabla 5.

Tabla 5 Agua disponible en el suelo muestreado. Fuente: elaboración propia.

Agua disponible (%)	Sector 1 (0-35cm)	Sector 1 (35-65cm)	Sector 2 (0-35cm)	Sector 2 (35-65cm)
	9,5	10,0	10,1	10,3
	9,7		10,2	

## 4 ESTUDIO DEL ANÁLISIS

### 4.1 Textura

La textura es una cualidad cuantitativa que se basa en las diferentes proporciones en las que encuentran los componentes minerales del suelo para así clasificarlo. Para realizar esta clasificación se excluyen los elementos gruesos, mayores de 2mm y se utilizan solo las arenas, limos y arcillas, ordenados de mayor a menor tamaño respectivamente. (Figura 2)

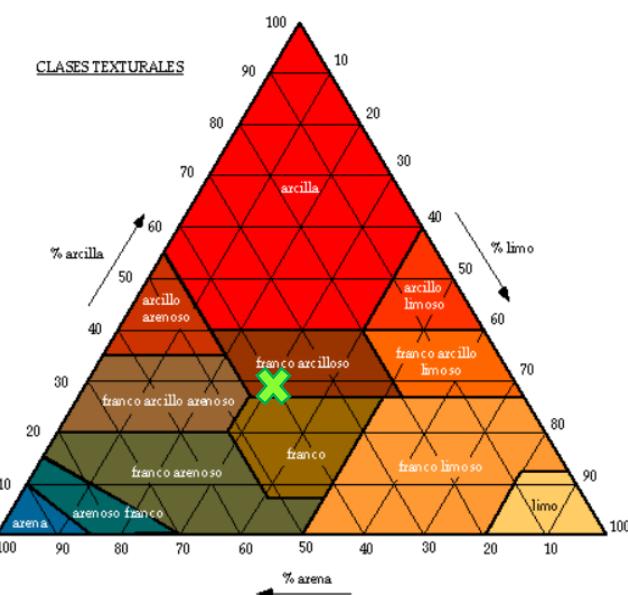


Figura 2 Triángulo textural, clasificación USDA. Fuente: Badía Villa, D.

Según la granulometría de las muestras reflejada en la Tabla 1 y aplicando la clasificación USDA las muestras responden a un suelo franco-arcilloso (señalado en la Figura 2 con una cruz verde), a excepción de los primeros centímetros del sector 1 que se encuentran entre esta textura y la franca, pero que debido a su proximidad y similitud en el resto de análisis también la describiremos dentro del grupo textural de franco-arcilloso.

### 4.2 Estructura

La estructura de un suelo responde a como están ordenadas espacialmente las partículas que lo forman influyendo en la porosidad y por ende en la infiltración, la presencia de elementos gruesos evita una compactación excesiva y facilita la infiltración, pero si hay excesivos elementos gruesos el efecto puede ser negativo, al generar grandes poros en los que el agua no se quedará retenida. En los dos sectores muestreados la presencia de elementos gruesos es adecuada y no supone problemas.

### 4.3 Permeabilidad

La permeabilidad evalúa qué tan rápido el agua puede infiltrarse en el suelo, y está influenciada por factores como la profundidad del suelo, su textura y su estructura. Cuando estos aspectos son favorables, la permeabilidad será adecuada para el crecimiento de cultivos frutales, y garantizará un drenaje interno suficiente para prevenir problemas de asfixia en las raíces. En este caso no se presentan problemas de permeabilidad pese a que la textura obtenida es franco-arcillosa al tener un gran porcentaje de elementos gruesos la permeabilidad es adecuada, también debido a la buena estructura que presenta este suelo en general.

### 4.4 Relación c/n

Este es un parámetro que sirve para describir la mineralización y humificación de la materia orgánica del suelo durante los procesos degradativos.

Tabla 6 Valores de la relación C/N en los suelos. Fuente: Castellanos, R. J. Z.

Relación C/N	Interpretación
<5	Excesiva mineralización Contenido de materia orgánica bajo Escasa fertilidad Destrucción de la micro flora y la micro fauna
5-8	Tendencia hacia la mineralización de la materia orgánica Fertilidad baja – media Puede aumentar la tasa orgánica mediante aportaciones de MO elevadas y continuadas
8-12	Equilibrio entre mineralización y humificación Fertilidad elevada Para conservar este rango es recomendable realizar aportes periódicos de MO
>12	Tendencia a la humificación Poco frecuente en suelos cultivados

Si en un suelo esta relación C/N es elevada, lo que quiere decir es que hay mucho carbono y poco nitrógeno y por lo tanto los microorganismos descomponedores carecerían de N para realizar esta acción, pudiendo darse el llamado “hambre de nitrógeno” que causaría déficits de N para los frutales haciendo bajar su producción. Los valores obtenidos en ambos sectores se encuentran entre 7-8, siendo niveles que según la Tabla 6 son ligeramente bajos pero completamente normales para los suelos cultivados, pudiéndose aumentar al añadir enmiendas con materia orgánica.

## 4.5 Alcalinidad

El riesgo de alcalinidad en el suelo viene dado por dos factores, el pH y el contenido en caliza (total y activa). En ambos sectores el pH varía entre 8 y 8,15 valores que aun encontrándose en el rango de los básicos, están dentro de los límites en los que se pueden desarrollar los frutales de hueso (6,5 y 8,5). Cuando el contenido en caliza total es superior al 10 % se recomienda realizar un análisis para determinar cuál es el porcentaje de caliza activa, ya que es esta la que puede afectar al correcto desarrollo de los cultivos. En este caso la caliza activa esta entre el 0 y 6 % por lo que no supondría problemas en la mayoría de frutales, incluyendo al ciruelo, no habría necrosis.

## 4.6 Salinidad

La salinidad es una característica del suelo que se debe tener muy en cuenta antes y durante la implantación de un cultivo en ese suelo concreto. La salinidad se mide a través de la conductividad eléctrica del extracto de saturación en dS/m, por lo que habrá que realizar la conversión adecuada, y hace referencia a la cantidad de sales en solución en un suelo. Una alta conductividad eléctrica supone una elevada salinidad, y esta elevada concentración de sales en el suelo puede suponer problemas muy importantes para todas las plantas que se nutran de este, ya que los equilibrios osmóticos raíz-suelo se podrían ver desplazados llegando a niveles insostenibles para el cultivo, pudiendo paralizar el proceso de absorción, produciendo la degradación de la planta. Cada cultivo tiene unos niveles de tolerancia, pero utilizando las Tablas 7 y 8 se puede clasificar al suelo en base a su conductividad eléctrica.

Tabla 7 Relación entre CEe y conductividad eléctrica. Fuente: Castellanos, R. J. Z.

CE (dS/m)	CEe (dS/m)
<0,15	<0,4
0,15-0,5	0,4-1,2
0,5-1	1,2-2,4
1-1,5	2,4-3,8
1,5-2	3,8-5,5
2-2,5	5,5-7,9
>2,5	>7,9

Tabla 8 Rangos de salinidad. Fuente: *Castellanos, R. J. Z.*

CEe	Observaciones
<1	Suelo libre de sales. No existe restricción para ningún cultivo
1-2	Suelo muy bajo en sales. Algunos cultivos muy sensibles pueden ver restringidos sus rendimientos
2-4	Suelo moderadamente salino. Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en su rendimiento
4-8	Suelo salino. El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad
8-16	Suelo altamente salino. Solo los cultivos muy resistentes
>16	Suelo extremadamente salino. Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos

Los valores máximos obtenidos de conductividad eléctrica tanto en un sector como en otro son de 0,4 por lo que corresponderían al rango de 0,4-1,2 de CEe cuya interpretación en la Tabla 8 nos indica que es un suelo libre de sales y que no existe restricción para ningún cultivo.

#### 4.7 Fertilidad

Se analizaran ahora los valores obtenidos del análisis relativos a los elementos fertilizantes del suelo estudiado, comenzando por la materia orgánica presente en el suelo ya que aunque no sea un elemento fertilizante como tal su presencia mejora la formación de estructuras de retención de estos nutrientes en el suelo, y además su degradación y mineralización tiene como producto distintos nutrientes para los cultivos.

El contenido en M.O. por lo general en cualquier suelo es más elevado en los primeros centímetros de este y va disminuyendo a medida que se va profundizando. Normalmente

Los suelos agrícolas en climas áridos suelen ser deficitarios en este parámetro ya que el aporte de materia orgánica al suelo de manera natural es escaso y a menudo es menor la materia aportada que la mineralizada, contando además con que en los suelos agrícolas existe una exportación del material que crece en ella, a diferencia por ejemplo de los suelos de bosques. Para saber en qué punto de materia orgánica esta nuestro suelo y cuál sería el aporte necesario en función del cultivo que se va a realizar se han seguido las indicaciones de la Tabla 9.

Tabla 9 Rangos y recomendaciones de contenido en M.O. en cultivos en España. Fuente: Calvo, 2017.

Tipo de cultivo	Contenido medio	Elevar hasta
Secanos en Centro y Sur	Menos de 1%	0,02
Secanos del Norte	Más del 2%	-
Regadío extensivo	Alrededor de 2%	0,03
Regadío intensivo	Alrededor de 3%	0,04
Pastos del norte de la península o zonas de montaña	Más del 4%	-

En las muestras tomadas para ambos sectores la primera capa del suelo (primeros 30cm) es bastante uniforme en contenido de materia orgánica, encontrándose ambos sectores en niveles de 1,8%, valor que al compararse con el 3% estimado para los regadíos intensivos se queda un poco corto y todavía más del 4% hasta el cual se recomendaría elevar, pero que para los suelos de la zona y las exportaciones continuas de material vegetal que ha tenido la parcela estudiada los últimos años (cultivo de varios ciclos de cereal y hortícolas) no son más bajos de los normales. Pese a esto y para mejorar las características productivas y estructurales de la parcela se realizaran enmiendas de estiércol antes de la plantación y mezclándolo bien con la tierra para que así se incorpore con rapidez y eficacia.

Se estudiaran ahora los valores obtenidos en los principales nutrientes cuya carencia o exceso supondría un grave problema para ya no la productividad, sino para la salud de los frutales, hablamos del nitrógeno (N), el fosforo (P), y el potasio (K). La presencia de estos elementos está condicionada por varios factores, como una buena estructuración del suelo, cuestión que se intenta solucionar con ese aporte antes mencionado de estiércol buscando elevar el contenido en materia orgánica del suelo. El manejo del suelo y de los restos vegetales también tendrá cierta influencia en la presencia o deficiencia de estos elementos y sobre todo las técnicas agrícolas de fertilización mineral u orgánica que se lleven a cabo en la explotación.

Para asegurar una buena posición de partida del suelo de cara a realizar una nueva plantación se seguirán los modelos y recomendaciones descritos en las Tablas 10 y 11.

Una vez se entre en producción habrá que calcular anualmente las aportaciones necesarias de macro y micronutrientes.

Tabla 10 Niveles de P en el suelo. *Fuente: Calvo, 2017.*

Niveles de P (Olsen) al suelo, en ppm	Interpretación
<12	Bajo
12-24	Medio
24-36	Óptimo
36-80	Alto
>80	Muy alto

En el caso del fósforo, en el sector 1 los niveles se encuentran en los 23ppm por lo que estaría en un rango medio-optimo, el sector dos destaca por su contenido en P contando con 34ppm entrando en el rango de presencia optima de este nutriente, no haría falta realizar abonado.

Tabla 11 Niveles de K en suelo. *Fuente: Calvo, 2017.*

Niveles de K al suelo (ppm)	Interpretación
<125	Bajo
125-175	Medio
175-250	Óptimo
250-350	Alto
>350	Muy alto

El potasio es un elemento que no interesa tener en niveles ni muy bajos ni excesivamente elevados ya que está relacionado con los niveles de azúcares en el fruto, por lo que si este está en concentraciones muy altas puede ocasionar problemas como la podredumbre en los frutos. En el caso de nuestra parcela, en el sector 1 partimos con niveles de 237ppm de dicho elemento lo que lo sitúa en un rango óptimo, mientras que el sector 2 cuenta con 167ppm bastante por debajo en comparación al anterior, pero pese a ello se encuentra en un rango medio, cerca del óptimo, por lo que no habría que realizar abonado en un principio.

En cuanto al nitrógeno se recomiendan valores que ronden las 20ppm de N-NO<sub>3</sub> (nitrato asimilable), cuando el valor esté por encima de este no sería necesario realizar aportaciones, mientras que si se encuentra por debajo se recomendaría algún aporte hasta

alcanzarlo. En ambos sectores tenemos valores medios de en torno a 20,5ppm de nitratos, aunque hay diferencias según la profundidad muestreada estos se encuentran al alcance de las raíces del árbol. Por lo que por el momento no serían necesarios los aportes de nitrógeno, además la enmienda que se realice con estiércol para aumentar la M.O. también aumentara los niveles de nitratos, mejorando su presencia.

## 5 CONCLUSIONES

Los suelos muestreados de ambos sectores no han presentado diferencias importantes, en general son ligeramente básicos con tendencia alcalina y con un contenido en caliza destacable pero cuya caliza activa no supera los límites de peligrosidad para los cultivos. La textura es franco-arcillosa y presenta una notable deficiencia en materia orgánica que se buscara solventar con aportes de estiércol para así mejorar sus cualidades para la agricultura. Según la Figura 3 el suelo donde se encuentra la parcela coincide con un xerosol cálcico, que destaca por tener un horizonte calcáreo pudiendo estar formado por arcillas calcáreas. Este suelo se puede encontrar en el Valle del Ebro en climas áridos.

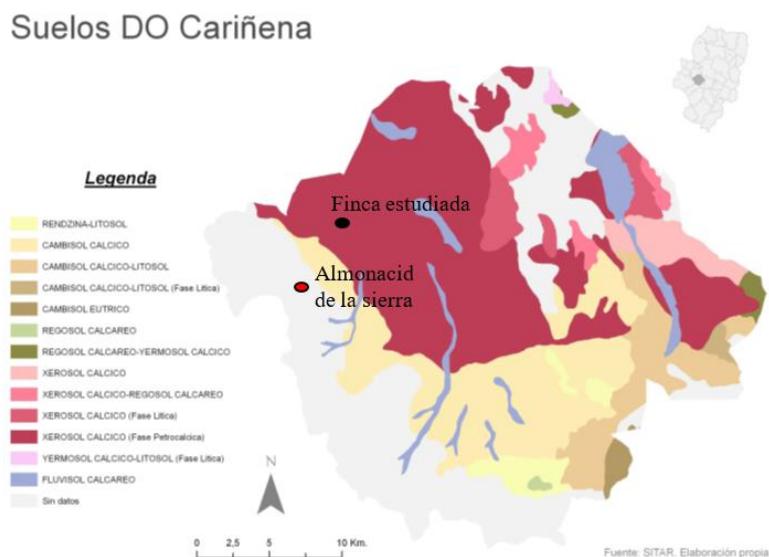


Figura 3 Suelos de la DO Cariñena. Fuente: *El Vino de las Piedras*.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Badía Villa, D. (2023-2024). *Temario de la asignatura Edafología Aplicada*. Universidad Politécnica Superior de Huesca.
- Calvo, A. (2017, 14 de diciembre). *Análisis de suelos agrícolas*. Agroptima. <https://www.agroptima.com/es/blog/analisis-de-suelos-agricolas>
- Castellanos, R. J. Z. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. Ed. Intagri.
- El Vino de las Piedras. (s. f.). *Dossier: El vino de las piedras* (p. 194). [https://elvinodelaspiedras.es/\\_archivos/\\_ficheros/\\_dossieres\\_194.pdf](https://elvinodelaspiedras.es/_archivos/_ficheros/_dossieres_194.pdf)
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (1993). *Sistemas de siembra directa: Perspectivas de futuro* (Hoja divulgadora No. 5). [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1993\\_05.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf)

---

**ANEJO 4**

**ESTUDIO DE LA**

**CALIDAD DEL AGUA**

---

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	ANÁLISIS AGUA DE RIEGO .....	3
3	ÍNDICES DE PRIMER GRADO.....	5
3.1	pH.....	5
3.2	Conductividad eléctrica .....	5
3.3	Contenido total de sales .....	5
4	IONES PRESENTES EN EL AGUA .....	6
4.1	Aniones .....	6
4.2	Cationes .....	7
5	ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO .....	8
5.1	Relación de adsorción de sodio (SAR) .....	8
5.2	Relación de calcio .....	9
5.3	Relación de sodio.....	9
5.4	Dureza del agua .....	9
5.5	Índice de Langelier .....	10
6	CLASIFICACIÓN DEL AGUA .....	11
6.1	Norma de Riverside .....	11
6.2	Norma de H. Greene .....	11
6.3	Norma de Pilcos.....	12
7	CONCLUSIONES .....	13
8	BIBLIOGRAFÍA.....	14

## **1 INTRODUCCIÓN**

La puesta en regadío de una parcela hace que sea necesario un análisis del agua con la que se va a regar para conocer sus principales cualidades y características, pudiendo así calcular las dosis de fertilización óptimas para el cultivo o la dosis de riego en relación a las necesidades hídricas, además de evitar posibles problemas en el suelo causados por el uso de agua contaminada o de mala calidad en el riego.

Se seguirán los métodos comúnmente utilizados para conseguir un criterio adecuado sobre la calidad del agua, sobre todo relacionando esta calidad con el contenido en sales, aunque también hay otras sustancias cuya presencia es de vital influencia en los parámetros de calidad del agua.

Principalmente se siguen dos criterios para evaluar y clasificar un agua de riego, el primero es que esta cumpla sus funciones básicas hacia la planta o cultivo que va a ser irrigado mientras que el segundo tiene relación con el suelo, se busca que el agua no produzca efectos perjudiciales en él ya que supondría una degradación y una pérdida de productividad de la superficie cultivada.

## **2 ANÁLISIS AGUA DE RIEGO**

En la explotación se cuenta con un único pozo con el que se pretende regar toda la superficie cultivada, es de este del cual se han tomado los análisis de agua.

Esta zona está en riesgo de contaminación por nitratos según informa la Confederación Hidrográfica del Ebro, véase la Figura 1, donde el punto morado es la parcela estudiada.

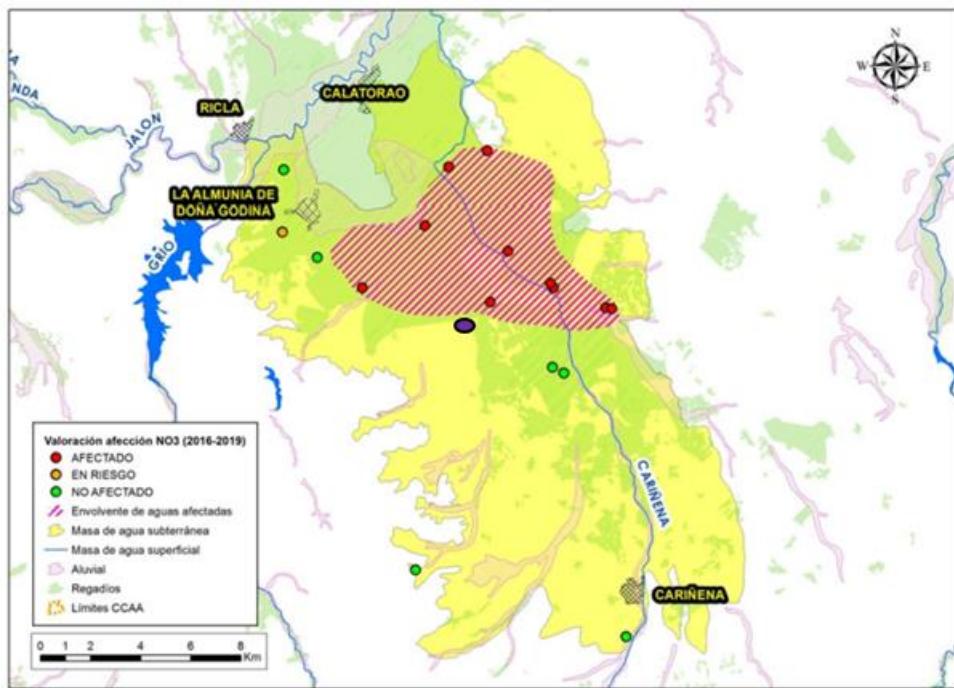


Figura 1 Delimitación de la envolvente de aguas afectadas o en riesgo de contaminación por nitratos de origen agrario en la masa de agua subterránea 076 - Pliocuaternario de Afamen. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, & Confederación Hidrográfica del Ebro.

Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 1:

Tabla 1 Datos análisis agua de riego. Fuente: Análisis químico de las muestras de agua tomadas.

SALINIDAD	
Conductividad eléctrica dS/m a 25ºC	1,24
ANIONES	
Bicarbonatos meq/L ( $HCO_3^-$ )	3,71
Cloruros meq/L ( $Cl^-$ )	1,25
Sulfatos meq/L ( $SO_4^{2-}$ )	1,59
CATIONES	
Calcio meq/L	5,02
Magnesio meq/L	5,93
Sodio meq/L	2,15
Potasio meq/L	0,17
CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS	
Reacción pH	7,72
ÍNDICES	
pH calculado	6,89
Relación de adsorción de sodio (S.A.R.)	0,91
S.A.R. Ajustado	2,51
Dureza total	26
Índice de Langelier	0,46
NUTRIENTES	
Nitratos mg/L ( $NO_3^-$ )	2,1

### 3 ÍNDICES DE PRIMER GRADO

#### 3.1 pH

El intervalo óptimo de pH para el agua que se utiliza para regar cultivos depende en gran parte del cultivo que se vaya a implantar, pero por lo general un pH aceptable para el agua de riego es aquel que se encuentra entre 6,5 y 8. En el caso del agua extraída del pozo, con la cual se va a regar la plantación, presenta un pH de 6,89 por lo que está dentro del rango fijado, además con una cierta tendencia acida, lo cual suele ser beneficioso para muchos cultivos.

#### 3.2 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es una medida que se basa en la capacidad del agua para dejar pasar una corriente eléctrica, va relacionada a la concentración de iones disueltos en ella. En el caso del agua analizada en la finca se ha obtenido un valor de 1,24 dS/m a 25°C lo que se considera un valor normal y aceptable para aguas de riego, cuyo rango no problemático es de entre 0,5 y 3 dS/m.

#### 3.3 Contenido total de sales

Las sales disueltas en el agua aumentan su potencial osmótico y si este es demasiado elevado puede provocar serios problemas ya que a partir de ciertas concentraciones de sales se inhiben las capacidades de absorción de las plantas provocando estrés hídrico lo que acarrea pérdidas importantes de producción. La relación entre la conductividad eléctrica y la cantidad de sales disueltas en agua, para aguas en las que mayoritariamente encontramos NaCl, es la siguiente:

$$\text{Contenido en sales} = CE \times 0,64$$

Teniendo en cuenta los datos tomados:

$$\text{Contenido en sales} = 1,24 \text{ ds/m} \times 0,64 = 0,7936 \text{ g/L}$$

Según la Tabla 2 la muestra estudiada se clasifica como agua de riego de calidad media.

Tabla 2 Relación del contenido en sales con la calidad del agua. Fuente: Orihuela Calvo, D. L. et al.

Contenido en sales (g/L)	Calidad
<0,45	Buena
0,45-2	Media
>2	Mala

## 4 IONES PRESENTES EN EL AGUA

### 4.1 Aniones

- Bicarbonatos

La presencia de bicarbonatos en el agua de riego es muy común y sobre todo si esta proviene de fuentes subterráneas. Estos se encuentran en forma iónica, representados químicamente como  $HCO_3^-$ . Es importante entender que los bicarbonatos pueden ser beneficiosos ya que en ocasiones pueden actuar como amortiguadores del pH siempre que se encuentren en cantidades moderadas, de lo contrario, si están en exceso, pueden aumentarlo afectando a la disponibilidad de nutrientes para el cultivo. También en ocasiones estos bicarbonatos pueden formar carbonatos insolubles al combinarse con calcio y magnesio causando problemas de salinidad en el suelo.

Según la FAO, los valores de bicarbonatos considerados normales para el agua de riego pueden variar entre 0 y 10 meq/L por lo que el agua con la que se va a regar la explotación al tener un valor de 3,71 meq/L se considera que tiene un valor aceptable.

- Cloruros

El ion cloruro expresado químicamente como  $Cl^-$ , es muy susceptible de causar fitotoxicidad en el medio ya que tiene la cualidad de ser muy móvil tanto en el suelo como en la planta. Algunos de los problemas que puede causar son las reducciones en el crecimiento esperado del cultivo o el impedimento de absorción de nitratos, además si se encuentra en cantidades elevadas superiores a 4 meq/L puede llegar a producir necrosis en las hojas, acarreando menor eficiencia fotosintética (FAO, 2018).

En el caso del agua de riego muestreada en la explotación el contenido en cloruros es de 1,25 meq/L, por lo que no existen problemas de toxicidad.

- Sulfatos

Expresados químicamente como  $SO_4^{2-}$ , una alta concentración de estos aniones puede inhibir la absorción de calcio y favorecer la de sodio. Como el agua de riego analizada para esta plantación cuenta con un contenido en sulfatos inferior a 2 meq/L se considera que no este anión no supondrá futuros problemas.

- Nitratos

Los nitratos, cuya fórmula química se expresa como  $NO_3^-$  son esenciales para el correcto desarrollo de los cultivos, siendo esta una de las principales formas por la cual el nitrógeno es absorbido por las plantas. Lo que no quita que un exceso de ellos pueda generar problemas en las plantas, ya que un exceso de abonado de nitrógeno supondría un crecimiento exagerado haciendo la planta más susceptible a ciertas enfermedades o plagas, y por otra parte al ser un elemento que no interacciona con las arcillas es fácil su lavado y que este se acumule por ejemplo en capas freáticas, ríos o embalses produciendo toxicidades y serios problemas ambientales. Por ello interesa conocer la cantidad de nitratos que aporta esta agua de riego y así planificar posteriormente la fertilización teniendo esto en cuenta. En el caso del agua de nuestra parcela se han encontrado valores de nitratos en el agua de 2,1 mg/l, dato que se corresponde a lo esperado en una zona de riesgo por presencia de nitratos como es el acueducto pliocuaternario de Afamen, véase la Figura 1, donde la parcela de estudio se encuentra en la zona de riesgo moderado.

## 4.2 Cationes

- Calcio

Concentraciones elevadas de calcio puede inhibir la absorción de calcio por los cultivos, mientras que si por el contrario este no estuviera en cantidades suficientes en el agua de riego esta no se infiltraría con la velocidad adecuada, pudiendo no proporcionarse el agua para el cultivo todo lo rápido que debiera. Un rango aceptable de calcio para el agua de riego son entre 2 y 6 meq/L, estando el agua analizada cerca del límite superior de este (5,02 meq/L) pero dentro del intervalo por lo que no supondría un problema.

- Magnesio

El magnesio es un macronutriente secundario del cual las plantas no necesitan grandes aportes, por lo que no se suelen presentar carencias. Su presencia en exceso puede bloquear la absorción de otros elementos como el calcio o el potasio por lo que se

recomienda no regar con aguas con concentraciones superiores a 12 meq/L, valor que no alcanza la muestra tomada ya que esta tiene 5,93 meq/L de magnesio, no supondría un problema su uso.

- Sodio

El sodio si está presente en altas concentraciones en el agua de riego puede ser un problema importante ya que si es predominante en el complejo de cambio es capaz de desplazar a otros nutrientes como el calcio o el magnesio. Otros efectos desfavorables que genera el sodio son derivados de su acción osmótica y el incremento que produce en el SAR. Para evaluar el efecto del sodio se puede utilizar el método de la relación de cationes de sodio, magnesio y calcio, que permite estimar el posible riesgo de alcalinización, método que se expondrá mas adelante, cuyo resultado es que el agua tiene una muy baja alcalinidad, por lo que es óptima para el riego.

- Potasio

Suelen ser raras las ocasiones en las que hay excesiva concentración de potasio en las aguas de riego, pero pese a ello hay que procurar que los niveles de este elemento no sean demasiado elevados ya que un exceso de potasio puede producir marchitamiento en las hojas de los cultivos, además en el suelo pueden inhibir la disponibilidad de otros nutrientes o favorecer la acumulación de sales. En el caso del agua muestreada la cantidad de potasio es de 0,17 meq/L, valor que se encuentra dentro del rango dado para un buen agua de riego, siendo este entre 0 y 2 meq/L, por lo que no existe ningún problema.

## 5 ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO

### 5.1 Relación de adsorción de sodio (SAR)

Este índice (SAR) hace referencia a la concentración de iones sodio, iones calcio e iones magnesio disueltos en el agua de riego, según la relación en la que se encuentren estos iones el porcentaje de alcalinidad del agua subirá o descenderá, según la fórmula que se utiliza para calcularlo:

$$RNa^+ = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} = \frac{2,15}{\sqrt{\frac{5,02 + 5,93}{2}}} = 0,91$$

Al ser un valor tan sumamente bajo se considera un agua óptima para el riego y con baja alcalinidad.

Como normalmente el SAR calcula valores muy bajos lo que se hace es obtener el SAR ajustado que pretende expresar resultados más cercanos a la realidad al tener en cuenta elementos como  $CO_3^{2-}$  y  $HCO_3^-$ , ascendiendo en este caso hasta un 2,51.

## 5.2 Relación de calcio

La relación de calcio (RC) es un índice expresado como porcentaje, que se encarga de indicar la proporción del contenido de calcio con respecto al resto de cationes, como se observa a continuación:

$$RC = \frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + Na^+ + Mg^{2+}} = \frac{5,02}{5,02 + 2,15 + 5,93} = 0,38 \frac{meq}{l}$$

El límite inferior que se establece para la relación de calcio es del 35%, el valor obtenido es de 38% por lo que el agua estudiada es buena para el riego.

## 5.3 Relación de sodio

La relación de sodio (RS) busca expresar la cantidad de sodio que hay en el agua en relación a otros cationes utilizando la siguiente formula:

$$RS = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Na^+ + Mg^{2+}} = \frac{2,15}{5,02 + 2,15 + 5,93} = 0,16 \frac{meq}{l} = 0,0037 \frac{g}{l}$$

Se sabe que en concentraciones superiores a 0,3 g/l se pueden dar toxicidades importantes y como el valor obtenido se encuentra muy por debajo de este límite se considera que el agua tiene condiciones óptimas para el riego.

## 5.4 Dureza del agua

Este es un índice importante en lo que a aguas de consumo humano se refiere, también es esencial conocerlo en el ámbito de la agricultura ya que nos muestra la concentración de minerales disueltos como el calcio y el magnesio, esta información es crucial para evitarles problemas a los cultivos y también evitar que el agua interfiera en la eficacia de ciertos fertilizantes. Como es un dato que se ha facilitado en el análisis no tenemos que calcularlo, pero si contrastarlo.

Tabla 3 Valores de la dureza del agua. Fuente: Orihuela Calvo, D. L. et al.

Tipo de agua	Grados hidrométricos franceses
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

Según observamos en la Tabla 3 el agua con el que estamos trabajando al tener 26 grados hidrométricos franceses respondería a la definición de agua medianamente dura, que no supone riesgo ni restricciones en los usos de agricultura.

## 5.5 Índice de Langelier

El Índice de Langelier es una medida utilizada para evaluar el equilibrio de calcio y carbonato de calcio en el agua. La importancia de este índice reside en que si este es negativo se puede dar una corrosión por falta de carbonato de calcio, pero si es positivo el problema que aparece es la formación de incrustaciones que taponan las tuberías. Es por ello que se buscan valores cercanos al cero. Se calcula basándose en algunos parámetros del agua, como el pH, la alcalinidad, la temperatura o la dureza total. En este caso el análisis de agua nos lo ha facilitado directamente teniendo un valor de 0,46, que tras comprobar en la Tabla 4 vemos que supone un riesgo medio, en este caso al ser positivo, de obstrucción de las tuberías.

Tabla 4 Riesgos de obstrucción según el Índice de Langelier. Fuente: Orihuela Calvo, D. L. et al.

Índice de Langelier	IL riesgo
<0	Ninguno
0	Pequeño
0-0,5	Medio
0,5-1	Alto
>1	Muy alto

## 6 CLASIFICACIÓN DEL AGUA

Existen diversos criterios para juzgar la calidad del agua que se pretende utilizar. A continuación se van a obtener e interpretar algunos de los más aceptados y utilizados en el caso de las aguas para riego.

### 6.1 Norma de Riverside

Se fundamenta en la combinación de la conductividad eléctrica y el SAR y según estos dos índices se establecen una serie de clases de aguas en función del riesgo de alcalinización y salinización que presentan. Véase en la Figura 2.

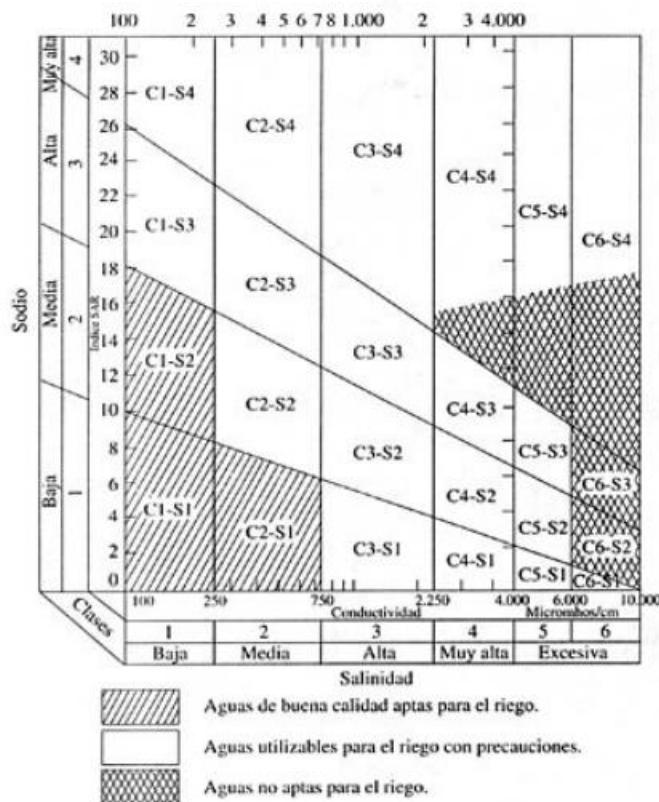


Figura 2 Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. Fuente: Orihuela Calvo, D. L. et al.

Tomando en el diagrama los valores del agua analizada; SAR= 0,91 y CE= 1240  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , nuestro agua corresponde a la categoría C3-S1 lo que significa que es apta para el riego pero con alguna precaución, en este caso debido a la excesiva conductividad eléctrica.

### 6.2 Norma de H. Greene

Esta norma se basa en la toma de datos de la concentración del agua total, contando cationes y aniones, con relación al porcentaje de sodio, expresándolo en meq/l.

- $\% Na^+ \text{ sobre cationes} = \frac{2,15}{5,02+5,93+2,15+0,17} \times 100 = 16\%$
- Concentración total (cationes + aniones) =  $(5,02 + 5,93 + 2,15 + 0,17) + (3,71 + 1,25 + 1,59) = 19,82 \text{ meq/l}$

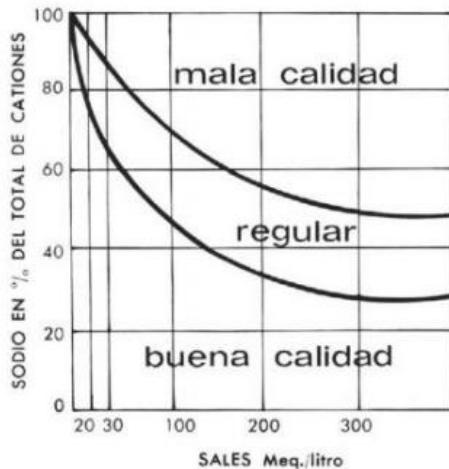


Figura 3 Norma H. Greene. Fuente: Orihuela Calvo, D. L. et al.

Según la norma de H. Greene, la clasificación mostrada en la figura 3 y los datos obtenidos, el agua que se tiene en el la finca para el riego es de buena calidad.

### 6.3 Norma de Pilcos

En esta norma, cuya finalidad es también la de clasificar el agua de riego, los parámetros que se deben conocer son el porcentaje de sodio sobre los cationes que en nuestro caso es del 16% y el valor de la conductividad eléctrica expresada en  $\mu\text{s}/\text{cm}$  que para el agua muestreada es de  $1240 \mu\text{s}/\text{cm}$ . Valores con los cuales al entrar con ellos en la Figura 4, en la que el eje de abscisas tenemos los valores que puede tomar la CE en  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y en el eje de ordenadas los valores que pueden aparecer de  $\% Na^+ \text{ sobre cationes}$  en tanto por ciento, clasificamos el agua de la muestra como buena- admisible según esta norma.

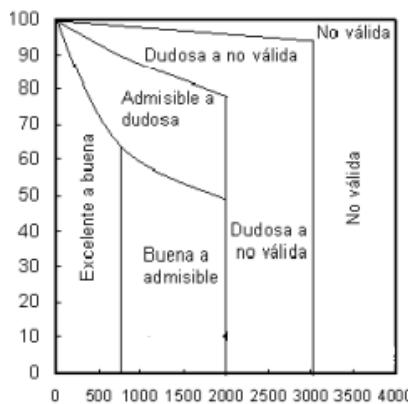


Figura 4 Norma Pilcos para aguas de riego. Fuente: Orihuela Calvo, D. L. et al.

## **7 CONCLUSIONES**

En este anejo a la memoria se ha podido comprobar como el agua con el que se cuenta en la parcela, pese a estar en una zona de riesgo por contaminación por nitratos que era la mayor preocupación que surgía para su uso, es un agua totalmente apta para ser utilizada en los diferentes sistemas de riego que posteriormente se describan. No presenta ningún problema que deba de ser solventado previamente a la puesta en riego, no obstante se aconseja realizar análisis periódicos para comprobar que las cualidades que presenta esta agua no empeoren.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Food and Agriculture Organization of the United Nations, & International Water Management Institute. (2023). *Water quality in agriculture: Risks and risk mitigation.* <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/eb0ed8bb-545a-4d6b-84b2-d8c8bbd96b91/content>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, & Confederación Hidrográfica del Ebro. (2021). *Determinación de las aguas afectadas o en riesgo por nitratos de origen agrario: Período 2016-2019.* <https://www.chebro.es/documents/20121/O/CALSUBTER+NO3+%2820162019%29+-+Informe.pdf/6d2fbe88-2d10-54e3-c615-96b5d39bfa71?t=t=16440109400429>
- Orihuela Calvo, D. L., Hernández Domínguez, J. C., Pérez Mohedano, S., & Marijuan de Santiago, S. (2005). *Estudio de la variación y evolución de índices de calidad agroquímicos e hidroquímicos de las aguas drenadas de columnas de suelos calizos de Andalucía.* [https://zonanosaturada.com/zns05/publications\\_files/area\\_5/06.pdf](https://zonanosaturada.com/zns05/publications_files/area_5/06.pdf)

---

**ANEJO 5**

**ESTUDIO DE**

**ALTERNATIVAS**

---

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1	Descripción del ciruelo y requerimientos.....	4
<b>2</b>	<b>ELECCIÓN DEL PLAN PRODUCTIVO .....</b>	<b>9</b>
2.1	Elección del patrón.....	9
2.1.1	Criterios de valor en la elección del portainjerto.....	10
2.1.2	Evaluación de alternativas.....	12
2.1.3	Ánálisis multicriterio.....	13
2.1.4	Porta injerto elegido .....	14
2.2	Elección de la variedad .....	15
2.2.1	Requisitos impuestos por el promotor.....	15
2.2.2	Criterios de valor.....	16
2.2.3	Principales variedades de interés.....	18
2.2.4	Evaluación de las alterativas .....	23
2.2.5	Variedades elegidas.....	24
2.3	Material vegetal.....	26
<b>3</b>	<b>DISEÑO DE PLANTACIÓN .....</b>	<b>28</b>
3.1	Marco de plantación .....	28
3.2	Densidad de plantación .....	29
3.3	Disposición de los arboles.....	32
3.4	Orientación de las filas.....	34
<b>4</b>	<b>TECNOLOGÍA DE LA PLANTACIÓN .....</b>	<b>36</b>
4.1	Sistema de poda de formación .....	36
4.1.1	Criterios de valor.....	36
4.1.2	Evaluación de las alternativas .....	36
4.1.3	Alternativa elegida .....	39
4.2	Sistema de riego .....	40
4.2.1	Evaluación de alternativas.....	40
4.2.2	Alternativa elegida .....	41
4.3	Mantenimiento del suelo .....	42
4.3.1	Aspectos a considerar.....	42
4.3.2	Alternativas para el mantenimiento.....	42
4.3.3	Evaluación de alternativas.....	43
4.3.4	Alternativa elegida .....	49
4.4	Manejo de herbicidas .....	51
4.4.1	Clasificación de los herbicidas.....	51
4.4.2	Estrategias de aplicación .....	52

4.4.3	Indicaciones para una correcta aplicación .....	53
4.4.4	Alternativa elegida .....	54
4.5	Sistema de recolección .....	55
4.5.1	Identificación de alternativas.....	55
4.5.2	Criterios de valor.....	56
4.5.3	Evaluación de las alternativas .....	56
4.5.4	Alternativa elegida .....	58
5	BIBLIOGRAFÍA.....	60

## 1 ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN

El promotor del proyecto desea hacer una plantación de ciruelos. La elección de dicha especie se ha fundamentado en la adaptabilidad que presenta a las condiciones climatológicas que se dan en la zona además de su buena rentabilidad económica y de la notoria ascensión de la importancia que está ganando el cultivo de la ciruela en la zona. En cuanto a las opciones de las que se disponen para su elección se determinaran las variedades a implantar, respondiendo a varios criterios de viabilidad desde la época de floración, la capacidad productiva buscada, el interés del mercado en ellas, la calidad final de la fruta o la resistencia a plagas. También se seguirá un proceso similar a la hora de la elección del patrón, teniendo en cuenta ahora otras cualidades como el vigor buscado, la adaptación a las condiciones edafológicas estudiadas, la resistencia a las posibles enfermedades del suelo y la afinidad con la variedad seleccionada. Un factor importante será tanto en la compra del patrón como de la variedad la certificación de que es un material vegetal en buen estado y de calidad evitando así muchos problemas posteriores en la plantación. Uno de los condicionantes que supondrá gran peso en la toma de decisiones de la variedad y patrón será el tipo de plantación que se pretende proyectar, ya que se busca realizar una plantación super intensiva, lo que también significa que la densidad, marco de plantación, disposición de árboles y orientación de las líneas seguirán un criterio establecido. Además otro de los requisitos que ha puesto el promotor para el diseño de la plantación es que la mano de obra sea la mínima posible por lo que la propuesta se enfoca a una plantación cuya poda y recolección se realicen por medios mecánicos, lo que influirá enormemente en la toma de decisiones estratégicas como la elección de la variedad o el sistema de conducción.

### 1.1 Descripción del ciruelo y requerimientos

El ciruelo se clasifica, según la botánica, dentro de la familia de las *Rosáceas* y dentro de ella pertenece al género *Prunus*, es en este punto en el que surge la división que existe entre los dos grandes tipos de ciruelo, la especie *Prunus salicina* o ciruelo japonés y la especie *Prunus doméstica* o ciruelo europeo. Ambas especies son de gran interés agronómico ya que sus frutos están muy demandados por el mercado, pero existen diferencias muy notorias entre ellas que serán determinantes a la hora de escoger una u otra para realizar una plantación. El más importante de estos caracteres

discriminantes es la fecha de floración ya que las variedades japonesas se caracterizan por una floración mucho más temprana que las europeas, a principios del mes de marzo generalmente, por lo que en la zona de estudio serían propensas a recibir daños por heladas tardías. Este hecho es lo suficientemente discriminante para decantarse por la elección de la especie *P.doméstica* o europea ya que por el contrario el cultivo de ciruela japonesa supondría enfrentarse a un riesgo continuo de pérdida parcial o total de la cosecha, poniendo en duda la rentabilidad de la explotación.

Algunos de los caracteres de interés para la clasificación botánica de *Prunus domestica* son;

- Presenta hojas obovadas, elípticas u ovado-lanceoladas, con el borde algo a aserrado, de haz glabro y envés más o menos pubescente en los nervios. Las hojas son pecioladas y este pecíolo es glabrescente y sus estípulas, caducas, son lanceoladas con dientes glandulíferos
- Sus flores son hermafroditas, se suelen desarrollar en racimos compactos, el pedicelo es de entre 8 a 15 mm, glabro o pubescente.
- El cáliz tiene sépalos de 5 mm, reflejos, denticulados y ovado-oblongos. Los pétalos de la corola son cinco y miden entre 8 y 13 mm, son ovalados, emarginados y generalmente blancos.
- El ovario es glabro y el fruto es una drupa monocarpelar de 4 a 5 cm, elipsoidal o algo globosa, glabra y de una amplia gama de colores posibles desde verde a purpura amarillento o rojizo.

El sistema radicular del ciruelo europeo es generalmente superficial y amplio, extendiéndose horizontalmente en busca de agua y nutrientes en el suelo. Las raíces primarias y secundarias suelen estar ubicadas en los primeros 60-90 centímetros del suelo, aunque pueden penetrar más profundamente en suelos sueltos y bien drenados, proporcionando una mejor sujeción al suelo y mayor resistencia a sequias.

Las raíces superficiales puede extenderse más allá de lo que ocupa la parte aérea el árbol, para buscar agua y nutrientes en un área mucho más amplia. Esta estructura radicular superficial puede ser beneficiosa en zonas cuyo suelo este bien drenado.

La altura del árbol es muy variable según las variedades y el tipo de plantación realizada, ya que esto condiciona la poda, el sistema de conducción y la elección del patrón, puntos clave que influyen tanto en la altura como en la anchura de la planta, pudiendo variar desde los 3 a los 6 metros de alto y de 1,5 a 4 de ancho.

En cuanto a la longevidad y resistencia del ciruelo, es considerado una especie longeva y con menos susceptibilidad a enfermedades y plagas que otros frutales de la misma familia, por ejemplo duraznero, cerezo o ciruelo japonés, por lo cual su manejo se facilita y el costo de operación es menor (Cazanga et al., 2011).

El órgano de fructificación por excelencia en el ciruelo europeo es el ramillete de mayo (Figuras 1 y 2) en madera de dos a tres años. Se eliminarán aquellos ramilletes de mayo que se consideren excesivos para conseguir un calibre adecuado del fruto (Urrea Eito 2016). Aunque también puede producir frutos sobre ramo mixto o chifonas.



Figura 1 Ramillete de mayo en parada invernal. Fuente: Urrea Eito 2016.



Figura 2 Ramillete de mayo, se aprecia la yema central (de madera) y el resto formando una rosita. Fuente: Urrea Eito 2016.

En cuanto a la polinización, las plantaciones de ciruelo europeo pueden ser auto fértiles o auto infériles. Se ha demostrado que cerca del 30% de las flores producirán frutos en las variedades auto fértiles, tanto si son auto polinizadas o la polinización es cruzada, lo que se considera como una buena cosecha comercial. En cambio, las flores de cultivares auto incompatibles solamente se polinizan y fecundan en un 1,5%, valor muy insuficiente para una buena cosecha comercial, siendo necesario intercalar variedades polinizadoras. Entre los cultivares auto compatibles están: D' Agen, Bavay, California Blue, entre otras. Por otra parte, entre los cultivares auto incompatibles están: Belgiam Purple, Imperial Epineuse, President, entre otros. Existen cultivares auto compatibles, que presentan distintas respuestas bajo diversas condiciones ambientales, por lo que se recomienda intercalar por lo menos, una variedad polinizadora (Cazanga et al., 2011). Por ello habrá que tener muy presente la necesidad de colocar variedades polinizadoras en la plantación en función de las variedades principales que se seleccionen para su cultivo.

El ciruelo europeo es una especie relativamente rústica, adaptándose fácilmente a una gran diversidad de condiciones climáticas. La temperatura óptima va de 18 a 33°C, la mínima de crecimiento es de 6°C. Requiere entre 500 a 1.000 horas de frío bajo 7°C durante el período de receso. La humedad relativa del aire debiera oscilar entre 60 y 70%, para que en época de reposo mantenga frescas las yemas, aunque admite climas menos húmedos. En tanto que durante la floración, el estigma permanezca húmedo y se realice fácilmente la polinización. Las heladas constituyen uno de los factores más limitantes por el riesgo que se corre de que el tejido de diferentes órganos sea quemado cuando están en formación. Períodos de 180 a 210 días sin heladas son adecuados. El uso de variedades con diferente período fenológico, permite ajustar la coincidencia del período sin heladas del lugar con el crecimiento y desarrollo del árbol (Cazanga et al., 2011). Contrastando estos requerimientos climáticos para el ciruelo europeo con los datos obtenidos en el anejo del estudio climatológico, se puede asegurar que las condiciones climáticas de la zona son óptimas para el cultivo de la especie *Prunus Domestica*. Ya que se cumplen los requerimientos de horas frío para todas las variedades, además de asegurar con una alta certeza que la cosecha no se verá afectada por heladas tardías, ya que la floración de esta especie es más bien tardía, también la humedad media ambiental se ajusta a la óptima para este árbol.

En cuanto a las condiciones edáficas el ciruelo no es una especie excesivamente exigente, ya que es capaz de desarrollarse en suelos con diferentes texturas y profundidades, aunque suelos más profundos y con texturas francas favorecen su buen desarrollo. Prefieren pH ligeramente ácidos, más cercanos a 7 que a 8, cosa que no se cumple en el suelo de la parcela estudiada, pero que pese a ello no se notaran diferencias significativas en el crecimiento ni desarrollo de la plantación ya que no se tiene un pH excesivamente básico. El suelo deberá estar exento de problemas de salinidad y contar con un buen drenaje para así evitar problemas que afecten al sistema radicular y por ende a la parte aérea, en la parcela, tras el estudio edafológico, no se observaron ninguna de estas cualidades negativas.

## 2 ELECCIÓN DEL PLAN PRODUCTIVO

Una vez se ha definido el cultivo que se va a implantar en la explotación y se ha examinado su viabilidad en función a la climatología de la zona, se deben decidir aspectos del plan productivo que se va a seguir, como son la variedad o variedades y el patrón que formaran nuestros árboles. En el mercado las variedades de ciruelo europeo que se dispone han sufrido poca mejora genética en comparación con las japonesas ya que el genotipo de estas es diploide ( $2n=2x=16$ ) a diferencia del ciruelo europeo que tiene un genotipo hexaploide ( $2n=6x=48$ ) (Rodrigo y Guerra, 2014) lo que hace que en el ámbito de la mejora genética la especie europea no pueda hibridarse con otras, como por ejemplo *Prunus armeniaca*, el albaricoquero. Por otro lado se disponen diferentes patrones en función de la adaptabilidad a las condiciones del suelo y el vigor, aspecto en base al cual están desarrollándose nuevos patrones. Esta mejora busca que se puedan desarrollar árboles de menor porte, aspecto en el que se fundamentan las nuevas corrientes en las plantaciones de leñosos que anhelan llegar a densidades de plantación muy elevadas, modelo intensivo y super intensivo, modelos en que la mecanización, la rápida entrada en producción y la rentabilidad son los principales objetivos, y unos de los requisitos que busca el promotor al realizar esta plantación.

### 2.1 Elección del patrón

Existe una gama muy amplia de patrones de ciruelo. Los más empleados son ciruelos de crecimiento rápido como los «mirabolanes» (*P. cerasifera*) y «mariñas» (*P. cerasifera* x *P. munsoniana*). Los mirabolanes, francos y clonales ('Mirobolán B' y 'Mirobolán 29C'), muestran buena afinidad con muchas variedades, inducen gran vigor y pueden retrasar la entrada en producción. Los mariñas, como 'Mariana 2624' y 'Mariana GF 8-1', presentan buena afinidad varietal, se adaptan a diferentes tipos de suelos, incluidos los pesados, y son resistentes a clorosis, asfixia y nematodos agalladores del género *Meloidogyne*, pero tienen poca resistencia a sequía. Entre los ciruelos de crecimiento lento destacan los «pollizos» (*P. insititia*), como 'Adesoto', 'Monpol' y 'Montizo'. (Carrera, 2005; Moreno y Negueroles, 2001). Estos patrones han sido utilizados ampliamente en el cultivo de ciruelo en España en las últimas décadas y todavía ahora se realizan plantaciones con ellos pese a que inducen un gran vigor y retrasan la entrada en producción, problemas que los agricultores tratan de solucionar con técnicas de

manejo costosas como puede ser el atado de ramas buscando la horizontalidad para forzar la entrada en producción o el uso de escaleras que permitan a los trabajadores alcanzar los frutos más altos en la época de recolección. En busca de responder a las nuevas necesidades en las explotaciones, han surgido nuevos productos cuya mayor diferencia con los patrones ya existentes es su excelente control del vigor según el modelo de cultivo elegido. Entre los nuevos patrones se pueden destacar los de la serie Rootpac®20, que destacan por conferir un vigor bajo y una buena productividad, utilizado ampliamente en plantaciones mecanizadas de almendras. También destaca el Rootpac®R que aporta un mayor vigor, aunque sigue siendo menor que los patrones Mariana o Mirabolán y además tolerante a nematodos agalladores, a la asfixia y a *Phytophthora*, anticipándose a la maduración con respecto a otros patrones (I. Iglesias et al., 2021)

### **2.1.1 Criterios de valor en la elección del portainjerto.**

La elección del patrón o portainjerto es una de las decisiones más importantes que han de tomarse a la hora de realizar una plantación y será previa a la elección de la variedad, ya que es la parte del árbol que estará en contacto con nuestro suelo, el cual puede tener limitaciones o generar problemas en toda la plantación, problemas que en muchos casos pueden ser solventados o evitados gracias a la elección del patrón adecuado. Otras características que se valoran del patrón tendrán que ver con las características que este es capaz de traspasar a la variedad, como la fecha de entrada en producción o el vigor. Para la elección del patrón se puntuaran y valoraran las características de este con una serie de factores (condicionantes edáficos y agronómicos del patrón, exigencias del proceso productivo y condicionantes del promotor). Para ello se realizará una matriz de efectos donde se valoraran una serie de parámetros dispuestos a continuación.

#### Profundidad de las raíces y anclaje al suelo

Considerar la profundidad de las raíces es importante sobre todo en suelos poco profundos ya que es importante que estas se desarrollen libre y completamente en el suelo. En suelos de varios metros se priorizarán patrones con sistemas radiculares profundos, que favorecerán el anclaje, sin embargo en suelos poco profundos estos sistemas extensos no se desarrollarán bien, por lo que interesa más escoger patrones con

menos profundidad radicular. En nuestro caso el suelo es profundo por lo que no se considerara.

#### **Tolerancia a la asfixia radicular**

Una presencia excesiva de agua en el suelo, debido a un mal drenaje de la parcela o un exceso de riego, puede deprimir al sistema radicular e incluso matar a los árboles. El encharcamiento también suele deberse a la textura del suelo, en nuestro caso según el estudio edafológico la textura que predomina es la franco-arcillosa lo que podría acarrear problemas de permeabilidad del agua y por ende de asfixia radicular, pero el alto porcentaje de pedregosidad obtenido en el muestreo descarta este tipo de problemas.

#### **Emisión de rebrotos o sierpes**

Se denominan como rebrotos, chupones o sierpes a los vástagos que emiten algunas especies leñosas desde la parte inferior de su tronco o en ocasiones desde las propias raíces, es una cualidad negativa, que caracteriza a muchos de los patrones usados en el cultivo de ciruelo, ya que le quitan nutrientes al árbol y no son órganos productores de fruta, es por ello que deben de ser eliminados suponiendo así un coste de mano de obra.

#### **Bajo vigor**

Las variedades de ciruelos tienden a ser vigorosas, quizás no tanto en altura pero si en anchura. Muchos de los patrones tradicionalmente usados, favorecen este gran crecimiento que sobre todo genera estructuras leñosas muy largas que alejan el fruto del tronco, reduciendo su calidad y aumentando el uso de nutrientes que no van al fruto. Además a la hora de mecanizar una plantación, sobre todo en cuanto a la cosecha mecánica con máquinas cabalgantes tipo vendimiadora, o de cosecha manual sin necesidad de escaleras es algo esencial. Es por este último motivo por el cual se valoraran muy positivamente los patrones que aporten un bajo vigor a la variedad.

#### **Productividad**

Este aspecto no se refiere a la máxima productividad que puede ofrecer, ya que en ese aspecto la variedad tiene mayor importancia, sino que en el patrón se busca que este

aporte una precocidad al cultivo para que comience a producir lo antes posible, haciendo que se recupere la inversión en menos tiempo. Además se busca que esta producción sea constante, abundante y de calidad.

#### Exigencias edáficas

Un carácter que marca la diferencia en algunos de los patrones de ciruelo es su exigencia en cuanto a la necesidad de vivir en un suelo fértil, se valorara positivamente que esta exigencia sea menor, pero hay que tener en cuenta que no es un carácter determinante ya que el suelo estudiado cuenta con una alta fertilidad.

#### Resistencia a parásitos y enfermedades

Debido a que el anterior cultivo no era leñoso y que el nuevo que se va a implantar se espera que tenga una vida útil no demasiado larga no es un carácter determinante, pero que será evaluado positivamente, ya que pese a priori no hay signos de parásitos o enfermedades, estos pueden desarrollarse a lo largo de la vida de la plantación. En el ciruelo se muestra especial interés en que los patrones tengan cierta resistencia a la armillaria ya que es un género de hongos parásitos de la zona radicular de muchos leñosos y al no existir tratamientos eficaces contra ellos una de las mejores formas de combatirlos es el seleccionar un patrón que sea resistente a ellos.

#### **2.1.2 Evaluación de alternativas**

Existen muchas posibilidades de patrones útiles para el cultivo del ciruelo con diferentes cualidades y características que permiten ajustar la elección a las necesidades y requisitos de la plantación que se busca realizar. En este caso los patrones seleccionados para su evaluación deben de ser compatibles con el ciruelo europeo, a continuación (Tabla 1) se exponen algunos de los patrones más ampliamente usados en su cultivo tradicional y otros que han surgido en los últimos años como alternativas muy interesantes, con una valoración de las diferentes cualidades que presentan:

Tabla 1 Recopilación de patrones y sus características. Fuente: elaboración propia con datos de la bibliografía.

Patrón	Origen genético	Características					
		exigencia edáfica	asfixia	productividad	vigor	sierpes	Armillaria
ISHTARA FERCIANA	(Prunus cerasifera x Prunus salicina) x (Prunus cerasifera x Prunus pérctica)	Normal	Algo sensible	Alta	medio	Alguno	Puede tolerarla
MARIANA GF 8/1	Prunus cerasifera x Prunus munsoniana	Exigente	Resistente	Muy alta	Muy Alto	Si	Muy resistente
MIRABOLAN 29-C	seleccionado de la variedad MIRABOLANO	Normal	Muy resistente	Alta	Alto	Si	Puede tolerarla
Rootpac R	Prunus cerasifera y Prunus dulcis	Exigente	Resistente	Muy alta	medio-alto	No	Se desconoce
Rootpac 20	Prunus besseyi x Prunus cerasifera	Exigente	Resistente	Muy alta	Bajo	No	Puede tolerarla

### 2.1.3 Análisis multicriterio

Para decidir cuál va a ser el patrón que mejores cualidades presenta frente a los demás y que mejor vaya a responder frente a las exigencias de esta plantación en concreto se va a realizar un análisis multicriterio. Este análisis consiste en primero realizar una ponderación de las cualidades, sirviendo esto para marcar y valorar qué cualidades tienen más peso para la toma de la decisión, por ejemplo, como uno de los condicionantes impuestos por el promotor es que la plantación sea intensiva y mecanizable el vigor que aporta el patrón a la variedad será una característica con mayor peso frente a otras. A continuación, en la Tabla 2, se presentan los coeficientes de ponderación impuestos a cada cualidad valorada de los 5 patrones seleccionados como candidatos. También se ha traducido la tabla 1 a valores numéricos para poder realizar el análisis multicriterio. La puntuación total de cada patrón se obtiene de la suma total de cada coeficiente de ponderación multiplicado por el valor que presenta cada cualidad.

Tabla 2 Análisis multicriterio de porta injertos donde el coeficiente de ponderación tomara valores de: 0,5-1,0-1,5-2. La valoración de las características se ha realizado mediante una escala cuantitativa con valores de 0 (muy desfavorable) a 5 (muy favorable), en función de los intereses de la plantación. Fuente: elaboración propia.

Patrón	Características						TOTAL
	exigencia edáfica	asfixia	productividad	vigor	rebrotos	Armillaria	
COEFICIENTE DE PONDERACIÓN	0,5	1	1,5	2	1	1,5	
ISHTARA FERCIANA	3	3	4	4	3	3	26
MARIANA GF 8/1	2	4	5	1	1	5	23
MIRABOLANO 29-C	3	5	4	2	1	3	22
Rootpac R	2	4	5	3	5	2	26,5
Rootpac 20	2	4	5	5	5	3	32

#### 2.1.4 Porta injerto elegido

Tras analizar los patrones en la matriz de efectos, el Rootpac-20 es el que mejores resultados numéricos ha obtenido, esto se debe mayormente a la buena valoración del bajo vigor que presenta ya que es necesario en las plantaciones de alta densidad. Véase la figura 3 en la que se muestra la reducción de vigor que presenta este patrón frente a otros comúnmente utilizados en plantaciones de ciruelo. También destaca entre sus cualidades la resistencia que presenta a la asfixia radicular, la falta de emisión de sierpes y la alta productividad de fruta. Como aspecto negativo de este patrón se puede nombrar la reducción del tamaño que produce en la fruta, no demostrado en ciruelos pero si en melocotoneros (J.L.Espada et al; 2013), pero ya que el principal objetivo de la plantación es la recolección mecanizada, es decir que la producción está destinada a la industria, lo que interesa es más la cantidad que el tamaño de la fruta. Otro aspecto de interés es el retraso en la época de brotación/floración que confiere el patrón Rootpac-20 a las variedades injertadas. Ello se tradujo en el año 2021 en que la variedad 'Angeleno' injertada en rootpac 20 no se viera afectada por las fuertes heladas primaverales de hasta -6°C que se dieron en el mes de abril y que afectaron fuertemente a la misma variedad injertada sobre patrón Mirobolán 29C. (I.Iglesias et al, 2021)

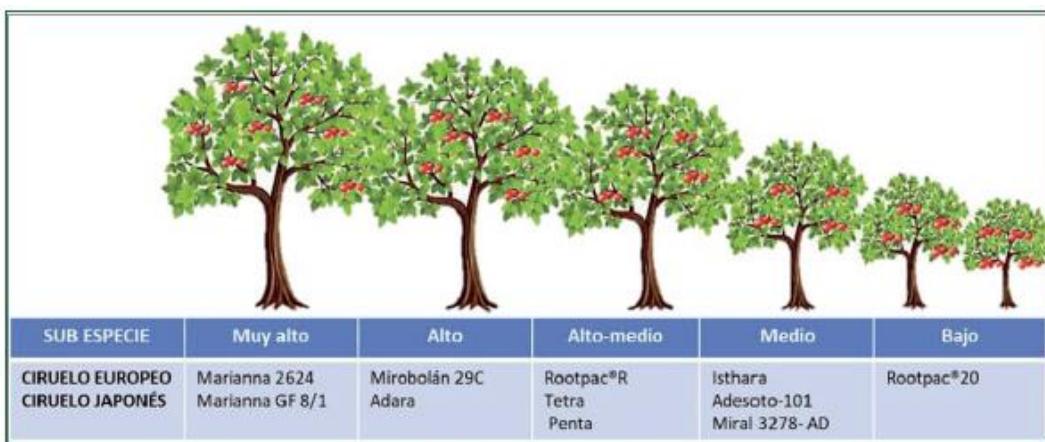


Figura 3 Portainjertos disponibles en ciruelo europeo y japonés. Compatibilidad a contrastar en algunas combinaciones patrón/variedad. Fuente: I.Iglesias et al, 2021.

## 2.2 Elección de la variedad

Una vez ha sido definido el patrón en el que irá injertada la variedad o variedades a cultivar el siguiente paso es escoger estas variedades en función de una serie de factores o condicionantes (requisitos del promotor, condicionantes agronómicos y climáticos) que servirán de criterio para tomar la elección más adecuada.

### 2.2.1 Requisitos impuestos por el promotor

El promotor a la hora de realizar la petición del proyecto ha impuesto una serie de requisitos que considera indispensables a la hora de elegir la variedad a cultivar, por lo que estos tendrán un impacto positivo en la ponderación de las variedades que los cumplan.

- Que las variedades que se elijan sean autofértiles, es decir que no haya necesidad de plantar variedades polinizadoras
- Variedades de floración tardía, ya que la zona es propensa a heladas tardías, y así asegurar producción
- Variedades que tengan importancia en el mercado, especialmente que tengan buenas aptitudes para industria.

## 2.2.2 Criterios de valor

### Autofertilidad

Las variedades de ciruelas europeas pueden ser autofértiles, es decir que su flor puede ser polinizado por ella misma o por flores de la misma variedad, o también pueden existir variedades autoestériles, aquellas que sus flores cuentan con algún tipo de mecanismo que se encarga de evitar la autopolinización forzando así la necesidad de recibir polen de otras variedades para que se fecunde el ovulo y pueda existir el fruto. En el caso de las plantaciones comerciales de variedades autoestériles se utilizan diferentes marcos de plantación que involucran varias especies cada cierto espacio para así asegurar una buena polinización. En el caso de la plantación que se va a realizar el promotor ha impuesto el requisito de que todas las variedades que se vayan a cultivar sean autofértiles, lo que significa que tanto la plantación como el posterior manejo serán más cómodos y tendrán menos inconvenientes. Por ello las variedades que se van a evaluar serán todas autofértiles.

### Capacidad productiva y tendencia a la vecería

El objetivo de esta plantación es tener unas buenas cosechas y que estas sean constantes en el tiempo. Algunas variedades tienen el problema de ser muy fértiles, lo que hará que se generen muchos frutos durante una campaña y que mientras estos están madurando el árbol no dedique los suficientes nutrientes a la formación de estructuras florales para el año siguiente, haciendo que un año la producción sea muy abundante y al año siguiente sea escasa, este proceso se denomina vecería. Los ciruelos son una especie que por lo general tiende a sufrir este proceso, pero según el manejo que se le aplique a la plantación esta producirá más o menos vecería, por lo que pese a que en parte depende de la variedad se debe en mayor medida al manejo. Se valoraran positivamente las variedades que no tiendan a la vecería, pero no con un alto coeficiente de ponderación.

### Vigor y porte

Es una característica de gran importancia en las plantaciones de alta densidad ya que un crecimiento excesivo creara competencias no deseadas entre los arboles lo que se traduce en menor producción y perdida de las características que se desean en la

plantación como la homogeneidad. Además un vigor excesivo dificultara las labores de poda y recolección además de suponer un consumo de nutrientes por parte del árbol que se ira a la producción de madera no deseada. Pese a que el patrón elegido tiene un vigor muy bajo y lo transmitirá a la variedad, aquellas variedades con un vigor bajo o moderado se puntuaran mejor que las vigorosas.

#### Fecha de floración

Esta es una cualidad muy a tener en cuenta a la hora de elegir que variedades van ser cultivadas, ya que una mala decisión podría suponer la pérdida de la producción durante varios años arriesgando la viabilidad de la inversión. En este caso la zona en la que se va a realizar la plantación registra heladas tardías en primavera cada pocos años, lo que supone que si se escogen variedades de floración temprana se corre cierto riesgo de helada. Aunque la mayoría de las variedades de ciruelos europeos ya cumplen con esta condición (ya que florecen mucho más tarde que las variedades de ciruelos japoneses) este carácter será uno de los más discriminantes a la hora de la elección varietal.

#### Fecha de maduración

Este apartado no se contabiliza como los anteriores ya que, por lo general, se prefieren variedades de maduración más temprana (de ciclo corto) que suponen un ahorro de agua al estar la fruta menos días en el árbol, pero por otro lado para la recolección es interesante que exista cierto tiempo de separación entre la maduración de las variedades para que esta pueda adaptarse, sin sobrecostes, al punto óptimo de la fruta. Por ello en la selección de variedades se tendrá en cuenta que la maduración de las variedades a cultivar sea escalonada, aunque en el análisis multicriterio no se valore esta fecha de forma positiva o negativa.

#### Aptitud del producto

Las ciruelas, como la mayoría de frutas, tienen varios usos. El primero es el de consumo en fresco o consumo de mesa, para comercializar la fruta como fruta de mesa esta ha de recogerse de forma manual evitando abolladuras y golpes para que le llegue en perfectas condiciones al consumidor. Otra forma de utilizar la fruta es en la industria, siendo la ciruela muy versátil en este sector ya que puede usarse tanto para deshidratado y

consumirse en forma de pasa (variedades concretas) o para hacer productos derivados como la mermelada, el zumo o los “potitos” para bebés. En este proyecto como uno de los condicionantes del promotor es que la producción pueda destinarse para industria, se premiaran aquellas variedades que sean apreciadas en este sector, por ejemplo aquellas que se demanden para deshidratar ya que son pocas y este es un producto bien valorado en muchos mercados o también las variedades que tengan una doble aptitud, fruta de mesa y fruta para industria, ya que así se podrá elegir su destino en función de la demanda del mercado y los análisis anuales de previsión de costes y beneficios.

### Compatibilidad con el patrón seleccionado

Este es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de seleccionar las variedades a cultivar. Como previamente el patrón ha sido seleccionado, es la variedad la que debe adaptarse a este, es decir, la variedad que se elija ha de ser compatible con el patrón, o de lo contrario la plantación no será viable. Esta incompatibilidad puede expresarse de varias formas. La incompatibilidad ‘traslocada’ puede ser detectada durante los primeros años tras el injerto. Se caracteriza por la presencia de síntomas visuales como amarilleamiento de hojas y un reducido vigor de los árboles (Reig et al., 2019). La incompatibilidad ‘localizada’, es asintomática y puede presentarse varios años después del injerto. Se caracteriza por la presencia de discontinuidad en la madera de la unión, la presencia de lagunas de parénquima no lignificado, dando como resultado la rotura, en ocasiones, de las uniones de injerto con graves repercusiones económicas (Moreno et al., 2012; Pina y Errea, 2005). En nuestro caso aunque el patrón seleccionado Rootpac 20 a priori es compatible con la mayoría de variedades de ciruelo europeo, se valoraran mejor aquellas variedades que hayan sido utilizadas conjuntamente con este patrón en plantaciones comerciales o experimentales con varios años de vida.

#### **2.2.3 Principales variedades de interés**

Se van a describir a continuación algunas de las variedades que a priori presentan mayor interés según los caracteres que se buscan para esta plantación. Esta selección incluye algunas de las variedades de ciruelo europeo que se cultivan con mayor frecuencia en este territorio y además también se describirá alguna que pese a no contar con

representación en la zona de estudio sí que puede presentar características muy interesantes para el tipo de plantación que se busca realizar.

La información se ha obtenido de diversas fuentes:

- Fechas de floración y maduración: J. Herrero y M. Iturrioz; 1984
- Descripción del fruto y cualidades de la variedad: M. C. Morales; 2002
- Necesidades de horas de frío y calor: M. C. Tabuenca; 1967 y M. C. Tabuenca; 1980
- Compatibilidad con Rootpac®20: I. Iglesias et al; 2021
- 

### Stanley

Fruto: grande o mediano, forma elíptica alargada generalmente asimétrica con un lado más desarrollado que el otro. Piel fuerte recubierta de pruina blanquecina azulada. Color negro y en alguna zona violeta granate oscuro. Carne verdosa a veces roja, jugosa y blanda, de sabor muy dulce.

Floración: del 24 de marzo al 5 de abril.

Maduración: del 1 al 5 de septiembre.

Producción (vecería): muy productiva, con un mal manejo tiende a vecería.

Polinización: autofértil.

Vigor: moderadamente vigorosa.

Condiciones climáticas: soporta bien el calor y la sequía.

Necesidades frío: 900-950 horas por debajo de 7°C.

Necesidades de calor: 240-255 horas.

Aptitud: Mixta, industria para deshidratado y como fruta de mesa.

Compatibilidad con Rootpac®20: Comprobada.

**Agen (D'Agen)**

Fruto: Pequeño o medio con forma ovoide alargada. Piel Muy fuerte. Recubierta de abundante pruina, azulada, fina. Color violeta más o menos oscuro llegando casi a negro. Carne verdosa amarillenta, ámbar, semi blanda, algo crujiente y jugosa. Sabor muy dulce, almibalado casi empalagoso.

Floración: del 27 de marzo al 7 de abril

Maduración: del 19 de agosto al 25 de agosto.

Producción (vecería): muy productiva y con tendencia a vecería si se hace un mal manejo.

Polinización: Autofértil, pero se aconseja el uso de insectos polinizadores.

Vigor: Moderadamente vigoroso

Necesidades frío: 900-950 horas por debajo de 7°C.

Necesidades de calor: 240-255 horas.

Aptitud: Tiene un alto contenido en azúcares por lo que es una fruta excelente para secar o enlatar. También se usa en mermeladas, zumos o en fresco.

Compatibilidad con Rootpac®20: comprobada.

**President**

Fruto: De calibre medio a grueso, elipsoidal, simétrico. La piel es de color rojo violáceo que se oscurece en plena madurez. La carne es amarilla, firme, poco jugosa y de sabor escaso.

Floración: del 22 de marzo al 6 de abril.

Maduración: del 6 de septiembre al 15 de septiembre.

Producción (vecería): Producción abundante y regular, poco vecera.

Polinización: Autoestéril.

Vigor: Poco vigor.

Necesidades frío: 950-1000 horas por debajo de 7°C.

Necesidades de calor: 225-240 horas.

Aptitud: Interesante para secar (ciruela pasa). Poco interesante para su consumo en fresco, poco sabor.

Compatibilidad con Rootpac®20: No comprobada.

#### **Reina Claudia verde**

Fruto: De calibre pequeño a medio, redondeado, ligeramente aplastado en los polos, a veces algo asimétricos sobre todo en la zona pistilar. La piel, con abundante pruina, es de color verde grisáceo o dorado, sin chapa o con pequeñas manchas de color carmín oscuro. La carne es verdosa o amarillo ámbar, de firmeza media, jugosa, dulce y de buena a excelente calidad gustativa.

Floración: del 27 de marzo al 12 de abril.

Maduración: del 5 de agosto al 11 de agosto.

Producción (vecería): Producción media, y bastante alternante, tiende mucho a la vecería.

Polinización: Auto incompatible, necesidad de variedades polinizadoras.

Vigor: Vigoroso y de porte bastante abierto.

Condiciones climáticas:

Necesidades frío: 1000-1050 horas por debajo de 7°C.

Necesidades de calor: <225 horas.

Aptitud: Muy apreciada para su consumo en fresco, siendo este su principal uso, también para mermelada e industria, cuando el calibre es muy pequeño.

Compatibilidad con Rootpac®20: No comprobada.

#### **Reina Claudia de Bavay (Reina Claudia de Tolosa)**

Fruto: De calibre medio a grueso, forma elíptica redondeada o redondeada algo aplastada en los polos, a veces con un lado ligeramente más desarrollado que el otro. La piel, con mucha pruina, es de color verdoso o amarillo calabaza claro y, a veces, con chapa en forma de salpicadura de color carmín vivo. La carne es amarillo verdosa o ambarina, firme, medianamente jugosa y azucarada, de buena a muy buena calidad gustativa.

Floración: 22 de marzo al 3 de abril.

Maduración: 7 al 11 de septiembre. (Unas 4 semanas después de R.C. Verde)

Producción (vecería): Buena producción, con cierta tendencia a vecería.

Polinización: Autofértil.

Vigor: Vigor medio y porte semi-erguido

Necesidades frío: 950-1000 horas por debajo de 7°C

Necesidades de calor: 225-240 horas.

Aptitud: Su buena calidad hace que sea apreciada en el consumo en fresco como también en la industria.

Compatibilidad con Rootpac®20: Comprobada.

**Reina Claudia de Oullins**

Fruto: De calibre medio a grueso, redondeado o elíptico redondeado, ligeramente asimétrica. La piel, con poca pruina, es de color verde amarillento o amarillo ámbar y, a veces, con motas de color carmín vivo. La carne es verdosa o ambarina, de firmeza media, jugosa y algo insípida, sobre todo si se recolecta demasiado pronto.

Floración: del 28 de marzo al 10 de abril.

Maduración: del 20 de julio al 28 de julio. (Unas dos semanas antes que R.C. Verde)

Producción (vecería): Producción buena y abundante, bastante regular pero con cierta tendencia a la vecería.

Polinización: se considera autofértil, pero mejora la productividad con polinizadores.

Vigor: muy vigoroso y erguido.

Necesidades frío: 950-1000 horas por debajo de 7°C.

Necesidades de calor: 255-270 horas.

Aptitud: Suele utilizarse como variedad polinizadora de las anteriores, su fruto se destina mayoritariamente a la industria por su poco sabor.

Compatibilidad con Rootpac®20: No comprobada.

**2.2.4 Evaluación de las alternativas**

La elección de las variedades se lleva a cabo en diferentes pasos, en el primero se han descartado todas las variedades de ciruelo japonés ya que existían impedimentos del carácter climático, que señalaban posibles problemas de heladas, como por parte del promotor que impuso que la especie a cultivar fuese la ciruela europea.

De todas las variedades de ciruela europea (que no son demasiadas debido a una falta de desarrollo de nuevas variedades en este sector) se seleccionaron seis, que

corresponden con las que se cultivan con más frecuencia en el territorio, a excepción de la variedad D'Agen, de características similares a Stanley y que en países como Francia o Chile tiene un peso importante en el mercado de la ciruela europea, sobre todo por su buena aptitud para el secado. (I.Iglesias et al; 2021)

A continuación, en la tabla 3, se realiza un análisis exhaustivo en el que serán valorados diferentes aspectos de las variedades preseleccionadas, con la finalidad de obtener una cifra o nota de cada una para facilitar el proceso de elección de la variedad a cultivar. Para la obtención de la valoración de cada variedad se ha puntuado cada factor con un coeficiente de ponderación (de 0,5 a 2 puntos) que refleja la importancia de una cualidad frente a otras, y la valoración de cada factor en cada una de las variedades concretas se mide en una escala del 0, muy desfavorable, al 5, muy favorable. La nota de la variedad es la suma de cada una de las notas de sus cualidades multiplicadas previamente por el coeficiente de ponderación estipulado para cada cualidad.

*Tabla 3 Análisis multicriterio de las variedades preseleccionadas, donde el coeficiente de ponderación tomara valores de: 0,5-1,0-1,5-2. La valoración de las características se ha realizado mediante una escala cuantitativa con valores de 0 (muy desfavorable) a 5 (muy favorable), en función de los intereses de la plantación. Fuente: elaboración propia.*

Variedad	Características generales					Fruto			TOTAL
	Vigor	Vecería	Polinización	Producción	Compatible con Rootpac20	Doble aptitud	Calidad	Tamaño	
COEFICIENTE DE PONDERACIÓN	1	0,5	2	1,5	2	2	1	1	
Stanley	2	4	5	5	5	4	3	4	46,5
Agen (D'Agen)	3	4	4	5	5	4	5	4	47,5
President	4	5	1	4	2	2	2	5	29,5
Reina Claudia verde	2	3	1	2	2	3	5	2	25,5
Reina Claudia de Bavay	3	3	5	4	5	5	4	5	49,5
Reina Claudia de Oullins	2	4	4	4	2	1	2	3	29

## 2.2.5 Variedades elegidas

En la explotación se van a establecer tres variedades diferentes, por varias razones, la primera para permitir ampliar la variabilidad de la oferta al mercado, reduciendo los

riesgos contando así con una mayor estabilidad económica. Otra de estas razones es la de asegurar parte de la producción ya que una de las variedades seleccionada es muy resistente a las heladas tardías, también al implantar tres variedades se facilita el calendario de labores en la plantación.

Para elegir las variedades vamos a tomar como criterio la tabla 3 en la que se han evaluado las variedades preseleccionadas destacando tres de ellas del resto. La variedad Reina Claudia de Bavay (conocida en la zona como R. C. de Tolosa) ha obtenido una mayor puntuación que el resto aunque muy parecido a las dos siguientes, también seleccionadas para el cultivo, la ciruela Stanley y la ciruela D'Agen o Ente. Estas tres variedades serán las que se cultivaran en la explotación, además de que en el análisis multicriterio sean las más valoradas, se ha comprobado que cumplieran las premisas del promotor y que fueran ideales para el tipo de plantación buscada.

En el caso de las tres variedades seleccionadas existen plantaciones comerciales que implementan métodos de plantación intensivos (I. Ignasi et al; 2021) caracterizados por el bajo vigor, la precocidad de la plantación o la mecanización de esta y todas ellas sobre el patrón rootpac®20, hecho que demuestra la compatibilidad de estas tres variedades de ciruela europea con este patrón que es el seleccionado para llevar a cabo la plantación. También es importante el hecho de que las variedades escogidas cuentan con un gran potencial en el mercado de la industria, en especial las variedades Stanley, figura 5, y D'Agen, figura 6, que destacan por su buena aptitud para el secado o deshidratado de las mismas, transformándose en ciruelas pasas, aunque actualmente el consumo de esta fruta en fresco está aumentando (M. A. Giacinti, R. Infante; 2021), hecho que la convierte en una interesante opción para una posible doble cosecha, primero manual para fruta de mesa y luego mecánica para industria. La tercera variedad, Reina Claudia de Tolosa, figura 4, iría en la línea contraria a las dos anteriores variedades ya que su finalidad más apreciada es la del consumo en fresco, aunque en los últimos años está tomando un peso importante en las decisiones de los agricultores el hecho de que los precios, para uso en la industria de esta ciruela, están tendiendo a aumentar significativamente. Es por ello que su potencial como fruta de doble aptitud es elevado, siendo como en los casos anteriores muy interesantes la posibilidad de la doble cosecha.

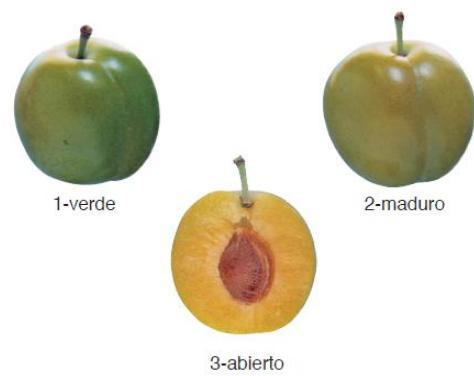


Figura 4 Variedad de ciruela Reina Claudia de Tolosa (de Bavay). Fuente: M. C. Morales; 2002.



Figura 5 Variedad de ciruela Stanley. Fuente: M. C. Morales; 2002.



Figura 6 Variedad de ciruela D'Agen. Fuente: Wikipedia.

## 2.3 Material vegetal

Los sistemas de cultivo súper-intensivo o de alta densidad, son eficientes gracias a que existen patrones enanizantes que permiten controlar el vigor de las variedades y que así cumplan las características requeridas para el manejo. Los patrones enanizantes han surgido en las últimas décadas como solución a muchos de los problemas a los que se enfrenta la fruticultura hoy en día.

En el caso de esta explotación, y con la finalidad de cumplir uno de los objetivos buscados, tras ser el más favorable en el análisis multicriterio, tabla 1, se ha seleccionado el patrón Rootpac®20 que confiere un bajo vigor a las variedades pudiendo así implementar las técnicas de cultivo que se expondrán en el siguiente punto, Diseño de plantación. Las variedades que se estructurarán sobre este patrón serán las de mayor puntuación en la tabla 2, y con los siguientes porcentajes de ocupación del terreno: Stanley 25%, D'Agen 25% y Reina Claudia de Tolosa 50%. Dividiendo así la finca en tres variedades diferentes pero con una visión global de dos mercados ya que las variedades Stanley y D'Agen tendrán como destino principal y común el secado.

### 3 DISEÑO DE PLANTACIÓN

El diseño de una plantación se lleva a cabo en función de una serie de factores que determinaran los aspectos claves de esta, la disposición de los árboles, la densidad, el marco de plantación y la orientación de las filas.

#### 3.1 Marco de plantación

El marco de plantación es como se denomina a la forma de disponer los árboles en la parcela, la distancia y/o geometrías que se establecen entre ellos. En caso de que la parcela presente pendientes fuertes y accidentadas será difícil seguir estas geometrías a la hora de la plantación por lo que se optara por seguir las líneas de nivel, en cambio si la superficie es llana o con poca pendiente se pueden adoptar varias geometrías, Figura 7.

- Marco real o cuadrado: los árboles se plantan en los vértices de cuadrados adosados y de lado constante.
- Marco a Tresbolillo: en esta disposición los arboles ocupan los vértices de triángulos equiláteros iguales y adosados. El lado de los triángulos es el marco de plantación.
- Marco rectangular o en líneas: es uno de los marcos más utilizados, en el los árboles se colocan en los vértices de rectángulos adosados y de medidas constantes. El lado mayor del rectángulo se denomina “calle” y el lado menor “fila”. En la mayoría de las plantaciones actuales sea cual sea su finalidad el marco rectangular es el más utilizado ya que permite regular la densidad de la plantación a la vez que facilita muchas de las labores agrícolas.

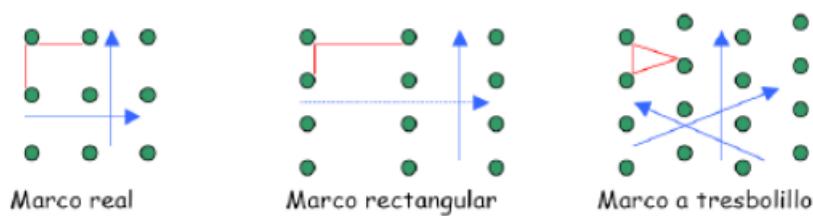


Figura 7Representación de los marcos de plantación. Fuente: Latorre Moreno J.

### 3.2 Densidad de plantación

Existen una serie de condicionantes que afectan a la hora de elegir la densidad de plantación:

- El potencial productivo, se ha demostrado que los modelos novedosos que se basan en intensificar los cultivos obtienen mayores producciones, esto quiere decir que al plantar un mayor número de plantas la producción por hectárea también aumenta.
- Vigor de los árboles, la densidad de los arboles está condicionada por el tamaño de estos. Arboles de poco vigor permiten plantaciones más intensivas al poder aumentar la densidad de plantación.
- Mecanización, la distancia entre arboles de la misma línea de cultivo es clave para que se puedan llevar a cabo labores mecánicas con mayor o menor facilidad como la poda mecánica, aplicación de tratamientos o la recolección. Por lo general a menor distancia entre arboles más efectiva es la mecanización.

La densidad de plantación está relacionada con la intensificación del cultivo, por lo general se pueden diferenciar tres modelos en base a la densidad por hectárea de árboles:

- Plantaciones de baja densidad: son plantaciones tradicionales dispuestas en marco real o a tresbolillo con poca carga productiva que no superan los 200 árboles por hectárea. El sistema de conducción que se suele emplear en este tipo de plantaciones es el del vaso tradicional que busca gran vigor en las copas, figura 8.
- Plantaciones de densidad media: se trata de plantaciones habitualmente dispuestas en un marco rectangular de uno 6-5 x 6-4 metros, que suelen tener una densidad de 200 a 700 árboles por hectárea. Estas plantaciones también utilizan el sistema de conducción de vaso tradicional pero reducen el espacio entre árboles. En Chile, uno de los países más con mayor producción de ciruelas es el sistema más ampliamente utilizado (I.Iglesias et al, 2021).
- Plantaciones intensivas: son plantaciones más modernas, muy utilizadas en frutales, que aplican el concepto de aumentar la densidad de plantación para obtener mayores producciones, se basan en un marco rectangular de 5,5-5 x 2,5-

3 metros rondando los 800-1000 árboles por hectárea, el sistema de conducción más utilizado en este tipo de plantaciones es el vaso tradicional pero con variedades de medio vigor que permiten acercar más los árboles.

- Plantaciones súper-intensivas: son plantaciones denominadas de alta densidad con marcos de plantación rectangulares que varían desde  $4 \times 1,0-1,2$  a  $3 \times 0,6-0,8$  metros pudiendo llegar a cifras de 1200 a 6000 árboles por hectárea. En este tipo de plantación varían mucho los sistemas de conducción elegidos ya que hay infinidad de opciones, por lo general son sistemas denominados en 2D o planos caracterizados por buscar formas más planas y copas de tamaño muy reducido a diferencia de los sistemas en 3D o en volumen, en la figura 8 se puede ver la diferencia entre las copas 3D Y 2D.

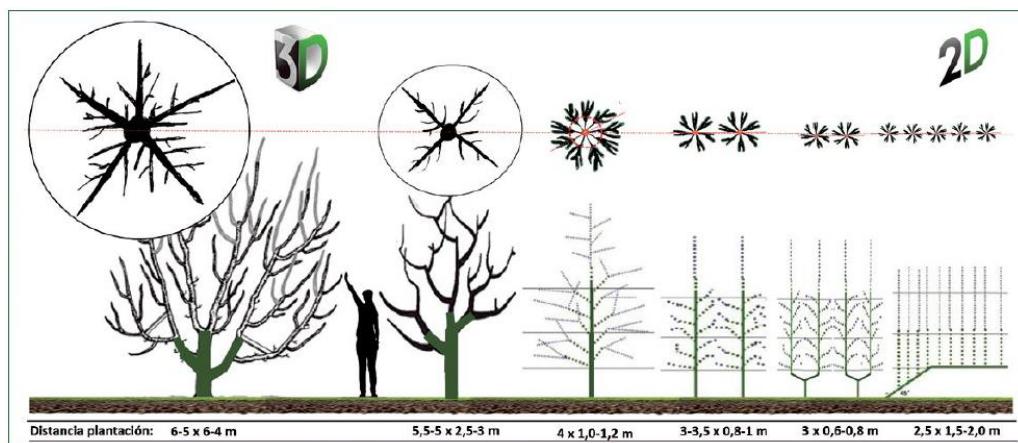


Figura 8 Evolución de los sistemas de formación en ciruelo en las últimas décadas, a la izquierda formas en volumen o 3D ya la derecha las formas planas o 2D como el eje, viejo o multilíder. En la parte superior la proyección horizontal de la copa y en la inferior los marcos de plantación asociados. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zuñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).

### 3.2.1 Alternativa elegida

Uno de los condicionantes pautados por el promotor indica que la plantación debería mecanizarse lo máximo posible y para ello la mejor manera es la de implantar un sistema súper-intensivo, estas plantaciones se basan en dos sistemas de formación, en eje central o en seto, y según se elija uno u otro se definirá el marco de plantación y la densidad. El modelo de conducción en esto supone una innovación cuando se trata de plantaciones de ciruelos destinados a la industria ya que la mecanización es casi total en la poda y la recolección se realiza mediante el uso de máquinas cabalgantes, lo que permite reducir los costes de producción de forma muy significativa con respecto al

sistemas mayormente utilizado como es el del vaso, con árboles muy vigorosos, en marcos de plantación de unos 600 árboles por hectárea. Además estos nuevos sistemas permiten la opción de realizar una recolección manual para el consumo en fresco, cuando los precios del mercado sean interesantes para el promotor (I.Iglesias et al, 2021).

Según los datos recogidos por Benito et al. (2018) el sistema de conducción de seto multieje, en ciruelo, entra más rápido en producción que el seto con eje central por tener mayor número de ramas productivas que el sistema de eje central. Con un manejo adecuado de pinzamientos o podas en verde, el seto multieje cubre más rápidamente y de manera más efectiva el espacio ocupado a cada árbol, produciendo fruta más rápidamente. También se ha de tener en cuenta que la inversión inicial que supone la plantación en eje central es mayor, al necesitar una estructura de apoyo para los árboles, suponiendo un gasto mayor por hectárea. (I.Iglesias et al, 2021).

Según I.Iglesias et al, 2021, los marcos de plantación de 3,2 x 1,2 m y 3 x 1 m posibilitarían a los arboles ocupar el espacio asignado más rápidamente, incrementando la intercepción lumínica y el potencial productivo sin afectar a la calidad del fruto, llegando a producciones de 40.000 kg/ha como se muestra en la figura 9, donde se ilustran las producciones obtenidas con un marco de 3,5 x 1,5 m y las esperadas al reducir las distancias a 3,2 x 1,2m y a 3 x 1m, que serían los que más se acercan a la densidad optima de plantación para el sistema del seto. Estos resultados sobre potencial productivo coinciden con los obtenidos en el INTIA (Navarra) por Benito et al. (2018) en una plantación de 3,5 x 1m.

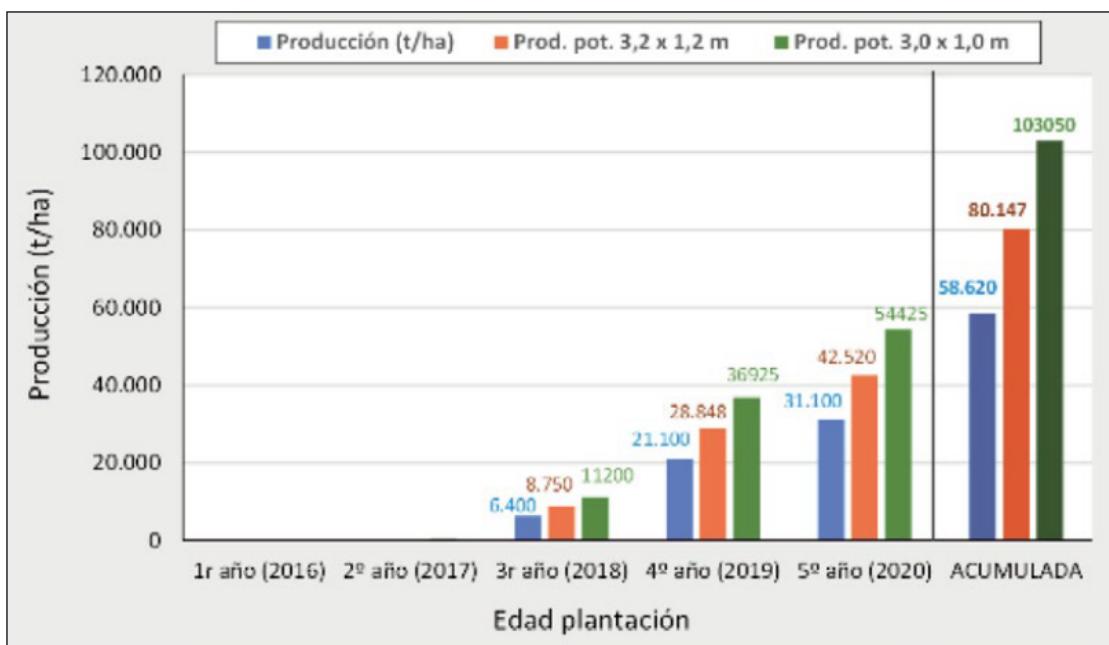


Figura 9. Producciones anuales y acumuladas de la variedad 'Agen' en Agrícola San Miguel (Chile), hasta el quinto año de plantación con el marco de 3,5 x 1,5 m (en azul) y las producciones potenciales esperadas para los marcos de plantación 3,2 x 1,2m y 3 x 1m. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zuñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).

Por todo lo expuesto anteriormente, se ha tomado la decisión de realizar la plantación siguiendo el modelo súper-intensivo con el sistema de formación en seto multieje o en eje central obteniéndose con estos una alta producción, además al ser la industria el principal destino de la fruta, es importante destacar que esta alternativa posibilita una recolección totalmente mecánica con el uso de una maquina cabalgante, reduciendo significativamente los costes de la operación, que de otra manera suponen un gasto casi inasumible en las explotaciones tradicionales destinadas a producir fruta para la industria. El marco de plantación que podría escogerse es el de 3,2 x 1,2 metros ya que es un marco intermedio en este tipo de plantaciones, no se encuentra en ninguno de los dos extremos, es por ello que se espera con él una producción mayor a la obtenida con el marco 3,5 x 1,5m pero sin llegar a una posible situación de excesivo estrés en las plantas en el marco de 3,0 x 1,0m, ya que este no ha sido probado en plantaciones comerciales de ciruelos.

### 3.3 Disposición de los arboles

El factor limitante en este tipo de plantaciones es la máquina de recolección. El volumen del árbol está limitado al paso que dispone la máquina, en este caso cabalgante. Es necesario que el alto y el ancho de los ciruelos se ajusten a la maquina

escogida, normalmente se toma como valor de referencia para el ancho de los arboles 0,8-1m y 2,5-2,9m de altura. En este modelo los marcos idóneos son de 3-3,5 x 1-1,35 m, en la figura 10 se pueden ver las medidas descritas.

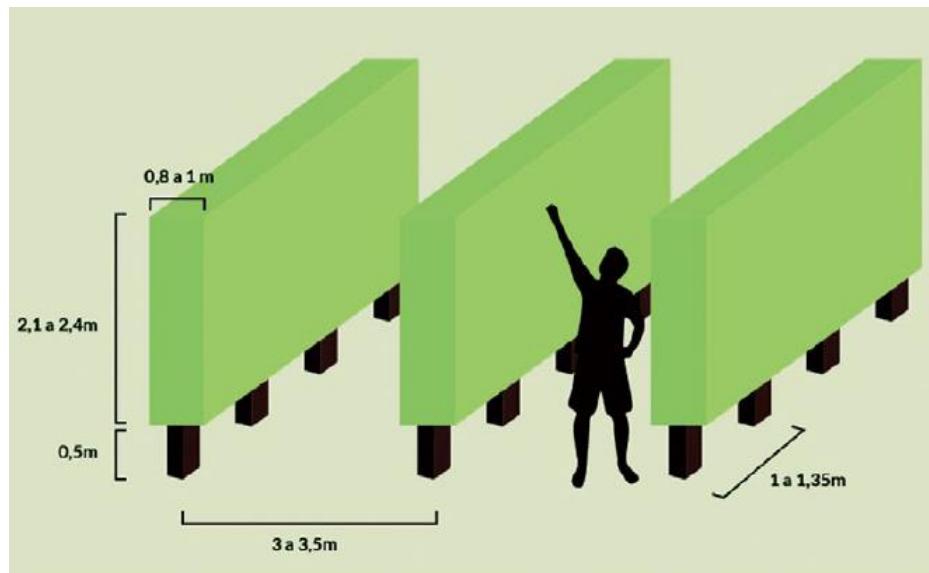


Figura 10 Modelo de plantación en seto de la ciruela de 'Agen' para su recolección con maquina cabalgante indicando marcos de plantación y dimensiones de la copa. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zuñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).

Otro aspecto a tener en cuenta para decidir la disposición de los arboles es la latitud en la que se encuentra la zona de estudio, que es en el norte de España, por encima del paralelo 40°. Según Rius et al 2017, en el caso de encontrarse más cerca del paralelo 30 ° la distancia entre calles se puede reducir hasta los 3 metros dado que cuanto más cerca se está del ecuador el arco solar es más agudo y los rayos de luz inciden con mayor perpendicularidad, por lo que el sombreo entre filas es menor. Es por esta cuestión que se ha decidido modificar el marco escogido anteriormente aumentando la distancia entre filas a 3,5 metros y así evitar problemas posteriores de sombreado entre filas que significarían una bajada de producción en la explotación.

Como conclusión; el marco escogido es de 3,5 metros entre calles y de 1,2 metros entre árboles, obteniéndose una densidad de unos 2380 ciruelos por hectárea, cuya altura y anchura no se definirán hasta seleccionar la maquina cabalgante que los cosechará, en todo caso los primeros 50cm de tronco no estarán ramificados favoreciendo así la recolección y reduciendo la perdida de fruta por el paso de la maquinaria.

### 3.4 Orientación de las filas

La orientación de las filas se elige en función de varios elementos, pero principalmente según el norte geográfico. Para obtener una producción adecuada y de calidad, la orientación que se debe establecer ha de garantizar una buena iluminación solar, en este sentido la orientación Norte-Sur posibilita un reparto uniforme de la iluminación en las dos caras del seto. Otro de los factores que se debe tener en cuenta es la forma y orientación de la parcela para no dificultar excesivamente las labores de la maquinaria ni desaprovechar espacio de cultivo.

La parcela del proyecto tiene una forma cuadrada, figura 11, por lo que existen dos posibles orientaciones según los márgenes y la forma de esta:

- orientación NxO-SxE (figura 12)
- orientación ExN-OxS (figura 12)

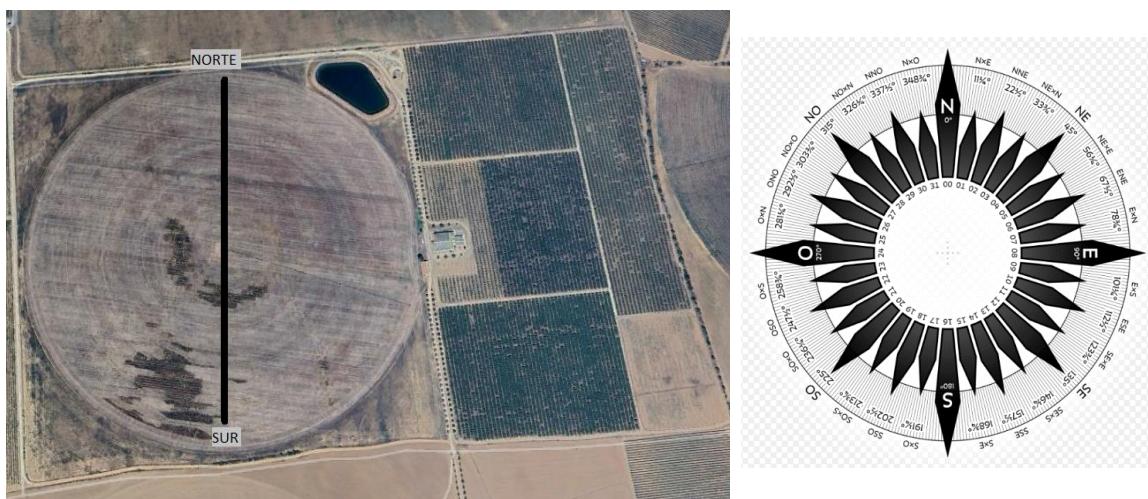


Figura 11 (derecha) Orientación de la parcela a estudiar. Imagen y orientación tomadas de Google Earth. Figura 12 (Izquierda) Rosa de los vientos de 32 puntos. Fuente: Wikipedia.

La orientación que se ha elegido es en dirección NxO-SxE siendo la más cercana la orientación Norte-Sur que permite, en las plantaciones súper-intensivas en forma de muro frutal o seto multieje, la iluminación más uniforme en las dos caras del seto, figura 13. Las filas no se han orientado estrictamente en dirección Norte-Sur ya que esto significaría no plantar siguiendo los márgenes de la parcela, perdiendo terreno productivo y dificultando muchas de las labores de la maquinaria, para evitar estos problemas se ha optado por desplazar mínimamente la orientación, siguiendo además el modelo ya implementado en la finca donde se ve en la parte derecha de la figura 11 como la orientación de las líneas es la escogida también en este proyecto.



Figura 13 Iluminación y desplazamiento del arco solar en la orientación Norte-Sur de las líneas de plantación. Fuente: Latorre Moreno J.

## 4 TECNOLOGÍA DE LA PLANTACIÓN

### 4.1 Sistema de poda de formación

El objetivo es elegir el sistema de formación más adecuado para la plantación superintensiva de ciruelos que se pretende realizar, cuya recolección será mecánica.

#### 4.1.1 Criterios de valor

Entrada en producción del sistema: Debido al corto tiempo de vida útil que se prevé para la plantación, resulta interesante elegir aquellos sistemas de poda de formación que aporten una rápida entrada en producción.

Coste de la poda: Los costes de poda son unos de los más importantes que se deben asumir en una plantación frutal, por lo que es fundamental que sean mínimos, tanto en la poda de formación como en la de mantenimiento de los árboles.

Mecanización del cultivo: El sistema de formación que se elija condicionara la ejecución del resto de labores a realizar en la plantación.

Capacidad productiva: Se buscara que el sistema de formación de los arboles tenga una buena capacidad productiva ya que un objetivo de esta plantación es el de producir la mayor cantidad de fruta por hectárea posible.

#### 4.1.2 Evaluación de las alternativas

##### El vaso

El árbol tiene un tronco de entre 0,3 y 1 metro de longitud, del cual emergen tres ramas principales dispuestas a 120° entre sí, con cierta verticalidad. Estas ramas salen del tronco con una separación de 10-20 cm entre ellas. De estas ramas principales, surgen ramas secundarias que se distribuyen uniformemente, formando pisos escalonados de manera sistemática. Este sistema es ideal para árboles con un gran vigor y requiere una superficie amplia para el desarrollo de la copa del árbol, por lo que no es adecuado para alta densidad. Además, necesita entre 3 y 4 años para su formación definitiva, lo que

retrasa la entrada en producción haciendo que la plantación tarde más años en amortizarse.

La principal ventaja de este sistema son la alta productividad que genera y la capacidad de soportar grandes superficies de copa con su respectiva carga frutal, consiguiendo unas altas producciones por árbol. Sin embargo, presenta desventajas como una poda compleja, que requiere más tiempo para cubrir los espacios entre las ramas, haciendo esta labor más costosa. La mecanización es difícil debido a que la precisa distribución de las ramas no es compatible con el uso de podadoras mecánicas, lo que supone que la poda ha de ser manual suponiendo, junto a la recolección hasta más de un 50% de los costes de producción.

#### Las formas axiales: el eje central y doble eje

En ciruelo, el desarrollo de las formas axiales o en dos dimensiones (Figura 8) está todavía en su fase inicial, debido a que estos modelos se fundamentan en una plantación de alta densidad que supone un tamaño reducido de los árboles que se consigue con patrones o variedades de poco vigor y actualmente este tipo de genética no está muy desarrollada.

Los marcos de plantación que se utilizan en estos sistemas van desde 3 a 4 metros entre filas y de 0,5 a 1,5 metros entre árboles, consiguiéndose densidades de 1600 a 6600 árboles por hectárea. La formación de estos sistemas se basa en formar el árbol en torno a un único eje que crece vertical sin interrupción y cada determinada distancia (20-30cm) dejar varias ramas u órganos de producción que se intentaran forzar para que se dispongan horizontalmente, tangencial a dicho eje, generando así una formación en dos dimensiones, sin volumen, el árbol se desarrollara en un plano dispuesto en la dirección de las ramas horizontales. También ese eje puede despuntarse a temprana edad del árbol y convertirse en dos ejes que crecerán de manera simultánea y se formaran siguiendo el mismo criterio que si fueran ejes centrales independientes.

Una de las principales ventajas de este sistema es que se facilita el acceso a la copa de los árboles tanto para las personas como para la maquinaria, consiguiéndose reducciones muy importantes en los costes anuales de producción, sobre todo en mano de obra. Otra ventaja importante es que se consiguen altas producciones y con tiempos

de entrada en producción de la plantación muy reducidos ya que es un sistema en alta densidad y estos son factores que están más que demostrados (Iglesias y Torrents 2020, Iglesias 2021). Sin embargo este sistema cuenta con la desventaja de que tiene un alto coste de implantación, ya que es indispensable se guíen los árboles para conseguir la forma plana y para ello se instalan postes de madera con guías generalmente metálicas a las que se atan de forma manual los órganos de fructificación horizontalmente, suponiendo también un gasto importante en mano de obra durante las podas de formación. Otra de las desventajas es que no existe la posibilidad de realizar recolecciones mecánicas, únicamente se puede recoger la fruta de forma manual, por lo que el único destino rentable será el mercado del consumo en fresco.

### El seto

La realidad de este sistema de formación en el ciruelo es muy parecida a la del sistema en eje central, en la actualidad está comenzando a extenderse por el surgimiento de nuevos patrones de bajo vigor capaces de aportar esa cualidad indispensable en este tipo de plantaciones en alta densidad.

El marco de plantación que se da en este sistema es de 3 a 3,5 metros entre filas y de 1 a 1,5 metros entre plantas, llegando a densidades de 3300 árboles por hectárea. El sistema de formación en seto se basa en la obtención de un sistema de pequeño volumen y forma bidimensional en el cual los árboles buscan formar un muro vegetal continuo y homogéneo. Para ello se busca que la copa bidimensional esté constituida por múltiples ramas que ocupen el espacio asignado de manera eficiente, esto se consigue realizando un corte horizontal a todas las ramas durante la poda, el primer y segundo año se recomienda hacerlo manualmente y el tercero ya puede hacerse de forma mecánica. En la figura 14 se pueden observar los diferentes cortes y dimensiones del sistema en seto.

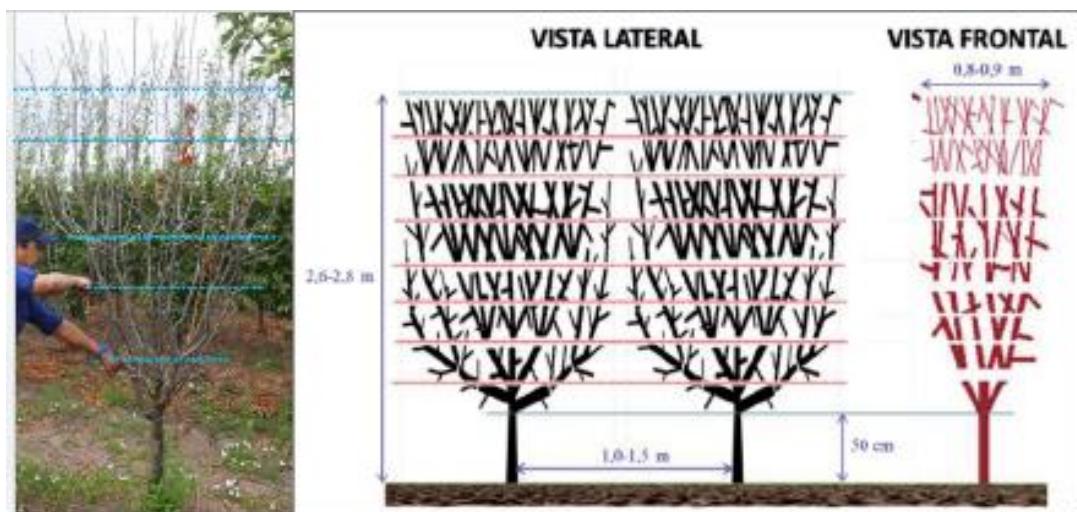


Figura 14 Árbol adulto con múltiples ramas, indicándose los despuntados realizados en verde. A la dcha., vista lateral y frontal del seto con sus dimensiones. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zuñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).

Este sistema de formación proporciona varias ventajas sobre todo relacionadas con la reducción de la mano de obra y por ende de los costes productivos. Como ya se ha nombrado anteriormente, la poda de formación y mantenimiento a partir del segundo o tercer año se realiza casi exclusivamente de forma mecánica, además este sistema está diseñado con las medidas óptimas para ser recolectado también de forma mecánica, si el destino de la fruta es la industria, o de forma manual si se quiere la fruta para un consumo en fresco. El que la plantación se pueda manejar casi exclusivamente con maquinaria cuenta con las ventajas de que se elimina la dependencia de mano de obra temporal, se reducen en este sentido los costes de producción (suponiendo la poda y la recolección en las plantaciones tipo “vaso” y “eje central” el mayor de los costes) y se mejora la calidad del trabajo. También esta doble aptitud de recolección mecánica para la industria y manual para el consumo en fresco puede ser interesante para elegir una, otra o las dos combinadas en función de los precios según la campaña. Y evidentemente al ser un sistema de alta densidad el periodo improductivo se ve reducido gracias a la intensificación de la plantación.

#### 4.1.3 Alternativa elegida

En base a los criterios de valor establecidos en los que se premia la mecanización tanto para la poda como para la recolección, la rápida entrada en producción y una alta capacidad productiva, el modelo elegido es el del seto ya que es el único de los estudiados que responde a todas las premisas y que además de ello ofrece una aptitud mixta que da a la plantación un valor extra al tener un sistema completamente mecanizable que genere fruta para la industria y que a la vez pueda ser recolectado

manualmente en ocasiones puntuales para obtener mayor beneficio si el mercado de la ciruela de mesa es favorable. Además el coste de implantación y de formación de este modelo es menor que en el caso del eje central por ejemplo, por lo que se reduce el riesgo económico respecto a otros sistemas en alta densidad.

## **4.2 Sistema de riego**

La producción de todos los cultivos responde de manera directamente proporcional a la cantidad de agua aplicada, hasta alcanzar una dosis máxima a partir de la cual ya no se ve afectada la producción

### **4.2.1 Evaluación de alternativas**

#### Riego en superficie

Es el método de riego más utilizado actualmente en la mayor parte del planeta y también el más antiguo en la historia de la agricultura. Puede realizarse a manta (aportando agua a toda la superficie de la parcela) o por surcos. Este sistema destaca por tener unos malos rendimientos del agua, no se aprovecha toda la que se aplica ya que se necesitan grandes cantidades de agua para humedecer todo el sistema radicular además la parcela tiene que estar bien nivelada para conseguir una homogeneidad de aplicación.

#### Riego por aspersión

Es un sistema de riego más novedoso y eficiente que el riego en superficie. Se basa en humedecer toda la superficie de la parcela por medio de aspersores instalados en ella. Es un sistema que no se utiliza en las plantaciones frutales ya que dependiendo de las épocas en que se aplique, por ejemplo en la polinización, se puede bajar mucho el rendimiento de la producción, además los frutales son muy sensibles a la aparición de enfermedades fúngicas que muchas veces se ven favorecidas por una humedad constante en el tronco u hojas.

#### Riego por goteo

El sistema más eficiente para conseguir el objetivo del proyecto es el riego por goteo. Este sistema se basa en la aplicación del agua gota a gota siempre en los mismos puntos

de la parcela, se evita así el tener que humectar toda la superficie de la parcela, mejorando la eficiencia en el uso del agua además de concentrar las raíces en los bulbos húmedos que crea cada emisor o gotero por lo que en caso de aplicar fertilizantes en esta agua de riego, se asegura que estos estén alcanzables para las raíces. El tamaño y disposición de este bulbo húmedo varía en función del tiempo de suelo que se riega y del caudal aportado por los emisores.

El sistema de riego por goteo puede instalarse de dos maneras: superficialmente, donde las tuberías se extienden sobre la superficie del suelo, o subterráneamente, donde las tuberías se entierran en el terreno mediante máquinas específicas. La profundidad de instalación varía según el tipo de cultivo y el sistema radicular, se recomienda por lo general en plantaciones de alta densidad una profundidad de 24 a 40 cm.

La ventaja del riego por goteo superficial es la facilidad para reparar averías. Por otro lado, el sistema subterráneo proporciona un contacto más directo con las raíces y facilita las labores agrícolas, ya que las tuberías no serán dañadas. Ambos sistemas cuentan con la posibilidad de aplicar fertilizantes líquidos de manera precisa utilizando los elementos de distribución del riego.

#### **4.2.2 Alternativa elegida**

La alternativa escogida para su implantación en la parcela es el riego por goteo superficial, este es el sistema de riego por excelencia que presenta en los frutales ya que es un cultivo en que no hace falta humectar toda la superficie cultivada y cuenta con unos importantes rendimientos en el uso de agua además de la posibilidad de aplicar fertilizantes disueltos en el riego. También facilitara su implantación ya que no es necesario hacer una nivelación en la parcela. En el Anejo Proceso Productivo se describirán más detalladamente las cualidades del sistema y se calcularán los parámetros necesarios para su correcta implantación en la parcela, teniendo en cuenta las necesidades del cultivo, las características de los sistemas de riego por goteo y las propiedades físicas del suelo.

## 4.3 Mantenimiento del suelo

Los árboles frutales no ocupan toda la superficie del terreno que se les adjudica, a diferencia de los cultivos herbáceos. Por ello en las explotaciones frutales la elección del manejo de esta fracción del suelo tiene cierta importancia ya que dependiendo de la solución adoptada se afectara positiva o negativamente en diferentes factores.

### 4.3.1 Aspectos a considerar

Los aspectos que se van a tener en cuenta son los siguientes:

#### Condicionantes edafoclimáticos

La irregularidad y la falta de lluvias pueden condicionar la viabilidad de la cubierta vegetal durante los meses más secos y cálidos. También se debe tener en cuenta que los riesgos de helada por irradiación varían, entre otras cosas, en función del mantenimiento de suelo que se lleve a cabo. El tipo de suelo que existe en la parcela y su fertilidad también son factores importantes que se deberán tener en cuenta a la hora de elegir el sistema de mantenimiento del suelo.

#### Condicionantes técnicos

Se deben tener en cuenta, a la hora de elegir el mantenimiento del suelo más adecuado, factores de diseño como el material vegetal, el estado de desarrollo en el que se encuentran los árboles, el marco de plantación y densidad, y también las operaciones de cultivo como el paso de maquinaria y la poda.

#### Condicionantes económicos

Uno de los factores más importantes que se tendrán en cuenta es la rentabilidad económica de cada sistema, tanto la inversión necesaria para su establecimiento como para su mantenimiento y también la influencia de cada uno sobre la producción.

### 4.3.2 Alternativas para el mantenimiento

El mantenimiento del suelo incluye todas las operaciones culturales realizadas para trabajar el suelo. Su objetivo es crear y mantener un entorno favorable para el

crecimiento de las raíces del cultivo, minimizar la competencia entre el cultivo y la vegetación no deseada, y facilitar el tránsito de la maquinaria por las calles de la plantación. Las estrategias más comúnmente utilizadas en el manejo del suelo son:

#### Suelo sin vegetación

La idea principal es mantener el suelo libre de malas hierbas, ya sea mediante laboreo superficial o el uso de herbicidas.

#### Suelo con vegetación

El objetivo es sembrar una cubierta vegetal viva o dejar que esta crezca de manera espontánea entre las líneas de la plantación.

#### Técnicas mixtas

Consisten en alternar dos métodos de manejo del suelo, ya sea en el tiempo o en el espacio. Las técnicas mixtas en el tiempo alternan ambas formas de mantenimiento a lo largo del año (suelo con vegetación y suelo sin vegetación), mientras que las técnicas mixtas en el espacio alternan el manejo en calles intercaladas o entre calle y fila, siendo esta última la más común.

### **4.3.3 Evaluación de alternativas**

En función de las estrategias nombradas anteriormente se desarrollan diferentes técnicas de mantenimiento del suelo, las más habituales son las siguientes:

#### Laboreo

Esta técnica consiste en una sucesión de intervenciones mecánicas cuyo principal fin es el de trabajar el suelo, volteándolo o rompiéndolo a diferentes profundidades eliminando así la vegetación espontánea o adventicia que haya podido crecer en la parcela. Generalmente se realizan estas labores en los momentos en que la competencia entre la vegetación adventicia y el cultivo es mayor, evitando así posibles pérdidas de producción. También se busca realizar estas labores antes de que se reproduzca esta vegetación ya que así cada año se reduce el banco de semillas del suelo. Cabe destacar

que las condiciones de humedad han de ser adecuadas para cada tipo de apero o labor. Las principales ventajas que ofrece este sistema son:

- Se eliminan las malas hierbas, se pretende mejorar la infiltración del agua al romper la costra superficial y se reduce la evaporación por ascensión capilar.
- Se reduce el riesgo de heladas por irradiación, sobre todo si el suelo está desnudo y compactado en las zonas próximas al tronco, bajo la copa.
- Facilita la incorporación de enmiendas y abonos
- Favorece el desarrollo del sistema radicular de la planta y elimina galerías de roedores.

Sin embargo cuenta con importantes desventajas para la plantación:

- El consumo de energía es elevado y el número de operaciones anuales que se han de realizar también es alto.
- Reduce la estructura del suelo por lo que favorece la mineralización de la materia orgánica y son necesarios aportes regulares de materia orgánica.
- Como el suelo permanece sin cubierta durante prácticamente todo el año, el riesgo de erosión aumenta. Además el pase constante de maquinaria a la misma profundidad puede generar un horizonte de arado o suela de labor que reducirá la infiltración del agua y dificultara el paso de las raíces.
- Las raíces superficiales se destruirán durante las intervenciones de laboreo limitándose así su desarrollo.
- Las heladas primaverales pueden verse favorecidas.

Las labores se llevaran a cabo en los periodos de actividad del cultivo, es decir, en primavera y en verano. También en otoño o invierno se suele realizar alguna labor

complementaria a las anteriores. La maquinaria que se suele utilizar varía según lo que se busca conseguir en ese momento:

- Cultivador, arranca las malas hierbas y descompactan la zona superficial del terreno
- Aperos rotativos, fragmentan y entierran y rompen la estructura del suelo.
- Grada de discos, cortan y voltean el terreno enterrando los restos vegetales de la superficie.

#### Aplicación de herbicidas

La aplicación de herbicidas busca mantener el suelo limpio de vegetación adventicia a base de la aplicación de herbicidas selectivos que no sean dañinos para el cultivo, por lo tanto es un método de control químico. Este método se puede llevar a cabo en toda la parcela o puede combinarse con otras técnicas de manejo. Económicamente es una técnica muy asequible y que está totalmente mecanizada por lo que su uso en las explotaciones es bastante amplio. Para reducir los tratamientos esta técnica requiere un conocimiento extenso de la vegetación adventicia que existe en la parcela. Y para evitar que se generen resistencias a algunos herbicidas se debe variar cada cierto tiempo la materia activa que se utiliza.

A continuación se nombran algunos de los efectos favorables que presenta:

- Al reducir el tiempo y la frecuencia de las operaciones, se convierte en un sistema más rentable que el laboreo.
- En comparación con el laboreo conserva más la estructura del suelo y en zonas de poca pendiente el suelo se erosiona menos.
- El desarrollo de las raíces más superficiales de los árboles no se ve limitado.

Algunas de las desventajas que presenta la aplicación de herbicidas sin remover la tierra pueden ser:

- Si no se lleva un control y los tratamientos se realizan de manera indiscriminada, el riesgo de contaminación del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas es muy alto.
- Se facilita la formación de una costra superficial que dificulta la incorporación de abonos y enmiendas
- Se favorece la presencia de roedores con las desventajas que eso conlleva.
- Pueden aparecer problemas de fitotoxicidad en el cultivo además de que la vegetación adventicia puede generar resistencias a alguna materia activa por un uso reiterado, es por ello que la realización de este tipo de control exige el cumplimiento de una serie de normas y requisitos que suponen entre otras cosas el conocimiento de la vegetación adventicia y de las materias activas utilizadas.

### Cubierta vegetal

La cubierta vegetal es una opción económica y eficaz para mejorar la estructura y composición de la mayoría de los suelos. La selección del tipo y variedad de cubierta, así como su manejo, son factores clave para obtener el máximo beneficio. Una cubierta vegetal viva protege el suelo contra la erosión y su control se realiza mediante siegas mecánicas que regulan su altura. Existen dos tipos principales de cubierta vegetal: temporal y permanente.

La cubierta vegetal permanente consiste en cubrir el suelo de forma continua con una cubierta herbácea que se siega regularmente, dejando la hierba en el suelo. La tendencia actual es limitar la cubierta a las calles, manteniendo desnuda la línea de plantación, donde es más difícil manejar la cubierta y podría ser contraproducente para el cultivo

En el caso de la cubierta temporal el suelo se cubre de vegetación únicamente durante una parte del año (6-8 meses) con vegetación herbácea natural (espontánea) o sembrada, buscando producir la mayor cantidad posible de materia verde y practicar el abonado verde anual. El objetivo no es mantener una cubierta vegetal durante todo el año, sino únicamente en el periodo no activo. Como resultado, se produce un desarrollo de vegetación arvense debido a la reducción de intervenciones. El resto del año, el suelo se mantiene libre de malas hierbas mediante labores.

Las ventajas de establecer una cubierta vegetal incluyen:

- Aumenta el porcentaje de materia orgánica en el suelo mejora la estructura de este y haciendo que los nutrientes estén más fácilmente disponibles para las plantas.
- Favorece la infiltración y aumenta la capacidad de retención de agua.
- Facilita el desarrollo superficial de las raíces del árbol y el control de malas hierbas que no soportan la siega reiterada, ya que la siega se realiza antes de que las malas hierbas puedan reproducirse por semillas.
- Permite el paso de maquinaria en períodos húmedos, ya que la cubierta vegetal soporta el peso de la maquinaria y reduce el encharcamiento, reduciendo la compactación del suelo.
- Si la cubierta es sembrada pueden escogerse plantas mejorantes, como las leguminosas, que además de aportar materia orgánica al suelo también incrementen la concentración de diferentes nutrientes esenciales.

Sin embargo, también presenta desventajas:

- La cubierta puede competir con el desarrollo del árbol si no se maneja adecuadamente.
- Si no se controla la altura de siega, puede favorecer el riesgo de heladas
- Dificultad de establecimiento en plantaciones con riego por goteo ya que el riego se localiza en puntos concretos.

### Técnicas mixtas

Para resolver los problemas que pueden causar los distintos sistemas cuando se emplean individualmente, se pueden combinar varios métodos. Estas técnicas pueden ser simultáneas, aplicándose a la vez en distintas partes del terreno, o alternativas, aplicándose en toda la superficie pero en distintas épocas del año. Las combinaciones más comunes son:

- Laboreo y herbicidas: En el caso de querer mantener toda la superficie libre de vegetación adventicia es recomendable combinar el laboreo en las calles de la plantación y la aplicación de herbicidas bajo la línea de árboles, eliminando la dificultad de controlar la vegetación bajo los árboles mediante laboreo.
- Cubierta permanente y herbicidas: Se establece una cubierta vegetal en las calles de la plantación ya sea sembrada o espontánea, mientras que en la línea de los árboles se aplica herbicida para controlar las malas hierbas. Esta combinación cuenta con todas las ventajas que ofrece la cubierta vegetal y además elimina los problemas que se causan al contar con vegetación bajo la línea de los árboles.

Generalmente las técnicas mixtas se basan en diferenciar dos zonas de manejo y llevar a cabo un mantenimiento del suelo u otro en función de estas ya que presentan limitaciones y requisitos diferentes. En las plantaciones frutales las zonas que se diferencian son las líneas entre árboles y las calles de la plantación.

Las líneas entre árboles se refieren al espacio que existe entre los árboles de una línea (ocupa la línea entre árboles y suele ser de 80cm de ancho), que generalmente es reducido y no permite el paso de maquinaria, esta zona es una de las más sensibles a la vegetación ya que comprende el espacio más cercano a los troncos de los árboles y la zona en que se encuentran los goteros, es decir, donde estarán las raíces del cultivo por ello se busca evitar las competencias que se pudieran causar en esa zona, prevaleciendo el laboreo o control químico en las líneas frente a la cubierta vegetal.

La otra zona que se describe a la hora de mantener el suelo es la calle, que ocuparía la franja de paso de maquinaria (el lado ancho del marco de plantación) dejando 30-40 cm con los troncos. En esta zona no existe tanta competencia entre el árbol y las posibles plantas que se desarrolle y suele interesar más que se genere una buena estructura del suelo que mejore sus principales características y que no se erosionen. Es por ello que actualmente la tendencia es dejar una cubierta ya sea permanente o temporal y sembrada

o espontanea en esta zona, mejorando las cualidades del suelo y reduciendo los gastos de manejo.

#### **4.3.4 Alternativa elegida**

La alternativa por la que se ha optado es la técnica mixta que combina la cubierta vegetal en las calles con el uso de herbicida en las líneas (figura 15), ya que es la técnica que mejores ventajas ofrece. La aplicación de esta técnica supone, como ya se ha nombrado anteriormente, una mejora de las cualidades más importantes del suelo, sobre todo con los aportes de materia orgánica que se realizan y con la reducción de erosión que evita la perdida de estructura. También al mantener el suelo con cubierta vegetal se aumenta la biodiversidad y la actividad biológica es mayor, como la descomposición de la materia orgánica en nutrientes que consigue aumentar la disponibilidad de estos para el cultivo. También facilita los trabajos de la maquinaria al ser el suelo con cubierta menos propenso al encharcamiento, además el mantener la cubierta espontanea es menos costoso tanto en tiempo como en dinero frente al laboreo o al manejo con herbicidas.

Pese a presentar este sistema muchas ventajas frente al laboreo o el manejo químico cuenta con desventajas como la posibilidad de facilitar las heladas primaverales o la competencia hídrica con los árboles. Para solventar estos problemas se ha elegido el manejo mixto que pretende evitarlos utilizando el manejo químico en las zonas más vulnerables y difíciles de segar, en las líneas entre árboles. De esta manera desaparecerá el riesgo de heladas favorecidas por la cubierta, ya que bajo la copa no habrá vegetación, también se evitara la competencia hídrica y de nutrientes porque las plantas de la cubierta no tendrán acceso al bulbo húmedo.



Figura 15 Plantación de ciruelo marco 3,5 x 1m con manejo mixto, cubierta espontánea en la calle y herbicida en la línea de los árboles. Fuente: Quatre BCN. (2021).

El sistema de riego implantado en la parcela no es el más indicado para el establecimiento de la cubierta, dado que el bulbo húmedo que se genera queda localizado en las líneas de plantación, por ello como no se espera un gran desarrollo de la cubierta vegetal esta se dejara que crezca espontánea, quizás no aportara tantos beneficios como una sembrada pero no supondrá un gasto de establecimiento ni será necesario un manejo, más allá de la siega. También una ventaja que presentan las cubiertas espontáneas es la presencia de plantas indicadoras que si se conocen pueden servir de referencia para hacerse una idea de deficiencias o excesos de nutrientes en el suelo (apoyándose siempre en última instancia en los análisis reglamentarios edafológicos). Para su control se utilizará la técnica de siega mecánica de finales de mayo, dado a la escasez de precipitaciones del verano, la cubierta va a permanecer muy débil, por lo que no se espera que cree una competencia excesiva con los árboles.

Es importante destacar que durante el primer año de la plantación se optará por la técnica mixta de laboreo y herbicida para promover el desarrollo profundo de las raíces, evitando las competencias de la cubierta vegetal. Los posibles daños que puedan causar los herbicidas al ser aplicados cuando los arboles todavía son jóvenes se prevendrán con la instalación de protectores en los troncos que cubran la parte baja del árbol. Posteriormente, al comenzar la etapa de producción, se adoptará la técnica mixta de cubierta vegetal y herbicida.

## 4.4 Manejo de herbicidas

Un herbicida es un producto químico utilizado como fitosanitario cuya función es la de eliminar plantas indeseadas, en el modelo escogido las plantas a eliminar son las que se encuentren en las líneas de los árboles, generando una competencia directa al cultivo. Para evitarlo la solución adoptada será mediante el uso de los herbicidas, a continuación se realizará un breve estudio que permitirá su conocimiento y fomentara su correcto uso.

### 4.4.1 Clasificación de los herbicidas

Los herbicidas se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios:

En función de las plantas sobre las que actúa.

- Selectivo, es capaz de eliminar un tipo de planta consiguiendo respetar el cultivo.
- Total o no selectivo, su finalidad es la de controlar la totalidad de las plantas adventicias existentes sin discriminación.

En función de la persistencia de la sustancia activa en el suelo.

- Residual, se aplica directamente al suelo y forma una película que evita la nacencia y la germinación de las semillas.
- No residual, se degrada con rapidez por lo que únicamente actúa sobre las plantas a las que se les aplique.

Según sea la movilidad de la sustancia activa dentro de la planta.

- Herbicida sistémico, puede ser traslocado a través del floema por toda la planta hasta llegar a las zonas de acción. Se aplica, se absorbe y se distribuye por la planta.
- Herbicida de contacto, a diferencia del sistémico este no puede ser traslocado por el floema, solo afecta a las zonas en las que se ha aplicado.

Según el momento de aplicación.

- Presiembra, se aplica antes de la siembra o plantación, suele ser de acción total.
- Preemergencia, se aplica antes de la germinación de las plantas adventicias y presenta acción residual.
- Postemergencia, se aplica cuando las hierbas adventicias ya han germinado.

#### **4.4.2 Estrategias de aplicación**

Generalmente se pueden diferenciar cinco programas o estrategias diferentes para el uso de herbicidas.

- Programa con una única pasada: Consiste en una sola aplicación de herbicida por campaña, este ha de ser de preemergencia y se aplicará asociando diferentes materias activas.
- Programa fraccionado: Implica dos aplicaciones de herbicida de preemergencia con dosis reducidas, es similar al programa de una pasada pero en este caso la carga de materia activa será menor al haber varias aplicaciones y el residuo en el suelo también será más reducido.
- Aportes secuenciales: Similar al programa fraccionado, pero con diferentes materias activas de preemergencia en cada aplicación. Esto amplía el espectro de acción y reduce los riesgos de fitotoxicidad.
- Programa mixto: La primera aplicación es de postemergencia y la segunda, si fuera necesaria, de preemergencia. Esto reduce la cantidad de herbicida de preemergencia en comparación con las opciones A o B y contribuye a la conservación del medio ambiente.
- Técnica de cubierta natural controlada: Busca mantener la flora adventicia de manera racional mediante el uso exclusivo de herbicidas de postemergencia. El objetivo no es eliminar completamente las adventicias durante todo el año, sino controlar su desarrollo. Esta técnica implica aceptar cierta cobertura herbácea en

invierno entre cada aplicación de herbicida, hecho que no es relevante ya que durante esta época la flora adventicia no genera competencias con el arbolado.

#### **4.4.3 Indicaciones para una correcta aplicación**

A la hora de realizar un tratamiento con herbicidas se han de considerar un conjunto de factores con la finalidad de llevar a cabo el tratamiento de la manera más eficiente, económica y menos dañina para el ecosistema del cultivo, con el menor impacto ambiental posible. Las acciones y aspectos que merecen especial atención son los siguientes:

- Dedicar tiempo periódicamente al conocimiento de la flora adventicia existente en la parcela para identificar las especies y así poder realizar una correcta planificación del manejo con herbicidas.
- Seleccionar las materias activas adecuadas según el estado del cultivo, de la flora que se quiere controlar y el tipo de suelo. Verificar que estos principios activos estén permitidos para el ciruelo y escoger, en función de las alternativas, el herbicida de menor costo y menor impacto ambiental.
- Determinar la dosis adecuada para cada herbicida, aplicando la menor cantidad posible en el momento de menor riesgo y mayor eficacia. Las dosis mínimas recomendadas son suficientes para controlar la flora sobre la que se actúa.
- Evitar el uso repetido del mismo tipo de herbicida, alternar herbicidas que difieran en la materia activa que utilizan para el control de la vegetación, para así intentar que no se generen resistencias por la presión de selección que ejercería el uso de una única materia activa.
- Para eliminar las malas hierbas más resistentes, no se recomienda exceder las dosis recomendadas. En estos casos, elegir un herbicida selectivo y mezclar diferentes materias activas suele ser eficaz.
- No utilizar herbicidas no autorizados o prohibidos.

- Siempre que sea posible, aplicar herbicidas solo en las líneas de cultivo, realizando siegas o labores mecánicas en las calles.
- Tomar precauciones adicionales y evitar ciertos herbicidas en plantaciones con árboles jóvenes.
- Controlar mejor las malas hierbas anuales en sus fases iniciales de desarrollo, utilizando dosis más bajas de herbicidas postemergencia. Las malas hierbas perennes se eliminan más fácilmente en fases cercanas a su floración.
- Aplicar el herbicida bajo condiciones atmosféricas adecuadas, considerando el riesgo de lluvia y la incidencia del viento, evitando así problemas de deriva a zonas o cultivos no deseados o que el herbicida aplicado no del resultado esperado.
- Elegir el equipo adecuado para la aplicación y verificar el estado de la maquinaria, realizando revisiones periódicas, especialmente del estado de las boquillas.
- Utilizar boquillas anti deriva para reducir la influencia del viento y mejorar la distribución y eficacia del producto.
- Mantener una velocidad constante durante la aplicación y cerrar el flujo de herbicida al final de las líneas durante el giro para evitar que el herbicida llegue a zonas no deseadas.

#### **4.4.4 Alternativa elegida**

Para escoger el herbicida que se aplicara en las líneas de los árboles, previamente, un técnico se habrá encargado de estudiar cual es la flora adventicia que se quiere controlar para así realizar una elección precisa y optima del producto a aplicar.

Se destaca que el primer y segundo año de la plantación únicamente se realizarán aplicaciones con herbicidas de contacto, que son menos peligrosos para los árboles jóvenes, si están bien protegidos, a diferencia de los herbicidas sistémicos que pueden

ser adsorbidos por las raíces del árbol aunque no se le hayan aplicado directamente a este.

Una vez pasen los primeros años de la plantación, en los que los árboles son más delicados y fáciles de dañar, se podrán aplicar herbicidas con mayor rango de acción y se podrán combinar herbicidas selectivos y totales en función de las plantas adventicias existentes, anuales o perennes.

También se tendrá en cuenta la necesidad de alternar materias activas y con diferentes modos de acción para evitar ejercer una presión de selección en las plantas y que estas generen resistencias, lo que supondría un gran problema a la hora de eliminarlas.

## **4.5 Sistema de recolección**

### **4.5.1 Identificación de alternativas**

La manera de recolectar las ciruelas en España es por excelencia el método manual, ya sea su destino para fruta de mesa o para la industria. Tradicionalmente las plantaciones se han realizado en baja densidad y con la finalidad de recolectar la fruta a mano para venderla en el mercado de la fruta de mesa o consumo en fresco y en las épocas en que el calibre de la fruta o su estado sanitario no permitiera ese uso el productor podía optar por realizar la recolecta manual y vender las ciruelas a la industria, a un precio muy reducido.

Actualmente la mano de obra supone un gasto importante, por ello el promotor ha buscado tener la capacidad de prescindir de la mano de obra, optando por diseñar una plantación en la que la recolección se diera de manera mecánica, pese a que signifique que el destino de la ciruela sea la industria, pero los costes de producción se ven muy reducidos.

Por este motivo únicamente se van a estudiar los métodos de recolección mecánica aplicables al cultivo de la ciruela.

#### **4.5.2 Criterios de valor**

Los criterios de valor que se van a establecer a la hora de elegir el sistema de recolección más adecuado son los siguientes:

##### Sistema de plantación

Se tendrá en cuenta el marco de plantación, la densidad el sistema de poda y el tipo de maquinaria disponible, cada sistema necesita unos espacios mínimos de maniobrabilidad y alguno también requiere unas dimensiones específicas de la copa del árbol.

##### Mecanización y economía del sistema

El objetivo del proyecto es utilizar el mayor grado de mecanización posible para aumentar el rendimiento de la recolección y reducir la dependencia de la mano de obra. Lo que se traduce en un mayor beneficio de la plantación, en tiempo y dinero.

#### **4.5.3 Evaluación de las alternativas**

Los sistemas de recolección más utilizados en el cultivo de ciruelas son los siguientes, ordenados de mayor a menor grado de mecanización:

##### Recolección mediante vibrador con paraguas invertido.

El vibrador, que puede acoplarse al tractor o ser autopropulsado, cuenta con una pinza que agarra el tronco del árbol. Mediante la activación de la toma de fuerza, genera una vibración que provoca la caída de las almendras dentro de un sistema de paraguas invertido, facilitando su recolección. Esto reduce la necesidad de mano de obra y aumenta el rendimiento de la cosecha. Este sistema requiere arboles con copas de grandes dimensiones para obtener buenos rendimientos.

##### Recolección en continuo con máquinas de plano inclinado o side by side.

El sistema de recogida en continuo consiste en máquina autopropulsada (figura 16) con unas dimensiones de trabajo grandes que permiten trabajar en ciruelos con volúmenes de copa intermedios. Este tipo de recolección se adapta bien a la plantación es en semi

intensivo. Estas máquinas tienen que parar para verter la fruta recolectada en un cajón o remolque en mitad de la línea de trabajo.



Figura 16 Máquina de plano inclinado o side by side recolectando ciruelas. Fuente: Wikipedia.

#### Recolección con cosechadora integral o vendimiadora.

En este caso, la recolección también es continua, como en el caso anterior, ya que la misma máquina provoca la vibración de los árboles y recoge el fruto mientras avanza por la línea de cultivo. La posibilidad de utilizar las mismas máquinas de recolección empleadas en plantaciones superintensiva de vid ha facilitado el acceso económico este equipo que reduce la necesidad de mano de obra y aumentar la productividad horaria, debido a su disponibilidad en el mercado.

La máquina requiere algunas modificaciones y un régimen de trabajo diferente (velocidad, número de sacudidas) en comparación con la recolección de uvas o almendras, pero logra recoger de manera eficaz y sin dañar los árboles, alcanzando una eficiencia del 95%. Además, las ciruelas no se almacenan en un depósito como las uvas, sino que van saliendo de la vendimiadora por medio de un gran tubo adaptado (figura 17) que va vertiendo las ciruelas, mientras la maquina sigue avanzando, en cajones que un remolque transporta por la calle contigua. Con pocos operarios, la parcela puede ser recolectada en tiempos muy reducidos.



Figura 17 Recolección con maquina cabalgante de la ciruela variedad “Claudia de Tolosa” en la Finca Experimental del INTIA de Sartaguda (Navarra). Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zuñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).

Una de las ventajas de este sistema frente a los anteriores, a parte de la reducción de mano de obra y la eliminación de los tiempos de descarga, es que las dimensiones de las copas se reducen y por ello si se quisiera realizar una recogida previa manual esto la haría más eficiente.

#### 4.5.4 Alternativa elegida

La plantación se ha realizado a la inversa que las tradicionales (que priorizan la producción de fruta de mesa), se ha dimensionado y estudiado el método más económico para producir ciruelas para la industria y se ha prescindido de la mayor parte de la mano de obra en este proceso. Pero si excepcionalmente interesa, bien por la alta demanda de producto o los elevados precios de la ciruela para mesa, el promotor puede elegir realizar una pre-cosecha manual destinada a recolectar la fruta de mejor calidad y para que este proceso sea cómodo y mejore la eficiencia de la mano de obra los ciruelos deben ser de un tamaño contenido que permita su recolección desde el suelo, y si el sistema de formación es bidimensional, todavía favorece más la recolección manual. En resumen, la recolección mediante maquina cabalgante o vendimiadora será el método de recolección utilizado en la plantación ya que permite realizar este proceso en continuo, reduce la mano de obra que se necesita y además las características de plantación, dimensiones y disposición de la copa la convierten también en una plantación óptima para la recolección manual, manteniendo en todo caso una doble oportunidad para el producto.

Para la recolección de ciruelas, es necesario utilizar las máquinas de mayor tamaño, las utilizadas para recoger la uva, ya que estas son capaces de recolectar de manera continua setos de más de 1 metro de espesor y 2,6 metros de altura. Su velocidad de trabajo se sitúa entre 1 y 2 km/h, lo que permite recolectar una hectárea en aproximadamente 1,5 horas. Además, la eficacia de recolección de estas máquinas es muy alta, es decir prácticamente todo el fruto se recoge. El daño causado al árbol tras la recolección es mínimo, aunque pueden producirse roturas de ramas, por lo que es recomendable realizar un tratamiento con cobre tras la recolección.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, G., & Basantes, L. (2017). *Estudio de la influencia de la calidad del agua de riego sobre la producción de frutales en la provincia de Loja, Ecuador.* <https://core.ac.uk/download/pdf/235860103.pdf>
- Agromillora. (2021). *Rootpac: Portainjertos para frutales.* [https://www.agromillora.com/wp-content/uploads/2021/04/ESP.Agromillora\\_Folleto-Rootpac\\_digital\\_compressed-4.pdf](https://www.agromillora.com/wp-content/uploads/2021/04/ESP.Agromillora_Folleto-Rootpac_digital_compressed-4.pdf)
- Benito, A., Díaz, E., & Torrents, J. (2018). *Mecanización de la recolección: Clave para mejorar la competitividad en la fruta con destino industrial.* Revista de Fruticultura, 69, 50–59.
- Carrera, M. (2005). Frutas de zona templada. En J. M. Mateo Box (Ed.), *Prontuario de agricultura. Primera parte. La producción vegetal* (Tomo I, pp. 671-788). Mundi-Prensa.
- CIREN. (n.d.). *Antecedentes sobre producción frutícola y vitícola de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins* (Pub. CIREN N° 137).
- Frutas Berdejo. (n.d.). *Cultivo y manejo de la ciruela.* <http://www.frutasberdejo.com/documentos/ciruela1.pdf>
- González, R., Díaz, M., & Martínez, J. (2014). *Calidad del agua en sistemas de riego en la provincia de Huesca.* [https://citarea.citagon.es/bitstream/10532/2692/1/2014\\_242.pdf](https://citarea.citagon.es/bitstream/10532/2692/1/2014_242.pdf)
- Google. (n.d.). Google Earth. <https://www.google.com/earth/>
- Iglesias, I., & Torrents, J. (2020). *Diseño de nuevas plantaciones adaptadas a la mecanización en frutales.* Horticultura, 346, 60–67.
- Iglesias, I., Torrents, J., Zuñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021). *Edición especial: Ciruelo. Revista de Fruticultura*, 70-99. [https://interprunus.com/wp-content/uploads/2023/05/5-Rev\\_Fruticultura-Especial-Ciruelo-pags-70\\_99.pdf](https://interprunus.com/wp-content/uploads/2023/05/5-Rev_Fruticultura-Especial-Ciruelo-pags-70_99.pdf)
- Jover, A. (2022). *La calidad del agua y su relación con la producción de cultivos en el Valle del Ebro* [Tesis de doctorado, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/117300/files/TESIS-2022-101.pdf>
- Latorre Moreno, J. (n.d.). *Plantación de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb) en superintensivo de 23.3 ha con sistema de fertirrigación mediante estiércol de porcino en el T.M. de Montreal del Campo,*

Teruel. [https://zaguan.unizar.es/record/97695/files/TAZ-TFG-2020-5138\\_ANE.pdf](https://zaguan.unizar.es/record/97695/files/TAZ-TFG-2020-5138_ANE.pdf)

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1995). *Hortalizas en invernadero: Producción y gestión del cultivo. Horticultura Intensiva*, 10, 59-63.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_hortint%2Fhortint\\_1995\\_10\\_59\\_63.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_hortint%2Fhortint_1995_10_59_63.pdf)
- Moreno, M. A., & Negueroles, J. (2001). Ciruelo. En F. Nuez & G. Llácer (Eds.), *La horticultura española* (pp. 296-300). Ediciones de Horticultura.
- Moreno, M. Á., Jiménez, S., Gogorcena, Y., Lasarte, L., Gil, C. M., & Szügyi, S. (2012). *Compatibilidad de variedades de cerezo húngaras sobre Adara y otros patrones Prunus*. Actas de Horticultura, 60, 480–482.
- Pina, A., & Errea, P. (2005). *A review of new advances in the mechanism of graft compatibility–incompatibility*. *Scientia Horticulturae*, 106(1), 1–11.
- Quatre BCN. (2021). *Revista de fruticultura: Especial 2021: Ciruelo*. <https://fruticultura.quatrecn.es/revista-de-fruticultura-especial-2021-ciruelo>
- Reig, G., Salazar, A., Zarrouk, O., Font i Forcada, C., Val, J., & Moreno, M. Á. (2019). *Long-term graft compatibility study of peach-almond hybrid and plum-based rootstocks budded with European and Japanese plums*. *Scientia Horticulturae*, 243, 392–400.
- Rius, X., Rubio Cabetas, M. J., & Felipe, A. J. (2017). *El cultivo del almendro*. Zaragoza.
- Tabuenca, M. C. (1991). *Análisis de la eficiencia en el uso del agua en la agricultura. Revista de Economía Agraria y Recursos Naturales*, 3-4, 119-132.  
[https://digital.csic.es/bitstream/10261/4181/3/TabuencaMC\\_AnEEAAD\\_3-4\\_119\\_1991.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/4181/3/TabuencaMC_AnEEAAD_3-4_119_1991.pdf)
- Wikipedia. (2024). *Prunus domestica*. En Wikipedia, La enciclopedia libre.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Prunus\\_domestica](https://es.wikipedia.org/wiki/Prunus_domestica)

---

# **ANEJO 6**

## **PLANTACIÓN Y**

## **PROCESO PRODUCTIVO**

---

## ÍNDICE

1	ACTIVIDADES PREPARATORIAS.....	4
1.1	Preparación del terreno.....	4
1.1.1	Enmienda orgánica.....	5
1.1.2	Subsolado .....	5
1.1.3	Labores secundarias .....	6
2	EJECUCIÓN DE LA PLANTACIÓN .....	7
2.1	Replantado y marqueo.....	8
2.2	Recepción de las plantas .....	8
2.3	Instalación del sistema de riego.....	8
2.4	Plantación.....	8
2.5	Atado al tutor.....	9
2.6	Riego de plantación.....	9
2.7	Reposición de marras .....	10
2.8	Colocación del protector .....	10
3	FASES DE LA PLANTACIÓN.....	11
4	PROCESO PRODUCTIVO .....	12
4.1	Actividades y necesidades.....	12
4.2	Fertilización.....	12
4.2.1	Necesidades nutricionales .....	12
4.2.2	Macronutrientes.....	13
4.2.3	Micronutrientes .....	15
4.2.4	Extracciones del cultivo .....	17
4.2.5	Enmienda orgánica pre-plantación.....	18
4.2.6	Fertilización mineral .....	19
4.2.7	Balance del nitrógeno.....	20
4.2.8	Balance del fosforo.....	23
4.2.9	Balance del potasio.....	25
4.3	Programa de fertirrigacion .....	26
4.4	Poda del ciruelo.....	28
4.4.1	Tipos de poda .....	29
4.4.2	Maquinaria de poda .....	34
4.4.3	Resumen operaciones de poda .....	34
5	MANTENIMIENTO DEL SUELO .....	36
5.1	Mantenimiento del suelo el primer año.....	36
5.2	Mantenimiento del suelo a partir del segundo año.....	36
6	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	39

6.1	Principales plagas.....	40
6.1.1	Piojo de San José( <i>Quadrastrioides perniciosus</i> ).....	44
6.1.2	Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Trips tabaco</i> , <i>Trips angusticeps</i> ).....	45
6.1.3	Pulgones ( <i>Brachycaudus persicae</i> , <i>Hyalopterus pruni</i> ) .....	46
6.1.4	Polilla de la ciruela ( <i>Grapholita funebrana</i> ) .....	46
6.1.5	Insecto minador de brotes y frutos ( <i>Anarsia lineatella</i> ) .....	48
6.1.6	Mosca de la fruta ( <i>Ceratitis capitata</i> ) .....	49
6.1.7	Gusano cabezudo ( <i>Capnodis tenebrionis</i> ) .....	50
6.1.8	Araña roja( <i>Panonychus ulmi</i> ).....	51
6.1.9	Araña Amarilla ( <i>Tetranychus urticae</i> ).....	52
6.1.10	Acaro de las agallas del ciruelo ( <i>Acalitus phloeocoptes</i> ) .....	53
6.2	Principales enfermedades .....	54
6.2.1	Mancha bacteriana de los frutales de hueso ( <i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i> )	
	58	
6.2.2	Virus de la sharka (Plum pox virus) .....	59
6.2.3	Cribado( <i>Stigmella carpophila</i> ) .....	60
6.2.4	El oido ( <i>Sphaerotheca pannosa</i> ) .....	60
6.2.5	La podredumbre parda de los frutales de hueso ( <i>Monilinia laxa</i> ) .....	61
6.2.6	Mal del cuello ( <i>Phytophthora</i> spp.) .....	62
6.3	Cuaderno de explotación .....	63
7	RECOLECCIÓN .....	64
7.1	Introducción .....	64
7.2	Recolección mecánica .....	64
7.3	Recolección manual .....	67
7.4	Recolección mixta .....	69
8	BIBLIOGRAFÍA.....	71

## 1 ACTIVIDADES PREPARATORIAS

Se procede en este apartado a definir las tareas que han de realizarse en la parcela, previas al establecimiento de la plantación de ciruelos, que tendrán como principal finalidad el conseguir una condición óptima del suelo que garantice un correcto desarrollo del sistema radicular de los árboles. La parcela en la que se realizará la plantación ha estado dedicada al cultivo de diferentes especies herbáceas y se ha regado mediante un pivot de riego, por ello será esencial realizar labores de arado, en concreto de fondo, que permitan descompactar el terreno y romper las posibles suelas de labor que se hayan generado en el terreno. La parcela no presenta una elevada presencia de piedras, y las que se pueden encontrar tienen un tamaño pequeño que no dificultara las labores ni el desarrollo de los ciruelos, no se realizará entonces ninguna labor de despedregado.

### 1.1 Preparación del terreno

Antes de plantar los árboles que conformaran la plantación se realizará una importante labor de preparación del terreno ya que en este crecerán y se desarrollarán durante toda la vida del proyecto e interesa que lo hagan en condiciones óptimas desde el primer momento. Las labores que se realizaran harán que el suelo tenga una mayor infiltración de agua y de oxígeno que aumentara la actividad microbiana, eliminará las plantas adventicias que se encuentren en él y romperá el sistema radicular de estas, además de romper también las raíces de cultivos anteriores. Sin embargo una de las principales razones por las que se realiza este laboreo es para conseguir romper horizontes compactados y que así las raíces de los árboles puedan explorar el terreno con mayor profundidad.

En las plantaciones frutales las labores de preparación del terreno se realizan a profundidades de 60-80 cm, a esta profundidad se trabajará el suelo con un laboreo vertical, que únicamente pretende romper el terreno, no busca mezclar horizontes o voltear una capa sobre otra, para esta operación se utilizará un subsolador que permita trabajar a las profundidades requeridas, próximo a los 80 cm, para asegurar una labor profunda.

Tras este subsolado se procederá a trabajar el suelo con un cultivador, este elemento permite realizar labores complementarias como el afinamiento y nivelación del terreno a

la vez que se pueden incorporar posibles fertilizantes minerales si fuesen necesarios. En el caso de la parcela de estudio, el suelo cuenta con una presencia correcta de los principales elementos necesarios para el cultivo lo que hace que sea prescindible una tarea de abonado de fondo.

Las labores que se van a realizar previas a la plantación y por orden cronológico son las siguientes:

### **1.1.1 Enmienda orgánica**

Se basa en la adición de elementos orgánicos al suelo que consigan aumentar el porcentaje de materia orgánica que se encuentra en este, en nuestro caso el suelo de la parcela cuanta con niveles de materia orgánica que van desde 1,57 a 1,81 %, porcentajes que no son extremadamente bajos pero que con un aporte de materia orgánica podrían mejorarse y así presentar el suelo mejores cualidades para la plantación. En este caso se aplicara estiércol ovino procedente de una explotación cercana con el fin de mejorar la presencia de materia orgánica en el suelo, la cantidad que se aplicará se calcula en el apartado de fertilización. La aplicación se realizará mediante un equipo esparcidor que repartirá el estiércol uniformemente por la parcela.

### **1.1.2 Subsolado**

Tras la aplicación de la enmienda orgánica y ayudando a enterrar esta, se realizará el subsolado. La realización de esta labor presenta varios beneficios, facilita el desarrollo de las raíces, hace el terreno par permeable facilitando la entrada de agua y aire, limpia la tierra de raíces, piedras o larvas de insectos, provoca o activa la actividad microbiana que ayuda a mineralizar la materia orgánica.

Esta labor de subsolado se llevará a cabo a finales de verano u otoño, meses antes de la plantación. Se trabajarán profundidades de 60-80 cm en varias pasadas cruzadas. El estado de humedad en el suelo será importante para este trabajo, ya que cuando el suelo está poco húmedo el subsolador (figura 1) trabaja mejor y genera mayor descompactación.



*Figura 1. Subsolador de 7 púas y doble rodillo descompactador. Fuente: VigoloSrl.*

### **1.1.3 Labores secundarias**

Primero se procederá a dar un pase cruzado con un cultivador de 21 brazos que permita afinar y allanar el terreno más superficial, la profundidad a la que trabajara este arado es de 15-20 cm, esto ayudara a recuperar la nivelación de la parcela tras el trabajo del subsolador, pero no es necesaria una nivelación exhaustiva ya que el terreno no tiene prácticamente pendiente. Finalmente se llevara a cabo un pase con un rulo con cuchilla cuya función es la de dejar el suelo liso y uniforme para la ejecución del plantado, este apero será de 7,7 metros de ancho.

## 2 EJECUCIÓN DE LA PLANTACIÓN

Tras el proceso de preparación del terreno se pueden comenzar con las diferentes etapas del proceso de plantación. Para poder contar con los árboles para su trasplante, estos han tenido que ser solicitados previamente al vivero, indicando la combinación patrón-variedad deseada y la cantidad requerida, en este caso serán 30.491 variedad Claudia de Tolosa, 16.205 D'Agen y 16.254 Stanley, todos ellos injertados sobre patrón Rootpac20.

Los árboles que han sido elegidos para realizar la plantación vienen en macetas, por lo que están preparados para ser plantados directamente, cada unidad cuenta con un protector individual incorporado (figura 2).



Figura 2 Formato de planta “smarttree”, ciruelo D’Agen. Fuente: Iglesias, I., & Zúñiga, M. (2021)

La plantación de este formato de árboles “smarttree” puede realizarse en cualquier época del año, aunque lo más recomendable es plantarlos a finales de invierno ya que se reduce la intensidad de las heladas y en la primavera esta próxima, periodo en el que se inicia el ciclo vegetativo. En este caso se busca que el riesgo de heladas sea mínimo, por lo que se decide realizar la plantación en marzo. La labor de plantación se encargara a una empresa de servicios agrícolas que utilice plantadoras automáticas guiadas por

GPS, para así asegurar que los árboles se dispongan en el marco de plantación elegido de 3,5 x 1,2 metros con la máxima precisión posible.

## **2.1 Replantado y marqueo**

La tarea de trazar las líneas para la ubicación de las plantas se llevará a cabo con máxima precisión utilizando un GPS con señal RTK, el cual tiene un margen de error de 5-10 cm. Este GPS está incorporado en el tractor que realizará esta operación junto con un brazo subsolador. Las líneas estarán separadas por una distancia de 3,5 metros y serán completamente paralelas.

El marcado del punto exacto donde se colocarán los plantones será responsabilidad de la máquina de plantado, que medirá minuciosamente la distancia entre plantas. Dicha máquina introduce automáticamente los plantones en cada fila de la plantación a la distancia de 1,2 metros, según se ha decidido previamente. Es muy importante verificar durante el proceso de plantado que esta disposición está realizándose correctamente.

## **2.2 Recepción de las plantas**

La preparación del material vegetal se encargara a un vivero certificado que tenga la posibilidad de suministrar las plantas con cepellón (en maceta) y con un estado físico y sanitario correcto, que será verificado en el momento de la entrega de los ciruelos. Las plantas deberán ser trasplantadas lo antes posible para así asegurar que se adaptan correctamente, aunque si los plantones no se van a utilizar por el momento deberán ser conservados en un lugar fresco y húmedo.

## **2.3 Instalación del sistema de riego**

Previamente a la plantación de los ciruelos conviene tener todo el sistema de riego instalado en la parcela y que únicamente falten de colocarse las tuberías portagoteros, estas se instalaran a la vez que se realice la plantación, ya que la maquina plantadora que realizara este trabajo también es capaz de instalar la tubería portagotero al mismo tiempo que planta los ciruelos.

## **2.4 Plantación**

La colocación de la planta con cepellón en el suelo debe de seguir varias especificaciones técnicas. No se debe de enterrar por debajo del punto de injerto, el

cepellón debe de estar hidratado en el momento de la plantación, la maceta se desprenderá del cepellón con un golpe seco y tras plantar el árbol de debe de realizar un riego abundante para que se cree una unión entre la tierra y el cepellón.

La correcta colocación del conjunto planta-tutor será responsabilidad del vivero, ya que cuentan con la maquinaria y la experiencia necesaria para realizar esta tarea tan importante de la manera más correcta posible. Las plantadoras son máquinas semiautomáticas que trabajan de forma continua, siguiendo las líneas de plantación modeladas por GPS y siendo arrastradas por un tractor. Estas máquinas disponen de un sistema hidráulico que simultáneamente incorpora la planta y el tutor, que en nuestro caso es de pino tratado con un diámetro de 4 cm, ideal para plantaciones superintensivas de ciruelos. Aunque este material es más caro que el bambú, es mucho más resistente y duradero. El tutor y la planta se colocarán en conjunto a una distancia preestablecida de 1,2 metros entre sí. Cada tutor individual tendrá una altura de 75 cm, de los cuales 25 cm estarán enterrados, sobresaliendo del suelo aproximadamente 50cm.

Para realizar esta labor son necesarios cuatro operarios, uno de ellos será el encargado de maniobrar el tractor, dos irán en la parte posterior, uno suministrara las plantas y otro los tutores y el cuarto operario ira tras la maquina revisando que la operación se está realizando con éxito a la par que pisa la base de la planta favoreciendo el contacto de la tierra con el cepellón y eliminando las bolsas de aire. El punto de injerto quedara unos centímetros por encima de la superficie del terreno y el cepellón se cubrirá con tierra fina mediante unos discos que porta la máquina.

## **2.5 Atado al tutor**

La planta viene del vivero con un pequeño tutor de bambú que le aportara rigidez hasta que se realice el atado al tutor de pino enterrado en el proceso de plantación, este atado se llevara a cabo varias semanas después de la plantación cuando el terreno y la planta estén bien asentados. El tutor de bambú se retirara al año siguiente durante la poda de formación.

## **2.6 Riego de plantación**

Pese a que a la par que se trasplantan los arboles también se instala la tubería portagoteros, se debe de realizar un riego de asentamiento. Este favorecerá el contacto

del suelo con el cepellón y creara unas buenas condiciones para el enraizamiento. El riego de asentamiento se llevara a cabo con una cuba de agua y dos mangueras acopladas a esta y se aplicaran de 15 a 20 litros por planta.

## **2.7 Reposición de marras**

Este proceso consiste en sustituir las plantas que no han soportado el trasplante y han muerto, la sustitución se llevara a cabo a finales de verano. Este proceso debe realizarse lo antes posible para así mantener en la medida de lo posible la uniformidad de la plantación, pero ha de esperarse el tiempo oportuno en que las evidencias de la muerte de la planta sean claras. Cabe destacar que el método de plantación con plantas en maceta reduce sustancialmente el número de marras, ya que la planta cuenta con el cepellón que ayuda a mantener la humedad y facilita el enraizamiento.

## **2.8 Colocación del protector**

El protector tubular es un elemento que se coloca alrededor del tronco de los arboles realizando una función de defensa. Principalmente defiende a la planta de pequeños mamíferos como ratones o conejos, también evita heladas y la radiación excesiva, además de proteger a la planta de la aplicación de herbicidas de contacto. Existen diferentes modelos de protectores que cuentan con unas u otras cualidades, en nuestro caso se escogerán unos protectores que eviten el ataque de conejos ya que es uno de los mayores problemas en la zona. La colocación de este protector se realizara cuando el protector de papel que viene de serie en la planta se empiece a deteriorar.

### 3 FASES DE LA PLANTACIÓN

En la tabla 1 se recogen las diferentes operaciones necesarias para llevar a cabo el establecimiento de la plantación además están ordenadas cronológicamente y se indica aproximadamente en qué mes se deberían realizar.

Tabla 1 Necessidades porcentuales en función del estado fenológico del ciruelo. Fuente: elaboración propia.

Orden	Época	Operación
1	Septiembre (año anterior)	Aplicación de enmienda orgánica
2	Septiembre (año anterior)	Pase con cultivador para enterrar la enmienda orgánica
3	Marzo	Aplicación de enmienda orgánica
4	Abril	1º Subsolado, paralelo a las calles
5	Abril	2º Subsolado, perpendicular a las calles
6	Mayo	Pase de cultivador (afinado y nivelación)
7	Mayo	Pase de rulo (compactación)
8	Mayo	Replanteo y marqueo de calles de servicio. Preparación de la instalación de riego
9	Mayo-Junio	Recepción y preparación de la planta. Comprobación sanidad de todos los árboles separación por variedades
10	Junio	Plantación de los ciruelos y colocación de la tubería portagotero
12	Junio	Riego de plantación o asentamiento
14	Junio	Atado al tutor de pino tratado
15	Agosto-Septiembre	Reposición de marras
16	Año siguiente	Colocación del protector definitivo

## 4 PROCESO PRODUCTIVO

### 4.1 Actividades y necesidades

Una plantación exitosa se consigue, principalmente, si se cumplen determinados factores esenciales. Una correcta elección del material vegetal, para que las necesidades de las plantas se puedan satisfacerse con el clima y las características del suelo que presenta la zona de la plantación. Y que una vez se haya realizado la plantación de las variedades adecuadas, tras haberse preparado el suelo para que esté presente condiciones óptimas de cultivo, el manejo que se lleve a cabo durante los primeros años, cuando los arboles necesitan un especial cuidado, hasta los últimos años de vida de la plantación, sean los más indicados en cada momento cubriendo siempre las necesidades de los ciruelos a la par que se procura que el coste de producción sea lo mínimo posible por cada kilogramo de fruta. Debido a que la plantación se va a realizar en un régimen superintensivo el mínimo coste por kilogramo de fruta se va a dar al conseguir que las producciones sean máximas, y para ello los medios de producción que se aplican a la plantación deben ser óptimos exigiendo un gran nivel técnico que permita el correcto manejo de la explotación. A continuación se hablará de las operaciones de carácter anual que se deben realizar, como lo son la poda, la fertilización, el manejo del suelo o la recolección que guiarán a la explotación a una producción máxima a la par que se buscara minimizar los costes de producción.

### 4.2 Fertilización

Para realizar un correcto plan de fertilización hay que tener en cuenta el análisis del suelo descrito en el Anejo 3, Estudio edafológico. En la explotación se establecerá un sistema de fertirrigación, encargado de aportar los nutrientes disueltos en agua a través del sistema de riego por goteo para que las raíces puedan asimilarlos con facilidad.

#### 4.2.1 Necesidades nutricionales

Para determinar qué tipo de abonos se utilizarán, es necesario conocer las necesidades de fertilización de las variedades de ciruelo que van a ser cultivadas. Los elementos que sirven de nutrientes para el cultivo se clasifican en grandes grupos:

Nutrientes móviles: Estos son nutrientes como el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Molibdeno (Mo) que tienen la capacidad de desplazarse dentro de la planta.

Nutrientes inmóviles: En contraste, los nutrientes como el Azufre (S), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B) y Calcio (Ca) se fijan una vez que han cumplido su función en la planta.

Macronutrientes: Este grupo incluye nutrientes como el Nitrógeno (N), Potasio (K), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Calcio (Ca) y Azufre (S), que se encuentran en concentraciones superiores a 1000 mg/kg (ppm) en el tejido vegetal seco.

Micronutrientes: Comprenden elementos como el Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), entre otros. Estos nutrientes son esenciales para el desarrollo adecuado de las plantas, pero se necesitan en concentraciones inferiores a 500 mg/kg (ppm). En situaciones de extrema escasez, un micronutriente puede volverse más importante que un macronutriente.

#### 4.2.2 Macronutrientes

##### Nitrógeno

El nitrógeno es crucial para el crecimiento y la estructura del ciruelo, mejorando la fecundación y la capacidad fotosintética de las hojas. Es el fertilizante más importante para este cultivo. Los ciruelos absorben el nitrógeno de manera más eficiente desde el inicio del crecimiento vegetativo hasta la caída de las hojas. El nitrógeno aplicado y absorbido durante este periodo será utilizado en la floración, crecimiento vegetativo y del fruto, y en los primeros crecimientos de la primavera siguiente.

Se recomiendan aplicaciones frecuentes y de baja dosis mediante fertirrigación para asegurar su disponibilidad según la demanda del cultivo. Se aplicará el 10-20% del nitrógeno desde la brotación hasta el cuajado, un 30-40 % entre el cuajado y el fin del crecimiento de brotes y frutos, y finalmente un 40-60 % desde la recolección hasta el inicio de la caída de las hojas (Tabla 2). Esta aplicación influirá en la producción del año siguiente, ya que el nitrógeno se acumula en las raíces, ramas y tronco durante el reposo

invernal y se moviliza en primavera. Las aplicaciones postcosecha deben realizarse unas dos semanas después de la cosecha.

#### **Potasio**

El potasio es un elemento esencial cuya función principal es participar en la formación de almidón y en la fotosíntesis, contribuyendo al tamaño, peso y calidad del fruto. El consumo de potasio se intensifica a partir de la floración, alcanzando su mayor demanda durante el desarrollo y engorde del fruto. Su disponibilidad depende del pH del suelo, en el caso de la finca de estudio no hay problemas de disponibilidad.

El ciruelo tiene altos requerimientos de fósforo, ya que es esencial para el crecimiento de la planta, el transporte energético y la producción de carbohidratos. Las aplicaciones más importantes de fósforo se deben realizar desde la brotación hasta el fin de crecimiento de brotes y frutos aunque tras la recolección y hasta el inicio de la caída de las hojas también se aplica algo de este nutriente.

#### **Fósforo**

El fósforo es esencial durante todo el proceso de floración y polinización, favoreciendo el desarrollo del sistema radicular y la lignificación de los brotes. Participa en el metabolismo de los carbohidratos y es indispensable como transportador y proveedor de energía para el metabolismo celular. Además, determina la calidad y el tamaño del fruto después del cuajado por lo que es interesante que esté presente en las cantidades correctas para que no sea un limitante del crecimiento del fruto. Se requiere durante todo el ciclo del cultivo, desde la brotación hasta la caída de las hojas, pero es en el periodo que comprende desde el cuajado hasta el fin de crecimiento de brotes y frutos en el cual el ciruelo demanda un 30-40% del total de este elemento. (Tabla 3)

#### **Magnesio**

El magnesio es un elemento esencial para la fotosíntesis y, por lo tanto, para el estado sanitario y el desarrollo de la planta. Desempeña un papel importante en la producción de clorofila, por lo que una deficiencia de magnesio reduce la capacidad de producir energía, lo que conlleva un menor crecimiento y desarrollo del fruto, reduciendo la cantidad y valor de la cosecha. Las carencias de magnesio son raras, ya que la mayoría

de los suelos contienen cantidades adecuadas de sales magnésicas. En el caso de este proyecto, con un pH del suelo ligeramente alto, no tendremos problemas con este elemento.

### **Calcio**

El calcio se suele encontrar en hojas y partes lignificadas de la planta ya que forma parte de la constitución de las membranas celulares. Los tejidos vegetales con altos niveles de calcio entran más tarde en senescencia y son más resistentes, no solo a la aparición de manchas, sino también al ataque de patógenos. El calcio es un elemento fundamental en la nutrición de las plantas, ya que actúa como un cementante entre las paredes celulares vegetales, proporcionando rigidez y firmeza a los tejidos.

### **Azufre**

Es un elemento esencial en el desarrollo del ciruelo, a pesar de ello es difícil encontrar carencias de este ya que suele estar presente en altas concentraciones en el suelo. Además de formar parte de muchos fertilizantes o fitosanitarios, por lo que se aplica al suelo de forma indirecta al usar ciertos productos.

#### **4.2.3 Micronutrientes**

##### **Hierro**

El hierro en el suelo puede presentarse en forma ferrosa (fácilmente asimilable por la planta) o férrica (poco soluble, no disponible para los árboles). Es un elemento esencial para la formación del pigmento clorofílico y se asimila en forma ferrosa y orgánica.

El hierro participa en los procesos respiratorios de la planta y contribuye a la formación de proteínas. La deficiencia de hierro se manifiesta en las hojas mediante la pérdida de su color verde (clorosis férrica) tornándose a colores amarillentos o anaranjados. Inicialmente, las hojas amarillean entre los nervios, mientras estos conservan su color verde, siendo más afectadas las hojas jóvenes, ya que es un nutriente inmóvil. Los frutales requieren cantidades significativas de hierro, siendo uno de los elementos más importantes para un desarrollo óptimo de los frutos.

### **Zinc y manganeso**

Las deficiencias de manganeso y zinc que se muestran a nivel foliar generalmente no se deben a una escasez de estos elementos en el suelo, sino a problemas relacionados con el pH del suelo ya que la disponibilidad de estos elementos disminuye considerablemente cuando el pH se aproxima a 8. Es importante tener en cuenta que la deficiencia de zinc es más notable en variedades de ciruelo sobre patrón de cerezo, aunque no sea el caso de esta plantación, y que tiende a aparecer con mayor frecuencia en las primaveras húmedas.

Las aplicaciones foliares de sulfato de zinc tras la recolección suelen dar buenos resultados, al igual que la fertirrigación de ambos micronutrientes junto con los macronutrientes primarios.

### **Cobre**

En raras ocasiones las plantaciones de frutales requieren aportes específicos de este elemento ya que la poca cantidad que requieren se suele aplicar indirectamente en diferentes fungicidas. Al igual que el zinc, el cobre, presenta menor disponibilidad en el suelo a medida que aumenta el pH.

### **Cloro**

El ciruelo tiene unas necesidades muy pequeñas de cloro, sin olvidar que es un elemento esencial para el correcto desarrollo de los árboles. Su déficit no suele darse ya que el agua de lluvia lo aporta al suelo, existen más problemas por un exceso de presencia de este elemento que por un déficit.

### **Boro**

El boro tiene un papel crucial en la germinación de los tubos polínicos, y su deficiencia puede afectar tanto a la germinación del polen como a la formación de los frutos, pudiendo afectar significativamente en la cosecha. Además, interviene en el transporte de azúcares y en la formación de membranas celulares. Esta deficiencia es más común en suelos muy ácidos o muy básicos, no tanto en suelos neutros. Climas extremos que

presenten sequía prolongada o la humedad constante pueden favorecer la aparición de deficiencias de boro.

#### 4.2.4 Extracciones del cultivo

Para la realización de un buen plan de fertilización para cualquier plantación frutal es necesario conocer las extracciones de nutrientes que se producen. En la tabla 2 se muestran los kilogramos de los distintos elementos que se extraen con cada tonelada de ciruelas producidas.

*Tabla 2. Extracciones medias de elementos por tonelada de ciruela producida. Fuente: Ignacio A. Ciampitti y Fernando O. García.*

Nutriente	mg/100g	Kg/Ton
N	450	4,5
P	60	0,6
K	420	4,2
Ca	7-10	0,07-0,1
Mg	8-10	0,08-0,1
Fe	0,07-0,12	0,0007-0,0012
Mn	0,02-0,05	0,0002-0,0005
Zn	0,06-0,09	0,0006-0,0009
Cu	0,01-0,05	0,0001-0,0005
B	0,18-0,52	0,0018-0,0052

Los requerimientos de nutrientes a lo largo del periodo de actividad del cultivo (desde que comienza a brotar hasta que pierde las hojas) van variando en porcentaje, es decir el árbol no necesitará asimilar la misma cantidad de, por ejemplo, nitrógeno, al principio del ciclo como después de la cosecha de las ciruelas. En la tabla 3 se muestran los requerimientos de los principales nutrientes del ciruelo en cada etapa del ciclo vegetativo, en porcentaje del total.

Tabla 3 Requerimientos nutricionales según el estado fenológico del ciruelo. Fuente: Ignacio A. Ciampitti y Fernando O. García.

Nutriente	Periodo fenológico	Porcentaje de la dosis a aplicar
Nitrógeno	Brotación a cuajado	10-20%
	Cuajado a cosecha	30-40%
	Postcosecha	40-60%
Fosforo	Brotación a cuajado	20-30%
	Cuajado a cosecha	30-50%
	Postcosecha	20-30%
Potasio	Brotación a cuajado	10-20%
	Cuajado a cosecha	50-60%
	Postcosecha	20-30%
Calcio	Brotación a cuajado	20-40%
	Cuajado a cosecha	60-80%
Magnesio	Cuajado a cosecha	40-50%
	Postcosecha	50-60%

#### 4.2.5 Enmienda orgánica pre-plantación

La materia orgánica en el suelo aporta a este cualidades muy interesantes como una mayor capacidad de retención de nutrientes en formas fácilmente asimilables para las plantas, lo que disminuye los procesos de lixiviación y bloqueos favoreciendo la asimilación de nutrientes minerales. A demás de mejorar las cualidades físicas del suelo como la porosidad, retención de agua o la estructura, la materia orgánica también ayuda a un buen desarrollo de la flora microbiana que interviene en la transformación de los diferentes compuestos que se puedan encontrar en el suelo en nutrientes disponibles para los cultivos. Por ello el aporte de materia orgánica no solo es beneficioso por su alto contenido en elementos como el nitrógeno, necesarios para los cultivos, sino que además favorece la disponibilidad y asimilación de nutrientes minerales y por lo tanto aumenta la eficiencia de la fertilización mineral.

Como se ha decidido anteriormente, se va a realizar un abonado orgánico previo a la plantación para mantener unos niveles adecuados de materia orgánica en el suelo. Nuestro suelo contiene alrededor de 1,7 % de materia orgánica, lo que es normal en la zona de estudio, pero de cara a realizar una plantación de frutales interesa elevarlo hasta al menos un 2,5 % en la medida de lo posible, para ello se va a utilizar estiércol ovino, el cual tras someterse a un análisis se le atribuyen las siguientes características (tabla 4):

Tabla 4 Composición del estiércol en kg/tonelada. Fuente: análisis realizado.

Estiércol de ovino	Nitrógeno total	Fosforo	Potasio	Materia orgánica
	8,6	2,3	6,5	350

La aplicación del estiércol se va a realizar en dos momentos diferentes. La primera se llevara a cabo el año anterior a la plantación momento en el que se aplicaran 10 toneladas por hectárea, tras este momento se realizaran las labores de subsolado y pases de cultivador que favorecerán el enterrado del estiércol en el suelo, incorporando la materia orgánica en él. La siguiente aplicación se realizara el año en el que se va a realizar la plantación y se aportaran 20 toneladas por hectárea.

El aportar una enmienda orgánica de este tipo conlleva intrínseco un aporte mineral posterior, tras la mineralización de la materia orgánica. Esta mineralización no es inmediata pero se supone que durante el primer año se mineraliza un 50% el segundo un 30% y el tercero el resto, un 20%. En la tabla 5 se expone la cantidad esperada de nutrientes que se liberaran cada año.

Tabla 5 Unidades fertilizantes aportadas por el estiércol y su posterior mineralización a lo largo de los 3 años siguientes. Fuente: elaboración propia.

	10 toneladas	20 toneladas	Total	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Nitrógeno	86	172	258	43	112	69	34
Fosforo	23	46	69	12	30	18	9
Potasio	65	130	195	33	85	52	26

#### 4.2.6 Fertilización mineral

Con el aporte de fertilizantes minerales se pretende subsanar las necesidades de la plantación, evitando el déficit de cualquier elemento esencial para el correcto desarrollo de los árboles. Con la finalidad de planificar una fertilización mineral adecuada a las necesidades de la plantación, han de tenerse varios factores en cuenta, desde las exportaciones de los diferentes elementos por medio de la fruta como los que se quedan retenidos en el árbol, también los aportes deben ser contabilizados ahorrando así en fertilización mineral y haciendo que esta no sea perjudicial por crear excesos de algún elemento en el suelo. La fertilización mineral se divide en dos tipos:

- Fertilización de fondo. Este tipo de abonado tiene como objetivo aumentar la concentración de los elementos minerales en el suelo, antes de la implantación del cultivo, para asegurar una correcta implantación de este en la parcela. En el caso concreto de esta plantación los análisis del suelo han determinado que hay una presencia equilibrada y adecuada de elementos minerales como P, K y Mg. Además con la enmienda orgánica se mejorara la disponibilidad y presencia de estos y otros elementos así que será suficiente y no se necesitará abonado de fondo.
- Fertilización de mantenimiento. La finalidad de este abonado es la de aportar al suelo los nutrientes que necesitan los árboles en cada ciclo vegetativo, y para ello se deben tener en cuenta las exportaciones de los elementos minerales extraídos por las plantas. Por lo tanto se determinará por medio de la producción del cultivo y se revisarán los cálculos anualmente para optimizar al máximo los aportes minerales.

#### 4.2.7 Balance del nitrógeno

El N es un elemento esencial para el correcto desarrollo del ciruelo y uno de los que requiere en mayores cantidades, debido principalmente a la cantidad de procesos en los que interviene. Es importante su presencia en todas las fases del ciclo vegetativo ya que aumenta la longitud y el número de brotes, el número de inflorescencias y flores fértiles, también el número de frutos cuajados por lo que afecta directamente a la producción.

##### 4.2.7.1 Exportaciones de N

###### Crecimiento del árbol

El nitrógeno se acumula en las partes leñosas del árbol, por lo que a mayor vigor mayores necesidades de nitrógeno. En la tabla 6 se muestra como varían las necesidades de nitrógeno en función del vigor para un marco de plantación de media-alta densidad.

Tabla 6 Acumulación anual de nitrógeno en partes leñosas

Acumulación de nitrógeno en partes leñosas (kg/ha)	1000-2500 árboles/ha
Vigor bajo	50
vigor medio	100
vigor alto	150

La plantación proyectada se va a realizar en condiciones de alta densidad y con árboles de un vigor bajo por lo que se acumularan en la parte leñosa 50 kilos de nitrógeno por hectárea.

#### Exportado en los frutos

La cantidad de nitrógeno exportada con la cosecha dependerá de la producción obtenida, esta varía mucho sobre todo los primeros años del cultivo en los que la producción es mínima hasta que el 5º año entra en plena producción. Para el cálculo del nitrógeno exportado se multiplicara, en la tabla 7, la producción anual esperada por el nitrógeno contenido en una tonelada de ciruelas.

*Tabla 7 exportaciones de nitrógeno en la cosecha de ciruelas.*

Años	Producción (ton/ha)	Exportaciones (N kg N / ton)	Exportación total (kg N/ha)
Año 1	0	4,5	0
Año 2	0		0
Año 3	6		29
Año 4	21		95
Año 5 y siguientes	31		140

#### Exportado por la cubierta vegetal

La cubierta vegetal únicamente va a ocupar el espacio entre calles de la plantación, no entre árboles que es donde estarán los goteros que suministraran los elementos minerales. Además la vegetación adventicia de la zona no desarrolla un gran sistema radicular y tras los pases de siega se reincorporaran los elementos minerales consumidos por esta cubierta, por estos motivos se ha decidido no tomar en cuenta las necesidades ni consumos de esta cubierta espontánea en la ecuación de fertilización de la plantación.

#### Pérdidas

Se considera que por procesos de desnitrificación y lixiviación se pierden un total de 10 kilos de nitrógeno por hectárea.

#### 4.2.7.2 Aportes de N

##### Mineralización de la materia orgánica

Los aportes de nitrógeno que vendrán de la materia orgánica esparcida por la parcela (30 toneladas de estiércol de oveja) se han calculado y se expresan en la tabla 5.

##### Aqua de riego

En la zona en la que estamos los acuíferos suelen tener una cantidad apreciable de nitrógenos disueltos por lo que se deberá de tener en cuenta el nitrógeno obtenido en el análisis del agua de riego, Anejo 4 de este proyecto. Se obtuvo en el análisis que el agua del pozo tenía una concentración de 2,1 mg por litro.

Por lo tanto la cantidad de nitrógeno que se aporte con el agua de riego irá relacionada con la dosis de agua que se suministre al cultivo, calculada en el anexo 7, Calculo agronómico. Para calcular la cantidad de nitrógeno según la dosis de riego se utiliza la siguiente formula:

$$N_{agua} = (Nt \times 2,1 \text{ mg} \frac{N}{L} \times 0,226) / 1000$$

Donde Nt son las necesidades totales de riego.

En la siguiente tabla (tabla 8) se muestra la cantidad de nitrógeno aplicada en función de la dosis de riego utilizada.

Tabla 8 Nitrógeno aportado por el agua de riego. Fuente: analítica del agua de riego.

Años	Agua de riego (m <sup>3</sup> /ha x año)	Aportaciones de N (Kg/ ha x año)
Año 1	1500	0,7
Año 2	1500	0,7
Año 3	2500	1,2
Año 4	3500	1,7
Año 5 y siguientes	4500	2,1

#### 4.2.7.3 Balance de N

Para el cálculo del balance de nitrógeno a lo largo de los años se recogen en la tabla 9 las principales extracciones y los aportes estudiados. La diferencia entre ellas serán las necesidades netas de nitrógeno, que deberán suplementarse con aportes de fertilización mineral.

Tabla 9 Balance de nitrógeno. Fuente: elaboración propia.

Año	Exportaciones (Kg N /ha)			Aportes (kg N/ha)		Necesidades de N (kg N/ha)
	Crecimiento del árbol	Producción de frutos	Perdidas	M.O.	Riego	
Año 1	50	0	10	112	1	53
Año 2	50	0	10	69	1	10
Año 3	50	29	10	34	1	-54
Año 4	50	95	10	0	2	-153
Año 5 y siguientes	50	140	10	0	2	-198

Durante los dos primeros años no se realizará ningún aporte de nitrógeno ya que gracias a la enmienda orgánica aplicada y las bajas producciones del cultivo el balance de nitrógeno es positivo, el tercer año será necesario comenzar con los aportes requeridos mediante fertilización mineral.

#### 4.2.8 Balance del fosforo

Es un elemento importante aunque sea requerido en menor cantidad que el nitrógeno y el potasio. Sus funciones radican en la formación de las raíces y el crecimiento en general, además también favorece la maduración, floración y cuajado de los frutos. Es un elemento cuya disponibilidad está ligada a otros elementos, es decir, una deficiencia de fosforo puede causar problemas en la absorción de nitrógeno, magnesio, calcio y boro.

##### 4.2.8.1 Exportaciones de P

###### Fosforo necesario para el crecimiento del árbol

En frutales de bajo vigor y dispuestos en alta densidad se pueden estimar unas necesidades para el crecimiento y desarrollo del árbol de 12 kg P/ha.

### Exportaciones por los frutos producidos

Las extracciones de fosforo por cada tonelada de fruto se calculan con las producciones estimadas cada año en la tabla 10.

*Tabla 10 Exportaciones anuales de fosforo según las producciones estimadas. Fuente: elaboración propia.*

Años	Producción (ton/ha)	Exportaciones ( kg P / ton)	Exportación total (kg P/ha)
Año 1	0	0,6	0
Año 2	0		0
Año 3	6		4
Año 4	21		13
Año 5 y siguientes	31		19

#### 4.2.8.2 Aportaciones de P

#### Mineralización de la materia orgánica

Como se ha explicado y calculado anteriormente, en la tabla 5, la materia orgánica aplicada los primeros años en la plantación se va mineralizando a lo largo del tiempo y aporta al suelo los elementos minerales que la componen en diferente cantidad dependiendo del tiempo que ha transcurrido. Estos aportes se tendrán en cuenta en el balance total del fosforo.

#### 4.2.8.3 Balance de P

Para su cálculo se han recogido todos los datos necesarios en la tabla 11, estos han sido expuestos anteriormente. La finalidad es conocer las necesidades de fosforo a lo largo de los años, dependiendo de la producción por lo que los cálculos habría que realizarlos anualmente en función de las toneladas de ciruelas recogidas. Los aportes necesarios se aplicarán mediante fertirrigación mineral.

Tabla 11 Balance total del fosforo. Fuente: elaboración propia.

Año	Exportaciones (Kg P /ha)			Aportes (kg P/ha)		Necesidades de P (kg P/ha)
	Crecimiento del árbol	Producción de frutos	Perdidas	M.O.	Riego	
Año 1	12	0	0	30	0	18
Año 2	12	0	0	18	0	6
Año 3	12	4	0	9	0	-7
Año 4	12	13	0	0	0	-25
Año 5 y siguientes	12	19	0	0	0	-31

Los dos primeros años de la plantación el fosforo requerido por la plantación es menor que el presente en el suelo, por lo que no sería necesario ningún aporte. Una vez la plantación comienza a dar producción también empieza a demandar aportes de fosforo.

#### 4.2.9 Balance del potasio

Es, a la par del nitrógeno, el elemento requerido en mayor cantidad por el ciruelo. Interviene en los procesos de transporte de sabía desde las hojas hasta por ejemplo los frutos u otros órganos. Favorece la acumulación de sustancias en el fruto y además aumenta la resistencia a heladas, parásitos o enfermedades.

##### 4.2.9.1 Exportaciones de K

###### Potasio requerido para el crecimiento del árbol

En frutales de bajo vigor y dispuestos en alta densidad se pueden estimar unas necesidades para el crecimiento y desarrollo del árbol de 45 kg de K/ha.

###### Exportaciones por los frutos producidos

Las extracciones de potasio por cada tonelada de fruto se calculan con las producciones estimadas cada año en la tabla 12.

Tabla 12 Exportaciones de potasio en función de las producciones estimadas. Fuente: elaboración propia.

Años	Producción (ton/ha)	Exportaciones (N kg K / ton)	Exportación total (kg K/ha)
Año 1	0	4,2	0
Año 2	0		0
Año 3	6		27
Año 4	21		89
Año 5 y siguientes	31		131

#### 4.2.9.2 Aportaciones de K

##### Mineralización de la materia orgánica

Como se ha explicado y calculado anteriormente, en la tabla 5, la materia orgánica aplicada los primeros años en la plantación se va mineralizando a lo largo del tiempo y aporta al suelo los elementos minerales que la componen en diferente cantidad dependiendo del tiempo que ha transcurrido. Estos aportes se tendrán en cuenta en el balance total del fosforo.

#### 4.2.9.3 Balance de K

Para su cálculo se han recogido todos los datos necesarios en la tabla 13, estos han sido expuestos anteriormente. La finalidad es conocer las necesidades de fosforo a lo largo de los años, dependiendo de la producción por lo que los cálculos habría que realizarlos anualmente en función de las toneladas de ciruelas recogidas. Los aportes necesarios se aplicaran mediante fertirrigación mineral.

*Tabla 13 Balance total del potasio en la plantación en función de las producciones esperadas. Fuente: elaboración propia.*

Año	Exportaciones (Kg P /ha)			Aportes (kg P/ha)		Necesidades de P (kg P/ha)
	Crecimiento del árbol	Producción de frutos	Perdidas	M.O.	Riego	
Año 1	45	0	0	85	0	40
Año 2	45	0	0	52	0	7
Año 3	45	27	0	26	0	-46
Año 4	45	89	0	0	0	-134
Año 5 y siguientes	45	131	0	0	0	-176

Los dos primeros años de la plantación el potasio requerido por la plantación es menor que el presente en el suelo, por lo que no sería necesario ningún aporte. Una vez la plantación comienza a dar producción también empieza a demandar aportes de potasio.

### 4.3 Programa de fertirrigación

La aplicación de los fertilizantes, que tienen como principal función la de reponer el suelo con los elementos minerales necesarios para que el ciclo vegetativo del cultivo transcurra sin deficiencias, se realizara mediante fertirrigación. Este método consiste en aplicar los abonos disueltos en el agua de riego, aplicada con un sistema de goteo, para

que la planta reciba los nutrientes directamente en la raíz, permitiendo un aprovechamiento más rápido al eliminar el tiempo que tiene que pasar con los fertilizantes sólidos tradicionales que tienen que disolverse en el suelo lo que hace que tarden más tiempo en estar disponibles para el cultivo.

Una correcta ejecución de la fertirrigación precisa un sistema de riego que garantice una alta uniformidad de aplicación, como lo es el sistema de riego por goteo que se va a instalar en la explotación, descrito en el Anejo del Diseño agronómico. Además para diseñar un programa de fertirrigación se necesita conocer las necesidades del árbol a lo largo del ciclo vegetativo, época en la que demanda los nutrientes. Conociendo las diferentes fases y las necesidades que precisa en cada una de ellas (porcentualmente) y las necesidades totales, se dividirá el ciclo en varios períodos que respondan a dichas fases, en función del desarrollo fenológico del cultivo.

Para el cálculo de las necesidades de cada nutriente se ha recogido en la tabla 14 la información necesaria para su realización, expuesta en puntos anteriores. Durante los dos primeros años no se han previsto aplicaciones ya que no se estima producción y el crecimiento del árbol consumirá pocos nutrientes, aportados en la enmienda orgánica durante el año 0 y 1.

Tabla 14 Aportaciones de fertilizantes en kg/ha en función del mes y del año de la plantación. Fuente: elaboración propia.

Año	Nutriente	Kg/ha anual	Brotación a cuajado			Cuajado a cosecha			Postcosecha		
			Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviembre
3	N	54	2,7	2,7	2,7	7,2	7,2	7,2	8,1	8,1	8,1
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7
	K <sub>2</sub> O	46	3,0	3,0	3,0	8,4	8,4	8,4	3,8	3,8	3,8
4	N	153	7,7	7,7	7,7	20,3	20,3	20,3	23,0	23,0	23,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25	2,5	2,5	2,5	3,3	3,3	3,3	2,5	2,5	2,5
	K <sub>2</sub> O	134	8,8	8,8	8,8	24,5	24,5	24,5	11,1	11,1	11,1
5 y ss	N	198	9,9	9,9	9,9	26,3	26,3	26,3	29,7	29,7	29,7
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31	3,1	3,1	3,1	4,1	4,1	4,1	3,1	3,1	3,1
	K <sub>2</sub> O	176	11,6	11,6	11,6	32,2	32,2	32,2	14,6	14,6	14,6

Una vez finalizada la recolección se siguen aplicando dosis de fertilizantes a la plantación ya que durante estos meses los árboles acumulan reservas y forman las yemas que pasaran el invierno en reposo pero que serán las que broten al año siguiente, es por ello que es importante seguir aportando agua y nutrientes los meses posteriores a la recolección ya que así aseguramos que el árbol cierre su ciclo vegetativo sin

deficiencias, lo que previsiblemente supondrá una brotación sin problemas ni trabas por falta de nutrientes. También durante estos meses el sistema radicular se desarrollara implicando macro elementos como el fosforo o el potasio y micro elementos como el boro. Durante este periodo se aprovecha para corregir las posibles carencias detectadas.

#### **4.4 Poda del ciruelo**

La poda es una tarea esencial en el manejo de una plantación frutícola y es una decisión de carácter táctico y operacional que va ligada directamente al sistema productivo diseñado, se basa en cortar ramificaciones excesivas o no deseadas para favorecer el crecimiento de otras más jóvenes confiriendo a la planta la estructura productiva deseada. La poda se realizara de diferente manera en función del cultivo leñoso que se trabaja, la finalidad con la que se realiza la plantación, la calidad y cantidad de fruta que se busca obtener, la densidad de árboles por hectárea o la manera en que la fruta va a ser recolectada. En el Anejo 5 Estudio de alternativas, se han definido todas las variables necesarias que están estrechamente relacionadas entre sí y en base a estas decisiones técnicas, en el mismo anejo, se ha seleccionado el sistema de poda óptimo para el caso concreto de esta plantación de ciruelos cuya finalidad es la de producir fruta para la industria, el sistema de conducción que se utilizara es el del seto multieje.

Los objetivos que tiene el sistema de conducción en seto multieje responden a cuestiones relacionadas con la economía y viabilidad de la empresa como a la sostenibilidad ambiental de las explotaciones agrícolas, algunos de los objetivos que busca cumplir este modelo son:

- Reducción del periodo improductivo de la explotación.
- Mínima dependencia de la mano de obra en la poda y recolección, además de mejorar la calidad del trabajo.
- Eficiencia en el uso de insumos y plantaciones mecanizables debido al tipo de copa en forma de seto bidimensional.
- Doble aptitud de la plantación, recolección mecánica cuando el destino es la industria o manual para el consumo en fresco de la fruta (o ambas en la misma campaña), en función de los precios anuales o las fluctuaciones que presente el mercado. Aportando así un carácter elástico a la economía de la explotación.

La formación en seto está diseñada para soportar altas densidades de plantación a la par que permite un nivel muy alto de mecanización ya que permite una poda y recolección mecánica en continuo, ahorrando mucho tiempo y dinero en estas tareas, que por lo general suponen unos costes operacionales muy altos, más del 50 % del total de la explotación. Esta conducción se basa en arboles de reducido tamaño, facilitado por el patrón rootpac 20 seleccionado en el Anejo 5, y una copa bidimensional constituida por múltiples ramas que deberán ocupar de forma eficiente el espacio asignado. La copa deberá cumplir con unas dimensiones precisas para que la maquina cabalgante, encargada de su recolección, pueda trabajar de manera correcta y eficiente, estas dimensiones evitaran también el sombreado entre líneas además de permitir la correcta iluminación uniforme del interior del seto, en la figura 3 se exponen las dimensiones pautadas para este tipo de seto multieje en una plantación de ciruelos.

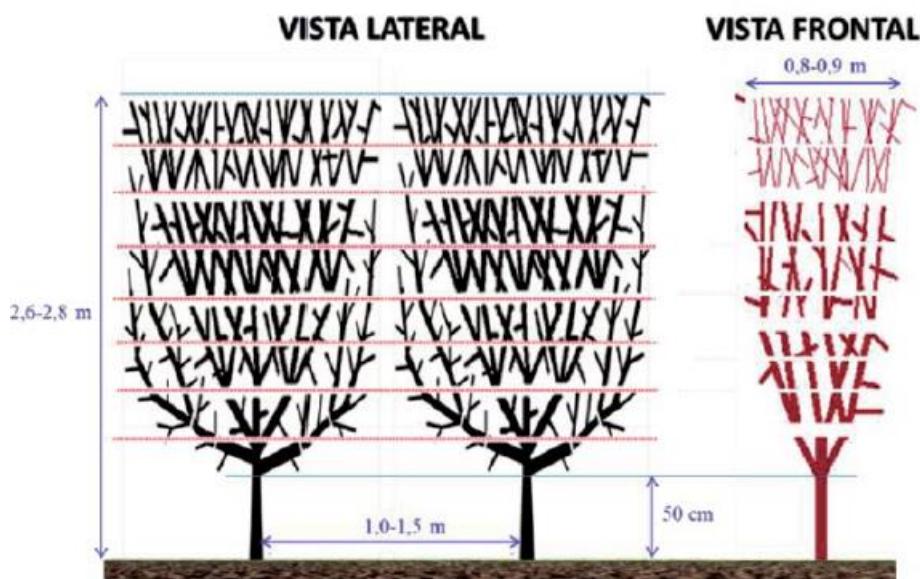


Figura 3Vista lateral y frontal del seto con sus dimensiones. Fuente: Iglesias y Zúñiga, 2021.

#### 4.4.1 Tipos de poda

Según la edad del árbol a este se le realizan diferentes podas, que tienen objetivos muy distintos entre ellas. Se puede distinguir entre poda de formación, aquella que se realiza en la etapa más juvenil y que tiene como finalidad la formación de la estructura del árbol, poda de mantenimiento, se lleva a cabo durante el periodo productivo una vez el árbol ya está formado y su finalidad es la de mantener una correcta estructura o la poda de renovación que se realiza con la finalidad de eliminar elementos viejos e improductivos del árbol. También dependiendo de la época en que se realice la poda, se pueden diferenciar dos tipos:

#### **4.4.1.1 Poda de invierno (poda en seco)**

Se denomina así porque se realiza en los meses de la parada invernal, cuando el árbol no tiene hojas, antes de la brotación de las yemas. La etapa más recomendable suele ser durante la última etapa del invierno, por ejemplo a mediados de febrero. Este tipo de poda se debe de realizar de forma manual ya que debe ser muy leve y precisa. Su objetivo es el de eliminar ramas no deseadas y facilitar la penetración de la luz en el interior del árbol. Esta poda no se va a realizar todos los años ya que supone un elevado coste de mano de obra, comienza a ser necesaria a partir del 5º año de plantación y después se realizará sucesivamente cada 2 o 3 años.

#### **4.4.1.2 Poda de verano (poda en verde)**

Como su propio nombre indica esta operación se realiza durante el periodo de actividad vegetativa por lo que el árbol ya cuenta con hojas. Se suele realizar en la fase final de la primavera, con esta poda se pretende limitar el desarrollo vegetativo y favorecer la iluminación de los frutos. La poda de verano es más debilitante que la poda de invierno.

Como ya se ha nombrado anteriormente, cuando la plantación está en su fase juvenil o de desarrollo se realiza la poda de formación y una vez ya se ha conseguido llegar a la estructura deseada, a partir del 5º año, se continúa con la poda de producción o mantenimiento.

#### **4.4.1.3 Poda de formación**

Partiendo de un árbol en formato Smarttree (Figura 4), que es un tipo de planta que viene ya despuntada de vivero, consiguiendo reducir el tiempo improductivo de la parcela. Una vez se realice la plantación comenzaran a crecer las múltiples ramas del árbol y cuando estas lleguen a los 30 cm, aproximadamente, se procederá a su despunte de forma manual en el primer pasa e incluso si fuese necesario en el segundo, frenando así su desarrollo en longitud y forzando a que se desarrolle las ramas con crecimiento lateral y aquellas que están en la línea de la plantación. Durante este proceso la finalidad es la de despuntar las ramas generando ramificaciones justo debajo del corte, estas ramificaciones emergentes al tener una orientación menos vertical y un menor grosor albergaran yemas con una mayor capacidad de inducción floral (mayor concentración de órganos de fructificación). El despunte ha de realizarse unos 10cm por debajo del

ápice de crecimiento, ya que no sería conveniente en ningún caso cortar más de una tercera parte de la rama ya que se podría provocar un estrés excesivo a la planta que supusiese una parada vegetativa.



Figura 4A la izda., árbol Smarttree con protector preparado para su plantación. A la dcha., árbol adulto con múltiples ramas, indicándose los despuntes realizados en verde. Fuente: Iglesias y Zúñiga, 2021.

El árbol al podarlo así tiende a un crecimiento globoso, ya que los pinzamientos realizados generan múltiples puntos de crecimiento intentando restarle fuerza a la dominancia apical, favoreciendo el desarrollo horizontal frente al vertical, es decir, se intenta que el árbol llene mucho más rápido el espacio entre arboles con múltiples ramificaciones en vez de generar un eje vertical. Debido a este menor crecimiento en altura se consigue que el centro de gravedad del árbol este más abajo, aumentando su resistencia al viento y evitando el uso de estructuras artificiales que mantengan la plantación en su lugar como por ejemplo una estructura de postes, que se utiliza en los sistemas conducidos con eje central para evitar roturas en los árboles y que supone un coste extra por hectárea.

Se realizan manualmente los pinzamientos o despuntes entre arboles durante los dos primeros años, dado que a esta parte del árbol no accede la poda mecánica. También se despuntaran las ramas laterales, una vez el árbol tenga algo de vigor, evitando que ocupe más de los 80cm de ancho que permite el diseño del seto, los despuntes laterales

tendrán como objetivo el guiar las ramas hacia la parte superior ganando altura de la pared vegetativa y hacia los laterales, para cerrar lo antes posible el espacio entre los ciruelos, evitando la forma globosa y favoreciendo la formación del seto.

Los primeros despuntes, como ya se ha nombrado, se realizaran de forma manual para así asegurar que no quedan ramas sin cortar, que el árbol no sufra estrés y que se comience a formar el seto correctamente. Posteriormente se realizaran despuntes mecánicos (figura 5) consecutivos (máximo 3 al año) hasta llegar al 4º o 5º año en el que el árbol ya habrá ocupado el total del espacio asignado, en estas podas mecánicas también se realizaran a su vez, si fuesen necesarios, los despuntes laterales a ambos costados consiguiendo una pared estrecha y vertical que cumpla con las premisas del seto multieje con una anchura que ir aumentando desde los 50 a los 80 centímetros (figura 3).



*Figura 5 Poda de formación mecánica en verde a mediados de junio en la plantación en seto de la variedad de ciruela 'Claudia de Tolosa'/Pootpac 20, en la Finca Experimental del INTIA de Sartaguda, Navarra. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zúñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).*

Una vez se obtiene la altura de la pared productiva a 2,6-2,8 m se debe considerar la fase de formación finalizada y empezar la fase productiva. El seto formado se caracteriza por no tener ningún tipo de estructura, sin eje predominante. Los despuntes se deben realizar en verde ya que así las lateralizaciones que se generen tendrán menor vigor, menor verticalidad y serán más susceptibles de albergar flores.

#### 4.4.1.4 Poda de producción o mantenimiento

Una vez se ha formado la estructura del seto multieje, la poda de mantenimiento consiste en realizar las operaciones de poda adecuadas para que el árbol mantenga la estructura formada con las dimensiones expuestas en la figura 3, lo que supone mantener la superficie foliar expuesta eficiente y activamente para desarrollar el máximo potencial productivo, conseguir un balance equilibrado entre crecimiento vegetativo y producción y facilitar el trabajo de las maquinas cabalgantes de recolección. El mantener esta copa bidimensional de máximo 80cm de ancho cuenta también con ventajas como una correcta aireación e iluminación además de permitir una mejor eficiencia de los tratamientos fitosanitarios, del agua de riego y de los fertilizantes. Para gestionar correctamente el seto y que este cumpla con las dimensiones adecuadas la poda que se realiza es en verde, en primavera y la ventaja que ofrece el seto es que esta tarea puede mecanizarse fácilmente, como se observa en la figura 6.



Figura 6 Poda en verde mecanizada, tanto de los laterales como de la copa, de ciruelos adultos. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zúñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).

Si la anchura es demasiado grande o con el envejecimiento de la plantación, se van creando en el interior del seto estructuras envejecidas, poco activas fotosintéticamente que disminuyen la eficiencia productiva de la plantación. Para subsanar este inevitable problema, se realiza una poda manual, más específica que va dirigida a eliminar estas estructuras envejecidas que actúan como sumidero de energía y no son muy productivas. Se realizará esta poda en el reposo invernal, mientras el árbol está inactivo

y no es necesaria su realización todos los años sino que puede realizarse cada dos o tres años.

Este modelo se complementa con el uso del patrón Rootpac 20 ya que proporciona, especialmente tras el tercer verde, un bajo vigor, lo que hace de este seto un sistema muy equilibrado con poca tendencia a crecimientos vigorosos pero con una gran capacidad productiva al proporcionar una importante densidad de frutos por metro cúbico de seto, que es la base de los sistemas super productivos, especialmente aquellos que premian la cantidad de fruto frente al tamaño de este, como es el caso de esta plantación con recolección mecanizada y destino industrial.

#### **4.4.2 Maquinaria de poda**

El objetivo principal de este sistema de formación es el de conseguir una mecanización máxima. Para realizar las podas mecánicas anuales se dispondrá en la explotación de una única máquina podadora la cual deberá ejecutar cortes lo más limpios posibles. Existen diferentes tipos y modelos de podadoras mecánicas ya sean de discos o de cuchilla. En la finca proyectada se ha optado por utilizar una podadora de cuchilla como la que se muestra en la figura 6, ya que en cada pasada puede realizar la poda superior y los laterales de la fila, lo que significa que solo es necesario pasar una vez por cada línea para realizar la poda, ahorrando mucho tiempo en esta operación.

También para realizar las escasas operaciones que se ha determinado que deben realizarse de manera manual como los pinzamientos de los dos primeros años y la eliminación de las partes envejecidas a partir del séptimo año, son necesarias dos tijeras eléctricas individuales, para actuar en estas situaciones en que la poda mecánica no puede.

#### **4.4.3 Resumen operaciones de poda**

Las operaciones de poda que se van a efectuar a lo largo de la vida de la plantación se pueden ver resumidas en la tabla 15. Exceptuando el primer y segundo año en los que se recomienda hacer únicamente las tres intervenciones de despuente o pinzamiento en verde pero de forma manual y solo si el crecimiento es el suficiente para no causar estrés a la planta.

*Tabla 15 Resumen operaciones de poda. Fuente: elaboración propia.*

Orden	Época	Descripción	Frecuencia
1	Primavera	Poda mecánica en verde	Anual después del 2º año
2	Primavera	Poda mecánica en verde	Anual después del 2º año
3	Después de recolección antes de reposo invernal	Poda mecánica en verde	Anual después del 2º año
4*	En el reposo invernal	Poda manual en seco	A partir del 5º año y después cada 2-3 años

Inmediatamente después de la realización de ambos tipos de poda, es recomendable tratar con un producto fúngico con el fin de desinfectar las heridas de poda para prevenir la entrada de posibles enfermedades, sobretodo de carácter fúngico.

## 5 MANTENIMIENTO DEL SUELO

La forma en que se va a mantener el suelo de la plantación es siguiendo el modelo mixto y además durante el primer año el manejo será diferente a los sucesivos, ya que los arboles recién plantados necesitan de unas condiciones que generen los mínimos inconvenientes posibles hasta un correcto establecimiento de los árboles.

### 5.1 Mantenimiento del suelo el primer año

Para el mantenimiento del primer año, se realizará un laboreo en las calles y un tratamiento químico con herbicida en las líneas de cultivo. Se estima que serán necesarias tres intervenciones a lo largo del año. La primera se efectuará a finales de mayo, antes del plantado, para eliminar la posible competencia de las hierbas adventicias con el establecimiento de la plantación. La segunda se llevará a cabo a mediados de noviembre para eliminar las adventicias emergidas durante las lluvias otoñales, y la tercera se realizará en abril.

El laboreo de las calles y el tratamiento herbicida en las líneas de cultivo se realizarán en dos pasos alternos, ya que son intervenciones diferenciadas. Para reducir en la medida de lo posible la compactación del suelo por el paso de la maquinaria, primero se llevará a cabo el tratamiento herbicida en las líneas de cultivo, seguido del laboreo en las calles. Además, se evitará acceder a las calles hasta 3 o 4 días después de una lluvia para prevenir un exceso de compactación por la maquinaria.

### 5.2 Mantenimiento del suelo a partir del segundo año

A partir del segundo año de plantación se presupone que el establecimiento de la plantación ya está finalizado, los ciruelos habrán arraigado y estarán generando nuevas estructuras tanto aéreas como radiculares. Es por eso que a partir de este momento no son plantas débiles sino que pueden empezar a tratarse como árboles. Como la finalidad de esta explotación es la de lograr la máxima rentabilidad económica posible sin afectar negativamente al entorno en el Anejo 5 se determinó que la mejor alternativa de mantenimiento del suelo era mantener una cubierta espontánea en las calles y tratar con herbicida la línea de los árboles, pudiendo definirse como un manejo mixto.

Como ya se ha nombrado anteriormente, la rentabilidad económica es el principal objetivo de la explotación y para que la rentabilidad sea máxima el gasto debe ser

mínimo, es por ello que se ha optado por una cubierta espontánea entre las calles. Está cubierta presenta ventajas económicas frente al laboreo ya que el laboreo implica un gasto en maquinaria, energía y personal, además de ofrecer la cubierta mayores ventajas como la preservación de la estructura del suelo, el aporte de materia orgánica, una mayor capacidad de retención de agua y un aumento de la biodiversidad en la parcela. La ventaja más remarcable del laboreo frente a la cubierta es que no se generan competencias hídricas con los árboles, para evitar esto se ha optado por el manejo con herbicidas entre los árboles, en la zona en que el goteo suministra el riego y genera el bulbo húmedo desapareciendo prácticamente la competencia hídrica de la cubierta con el cultivo. La cubierta verde con especies elegidas y sembradas ha sido descartada ya que esta suponía unos costes operacionales más elevados que la cubierta espontánea, evidentemente las ventajas que ofrece el elegir las especies para la cubierta son mayores ya que así puedes seleccionar especies mejorantes capaces de subsanar problemas existentes en la parcela. En el caso de este proyecto el único problema es el bajo contenido en materia orgánica, que puede mejorar con la cubierta espontánea, además como el riego que se va a instalar en la parcela es localizado significa que la cubierta no tendrá aportes de agua y esto unido a que la zona en la que se encuentra la plantación no tiene grandes pluviometrías anuales, se reducen mucho las especies que se pueden seleccionar y sus propiedades beneficiosas también.

Se estima que serán necesarias dos intervenciones a lo largo del año. La primera se realizará a principios de abril con el objetivo de reducir, en la medida de lo posible, las heladas primaverales por radiación. La segunda intervención se llevará a cabo en julio, siendo suficiente para mantener la cubierta perfectamente controlada. Cada intervención se realizará con un equipo diferente, por lo que será necesario dar un pase para la siega de las calles y, a continuación, otro pase para el tratamiento herbicida de las líneas de cultivo. Para la siega se utilizará un rotocultor que además de cortar las plantas las triturara para que su asimilación en el suelo sea lo más rápida posible, también este elemento ayudara a triturar restos de poda que puedan existir de operaciones anteriores. Si fuera necesario, se realizaría un tercer pase a mediados de octubre para el control de las líneas de cultivo.

El tratamiento herbicida de las líneas de los árboles se realizará justo debajo de la proyección de la copa de los árboles para reducir, en la medida de lo posible, la

competencia entre el árbol y la cubierta. De esta manera, se tratará en cada línea de cultivo una franja de aproximadamente 100 cm m de ancho. Para este tratamiento se utilizará un pulverizador hidráulico dotado de dos ramales, permitiendo así un tratamiento simultáneo de dos líneas de árboles. Cada ramal contará con dos boquillas capaces de abarcar media línea de árboles, es decir, unos 50 o 60 cm. Además, estarán protegidas por una campana que evitará que el tratamiento herbicida entre en contacto con la copa de los árboles. El herbicida utilizado será Glifosato al 36 % a una dosis de 3 l/ha y en caso de contar con algún tipo de planta arvense que fuese resistente a este herbicida, el técnico se deberá encargar de idear una combinación de productos basándose en sus sustancias activas, intentando alternarlas para evitar nuevas resistencias.

## 6 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

El ciruelo, como la mayoría de plantas que se cultivan por el hombre, se puede ver afectado por diferentes plagas o enfermedades que pongan en riesgo su salud o la de la fruta que produce, lo que puede significar un riesgo importante en la viabilidad económica del proyecto. Una intensificación de los cultivos suele ir acompañada de un aumento de plagas o enfermedades ya que se está favoreciendo la transmisión de una planta a otra, también al reducir la biodiversidad del ecosistema lo hace mucho más vulnerable al ataque de cualquier plaga.

Por estos motivos es imprescindible dedicar el espacio pertinente a describir las principales plagas y enfermedades que pueden afectar al ciruelo en España, además de dar las pautas necesarias para identificarlas, prevenirlas con métodos culturales y determinar el momento en el cual estas plagas o enfermedades presentan un riesgo para la plantación, momento en el cual se debería de tomar la decisión de actuar, por ello también se presentaran las diferentes sustancias activas que están permitidas en este país para tratar las enfermedades y plagas identificadas.

La información reunida en este apartado ha sido seleccionada de la Guía de Gestión Integrada de Plagas en Frutales de Hueso, confeccionada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Este documento tiene como finalidad el servir de orientación a agricultores y asesores para conseguir implantar los principios de gestión integrada de plagas en toda la producción nacional, que es un requisito indispensable en todas las explotaciones agrícolas que desarrollen su actividad en España, según el Capítulo III del Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, con la modificación 1050/2022 de 27 de diciembre, en el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. En este documento entre otras cosas se establece que la defensa sanitaria deberá ser lo más respetuosa posible con el medio ambiente. Por ello, los tratamientos se realizarán en el momento más crítico, es decir, se debe determinar el momento más oportuno para tratar una plaga, así como el producto más efectivo. Esto implica utilizar el producto más respetuoso con el medio ambiente, a la mínima dosis posible y con una elevada eficacia. Además, se debe considerar la necesidad real de la intervención, es decir, se intervendrá únicamente si se estima que los daños que pueda causar la plaga serán superiores al coste de las medidas de control.

## 6.1 Principales plagas

Se denominan como plagas a las agrupaciones de animales que causan daños en los cultivos o en postcosecha. Una población de insectos se considera plaga cuando reduce la cantidad o calidad de los alimentos, pienso, forraje o fibra, durante la producción; cuando dañan los artículos durante su cosecha, procesamiento, venta almacenamiento o consumo; cuando transmiten organismos causantes de enfermedades al hombre o a plantas o a los animales útiles al hombre; cuando dañan a las plantas ornamentales, prados o flores; o bien cuando causan daños a las casas o a propiedades.

Las plagas más comunes que afectan al ciruelo son el Piojo de San José(*Quadrastrioidotus perniciosus*), los diferentes tipos de trips (*Frankliniella occidentalis*, *Trips tabaco*, *Trips angusticeps*), los diferentes pulgones (*Brachycaudus persicae*, *Hyalupterus pruni*), la polilla de la ciruela (*Grapholita funebrana*), el insecto minador de brotes y frutos (*Anarsia lineatella*), la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*), el gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*), las arañas (*Panonychus ulmi*, *Tetranychus urticae*) y acaro de las agallas del ciruelo(*Acalitus phloeocoptes*).

A continuación se procede a realizar una breve descripción de cada una de estas plagas nombradas para facilitar su identificación y así poder tomar las medidas correspondientes para evitar daños en la producción de la plantación de ciruelos proyectada. También se adjuntan varias tablas(Figuras 7, 8 y9) en las que se indica el umbral de daños producidos por la plaga o el número de individuos a partir del cual se debe actuar contra la plaga, también en las tablas se describe el método de conteo a utilizar según la especie que se desea contabilizar, para determinar dicho umbral. Además de los posibles métodos preventivos, medidas culturales y en el caso de que existiesen, las medidas alternativas al control químico para luchar contra la plaga. Finalmente en las tablas se recoge como última medida a aplicar el control químico, de este señala en cada caso alguna indicación importante que se debiese tener en cuenta en caso de recurrir a esta opción, y en todos los casos se remite al Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para la elección de los productos fitosanitarios autorizados, ya que la permisibilidad de las materias activas puede ir variando a lo largo del tiempo no sería correcto incluir en este apartado afirmaciones sujetas a leyes que se encuentran en constante modificación. Por

ello se insta a realizar revisiones periódicas en las publicaciones del Registro de Productos Fitosanitarios antes de aplicar cualquier tratamiento químico.

Plagas principales	Seguimiento y estimación del riesgo para el cultivo	Medidas de prevención y/o culturales	Umbral/Momento de intervención	Medidas alternativas al control químico (*)	Medios químicos
Piojo de San José ( <i>Diaspidiotus perniciosus</i> Comstock)	Realización de conteos durante la cosecha sobre 1000 frutos y en el periodo de poda revisando la madera cortada de 50 árboles	Usar plantones exentos de plaga al realizar una nueva plantación	Presencia en cosecha como en poda	<b>Medios biológicos</b> Existen varios enemigos naturales, <i>Encarsia perniciosi</i> Tower, varias especies del género <i>Aphytis</i> , de la familia Aphelinidae, el coleóptero <i>Chilocorus bipustulatus</i> y el ácaro <i>Hemisarcopeltis malus</i>	Deberá realizarse un tratamiento entre el período de reposo invernal y prefloración Excepcionalmente, puede realizarse un tratamiento dirigido a la segunda generación Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> Perg.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase de floración-collarín, desde el 20-40% de floración al 40-60% de collarín realizar muestreros periódicos tomando de cada árbol elegido al azar 8 flores o collarines en los que se observará la presencia</li> <li>• Fase de brotes-sacudidas, desde 1 mes antes del envero hasta la recolección (en árboles adultos) o finales de verano (árboles en formación), realizar muestreros semanales de 2 brotes por árbol, de unos 30 cm de la zona media, golpeándolos 3 veces sobre una superficie blanca para contar el número de trips</li> <li>• Fase frutos-envero, desde envero a recolección, de las diagonales de la parcela se elegrán árboles al azar, observando la presencia de síntomas de trips en 4 frutos de cada árbol</li> <li>• Fase frutos-recolección, se valorarán los daños sobre 500 frutos maduros, bien en el árbol o en las cajas en el momento de la recolección (20 frutos/árbol), según la escala: nivel 1 (hasta un 5 % de la superficie con plateado), nivel 2 (entre un 5 y un 20%), nivel 3 (mas del 20%)</li> </ul>	La vegetación espontánea, como el jaramago blanco y la corregüela, son reservorios de trips, por lo que hay que inspeccionarla y eliminarla antes de los momentos de peligrosidad (no coincidir con la floración de los frutales)	Durante la floración presencia de adultos o larvas, en el estado de collarín el 2% de órganos ocupados y en brotación 1 trips/brote	<b>Medios biológicos</b> Insectos auxiliares como trips pijama ( <i>Aeolothrips</i> sp.), orius, fitoséidos, aunque es insuficiente para el control de la plaga	Realizar los tratamientos durante el período crítico de floración y cuajado de frutos, y posteriormente en la época previa a la recolección para prevenir los daños de plateado Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Otros pulgones ( <i>Pterochloroides persicae</i> , <i>Hyalopterus pruni</i> , <i>Brachycaudus helichrysi</i> , <i>Brachycaudus prunicola</i> , <i>Brachycaudus schwartzi</i> , <i>Brachycaudus persicae</i> , <i>Aphis spiraecola</i> )	Observar el porcentaje de huevos eclosionados de los existentes en 100 brotes terminales de 20 cm  Tras la caída de los pétalos considerar el porcentaje de brotes afectados de la muestra (100 brotes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar el abuso de nitrógeno</li> <li>Eliminación chupones mediante podas</li> <li>Evitar el exceso de vigor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avivamiento 80-90% de huevos avivados</li> <li>• Tratamientos generalizados a todo el árbol: Caida de pétalos, 3% de brotes atacados Post recolección 5% de brotes atacados</li> <li>• Tratamientos localizados a brotes afectados</li> </ul>	<b>Medios biológicos</b> La fauna auxiliar de esta plaga es muy amplia: <i>Adalia</i> spp., <i>Aphidoletes</i> spp., <i>Asaphes</i> spp., <i>Chrysoperla</i> spp., <i>Coccinella</i> spp., <i>Forficula</i> spp., <i>Lysiphlebus</i> spp., <i>Syrphus</i> spp., <i>Scymnus</i> spp Se recomienda el control de las hormigas que protegen al pulgón de la fauna auxiliar al establecer con esta plaga una relación simbótica  <b>Medios biotecnológicos</b> Suelas de fauna auxiliar, parásitos o depredadores, para incrementar el efecto de los auxiliares autóctonos	Combinar aplicaciones al avivamiento de los huevos y a la caída de pétalos Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Figura 7 Principales plagas del ciruelo en España, con información clave referente a estas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

Plagas principales	Seguimiento y estimación del riesgo para el cultivo	Medidas de prevención y/o culturales	Umbral/Momento de intervención	Medidas alternativas al control químico (*)	Medios químicos
<b>Polilla de las ciruelas (<i>Grapholita funebrana</i> (Cydia) funebrana Tr.)</b>	Seguir la evolución de los vuelos de <i>Cydia funebrana</i> por medio de trampas con atrayentes sexuales de machos  Observación de 1000 frutos desde estado de fruto cuajado a recolección		1% de frutos atacados o más de 10 capturas de adultos por trampa y semana	<b>Medios biológicos</b> Control con fauna auxiliar con trichogrammas, parásitos de huevos, así como con coccinélidos depredadores, aunque es insuficiente para un control eficaz de daños  <b>Medios biotecnológicos</b> La técnica de la confusión sexual, en parcelas con el tamaño adecuado, puede dar resultados satisfactorios	Tener en cuenta el impacto de los insecticidas sobre la fauna útil a fin de proteger los coccinélidos predadores así como los himenópteros parásitos  Los daños de 1 <sup>a</sup> generación de <i>Cydia</i> son generalmente poco importantes  Generalmente una sola intervención en el inicio de la puesta del 2 <sup>o</sup> vuelo, por medio de un insecticida con efecto ovicida, permite mejorar la eficacia en el control de la polilla  Para la 3 <sup>a</sup> generación la elección del producto vendrá condicionada por la persistencia del insecticida por el mayor periodo de oviposición y por el momento de la recolección  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<b>Minadora de los brotes y frutos (<i>Anarsia lineatella</i> Zell.)</b>	Colocar trampas tipo delta, cebadas con feromonas sexual y suelo engomado, contabilizando las capturas de adultos al menos una vez por semana	Eliminación y destrucción de los frutos afectados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 capturas por trampa y semana</li> <li>• 1% de frutos atacados</li> <li>• 3% de brotes atacados en áboles menores de 3 años</li> <li>• 10% de brotes atacados en áboles mayores de 3 años</li> </ul>	<b>Medios biotecnológicos</b> Confusión sexual, aplicar esta técnica en parcelas de suficiente tamaño y colocar los difusores en la plantación antes de que se inicien los primeros vuelos	Se pueden realizar tratamientos en prefloración con objetivo de reducir los niveles de población invernal, en los primeros estadios larvarios y a partir de la caída de pétalos coincidiendo con el máximo de vuelo de cada generación  Los productos fitosanitarios a utilizar estarán en función del momento de aplicación  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<b>Mosca de la fruta (<i>Ceratitis capitata</i> Wied.)</b>	Instalación de mosqueros de captura masiva o Attract and Kill, cargados con atrayente alimenticio  Instalación de trampas sexuales  Las trampas deben revisarse al menos una vez por semana	Retirada del campo o destrucción de manera inmediata tras la recolección de los frutos no comerciales  Embosado de frutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En mosqueros con atrayente alimenticio: 1 adulto/trampa y día</li> <li>• Trampas sexuales: 3-5 adultos/trampa y día en función de la presión de plaga</li> </ul>	<b>Medios biotecnológicos</b> Captura masiva de adultos Método de atracción y muerte  Instalar desde el inicio del vuelo de adultos hasta, al menos, 15 días después de concluida la recolección  A razón de 50 a 80 trampas por hectárea en tratamientos con atrayentes sólidos y con una densidad de 75-120 trampas por hectárea si se usa con atrayentes líquidos, en ambos casos dependiendo de la presión de la plaga	Tratamientos químicos a la totalidad de la copa del árbol o tratamientos cebo, utilizando una proteína hidrolizada que actúa como atrayente  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<b>Gusano cabezudo (<i>Capnodis tenebrionis</i> Linnaeus)</b>	Contabilizar la presencia de adultos por árbol, muestreando una rama por cada orientación, o bien, golpeando el árbol con un mazo y contando los adultos que caen  Época de muestreo: -marzo-abril -julio-septiembre, preferiblemente a primera hora de la mañana)	Recogida manual y muerte de escarabajos en parcelas con niveles bajos  Incrementar la frecuencia de riegos y la superficie mojada  Arrancar y quemar los áboles afectados eliminando el máximo de raíces.	1 adulto por árbol  En riego por goteo y en las lindes, el umbral es presencia	<b>Medios biológicos</b> Como enemigos naturales hay nematodos entomopatógenos que atacan las larvas	El control va dirigido contra adultos  Los momento idóneos son coincidiendo con el máximo de salida de adultos (marzo-abril y julio-agosto)  Mojear bien los árboles y dirigir alguna boquilla hacia el suelo  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Figura 8 Principales plagas del ciruelo en España, con información clave referente a estas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

Plagas principales	Seguimiento y estimación del riesgo para el cultivo	Medidas de prevención y/o culturales	Umbral/Momento de intervención	Medidas alternativas al control químico (*)	Medios químicos
Araña amarilla ( <i>Tetranychus urticae</i> Koch)	Observación directa de 100 hojas a razón de 2 en 50 árboles, bien en campo con lupa de 10 aumentos o en laboratorio  Las observaciones deberán ser semanales	Mantener limpia la plantación de malas hierbas y evitar que se sequen	Muy variable en función del cultivo y del momento (primavera, verano), así como de la población de auxiliares presente en el cultivo, pudiendo oscilar entre 5 y 30% de hojas ocupadas	<b>Medios biológicos</b> Existen numerosos enemigos naturales que pueden controlar perfectamente la plaga, siendo especialmente eficaces varias especies de fitoseídos, <i>Stethorus</i> , <i>Orius</i> y el tríp de las 6 manchas ( <i>Scolothrips longicornis</i> , Priesner)	Deben tener efecto tanto contra formas móviles como contra huevos, o bien mezclarse dos materias activas que complementen sus efectos  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Araña roja ( <i>Panonychus ulmi</i> Koch)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Población invernal, tomar durante la época de reposo entre 50 y 100 obstáculos de madera (dardos y yemas fundamentalmente) y contar los huevos presentes</li> <li>Primavera-verano, observar 100 hojas recogidas a razón de 2 por árbol, determinando la ocupación o no por cualquier estadio de la plaga  Hasta finales de mayo muestrear las hojas que rodean al corimbo en la base del tallo A partir de junio elegir las hojas del tercio medio del brote del año</li> <li>Cuantificar la presencia de ácaros depredadores (fitoseídos principalmente) que limita la expansión de la plaga</li> </ul>	Ajustar las cantidades de fertilizantes nitrogenados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Población invernal, densidad mayor de 5 huevos por obstáculo</li> <li>Primavera-verano, más de un 70% de hojas ocupadas por cualquier estadio de la plaga y el porcentaje de hojas ocupadas por fitoseídos no alcanza el 20%</li> </ul>	<b>Medios biológicos</b> La preservación de los ácaros depredadores, principalmente <i>Amblyseius andersoni</i> , existentes en la parcela constituye el mejor método de control  Otros insectos que ejercen un control biológico son coleóptero <i>Stethorus punctillum</i> y el neuróptero <i>Chrysoperla carnea</i>	Es importante limitar la aparición de formas móviles de la primera generación de verano, por lo que se recomienda efectuar un control en la segunda quincena de abril y efectuar un tratamiento fitosanitario en caso de superar el umbral establecido  No repetir en el mismo ciclo de cultivo materias activas de idéntico modo de acción para limitar la aparición de resistencias, circunstancia que es frecuente y tiene graves consecuencias  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Ácaro de las agallas del ciruelo ( <i>Acalitus phloeopteris</i> Nalepa)	Vigilar semanalmente, a partir de primeros de marzo en zonas templadas y a finales de marzo en las tardías, la apertura de las agallas, para el seguimiento de las poblaciones  Observar con lupa binocular cuando los eriódidos salen de las agallas e inician su recorrido para formar nuevas agallas	Eliminar las ramas afectadas mediante la poda, en plantaciones en las que el nivel de agallas es bajo	5% de árboles con presencia de agallas	<b>Medios biológicos</b> Como enemigos naturales destacan los ácaros fitoseídos	Es conveniente realizar de tres a cuatro tratamientos, uno a inicio de salida del ácaro y los otros cada 10-12 días después  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Figura 9 Principales plagas del ciruelo en España, con información clave referente a estas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

### 6.1.1 Piojo de San José (*Quadrastrioides perniciosus*)

Es un hemíptero que pasa por diferentes estadios evolutivos hasta llegar a la fase adulta. Los únicos estadios móviles son las ninfas recién nacidas y los machos adultos. Esta plaga tiene tres generaciones anuales, mayoritariamente pasa el invierno en forma de ninfa de primer y segundo estadio, a finales de febrero reinician su actividad, continuando con su desarrollo hasta el mes de marzo en el que se reproducen. Al nacer,

las larvas, se desplazan hacia las partes altas del árbol y es en este momento en el que encuentran el lugar apropiado para fijarse y se inmovilizan definitivamente. Los machos adultos tienen un tamaño aproximado de 1mm, el cuerpo de tonalidad amarillenta y las alas blanquecinas.

Los síntomas se presentan en ramas, brotes o frutos solo cuando las poblaciones son muy altas. En los puntos de fijación en el fruto se observa una aureola rojiza provocada por la saliva tóxica que inyecta. Los frutos afectados se deprecian totalmente para la comercialización. En las zonas leñosas puede provocar debilitamiento hasta secarlas.

El periodo crítico para el cultivo es a partir del mes de mayo en adelante.

En la Figura 7 extraída de la Guía de Gestión Integrada de Plagas de Frutales de Hueso, confeccionada por Gobierno de España, concretamente por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se detalla cómo realizar el seguimiento, la estimación del riesgo para el cultivo, cual es el umbral o momento de intervención, que medidas de prevención pueden tomarse y que medidas alternativas al control químico pueden tomarse para combatir la plaga, además de presentar como última opción el control con medios químicos y como llevarlo a cabo.

#### **6.1.2 *Trips (Frankliniella occidentalis, Trips tabaco, Trips angusticeps)***

Es un insecto chupador, de cuerpo alargado (0,8-2mm), tiene dos pares de alas pulmonosas y su color varia de marrón oscuro a amarillo. Las hembras presentan un mayor tamaño y colores más oscuros que los machos. Al inicio de la floración, los adultos invernantes o procedentes de flores silvestres u otros cultivos, vuelan a las flores de los frutales de hueso para alimentarse y realizar la puesta. Las larvas permanecen protegidas tras en las flores y tras el cuajado se refugian en el capuchón floral, posteriormente pasan a brotes y frutos pudiendo emigrar a otros cultivos.

Los daños los producen las larvas, que cuando están refugiadas bajo el cáliz pican las células para alimentarse y las vacían provocando cicatrices y deformando los frutos cuajados. En la Figura 7 puede encontrarse información útil sobre la gestión de dicha plaga. Es difícil que cause muchos daños en plantaciones de ciruelo, pero debe tenerse en cuenta.

### 6.1.3 Pulgones (*Brachycaudus persicae*, *Hyalupterus pruni*)

Son varias las especies de pulgones que afectan a los frutales de hueso, a continuación se describen las principales características comunes.

El cuerpo tiene forma globosa, en su abdomen destacan dos sifones que liberan hemolinfa como medio de defensa, al final del abdomen cuentan con una protuberancia alargada, la cauda, por donde sueltan la maleza. El aparato bucal es picador-succionador mediante un estilete. Forman colonias muy abundantes, con generaciones continuas, en la que coexisten todas las fases del insecto.

Normalmente pasan el invierno en huevos, cuando llega la primavera estos huevos se abren y las hembras comienzan a realizar la puesta en los primeros brotes fundando colonias, cuando esos brotes comienzan a estar densamente poblados aparecen en las siguientes generaciones hembras aladas que se encargan de emigrar a nuevos brotes extendiendo la plaga. En verano cuando se comienzan a lignificar los brotes el pulgón suele abandonar al árbol frutal y pasa a otras especies herbáceas, hasta el otoño, época en la que aprovecha la segunda brotación de los frutales para volver a colonizar los brotes tiernos, donde pondrán los huevos de invierno.

Durante su ciclo vital el pulgón produce diferentes daños, directamente al picar los tejidos para alimentarse haciendo que estos se debiliten e indirectamente al aparecer negrilla o fumígena sobre la mezcla que excretan que mancha hojas y frutos. Además es un vector transmisor de virosis como la *sharka* (PPV)

El periodo crítico para el cultivo es desde la brotación hasta la recolección.

En la Figura 7 puede encontrarse información útil sobre la gestión de dicha plaga.

### 6.1.4 Polilla de la ciruela (*Grapholita funebrana*)

La mariposa de la polilla de la ciruela mide de 8mm a 15mm, sus alas anteriores son grises con dibujos difusos y una mancha color ceniza en el ángulo externo, sus alas posteriores son grises uniformes con pelos amarillentos. Los huevos, lenticulares y translúcidos, se depositan de forma aislada sobre los frutos. Las orugas tienen la cabeza de color marrón y alcanzan hasta 10-12 mm. (Figura 10)

Esta plaga ataca principalmente a las ciruelas tanto europeas como japonesas, además las variedades tardías de ciruelo son especialmente sensibles.

Normalmente se desarrolla en tres generaciones anuales.

Las larvas pasan el invierno en un capullo sedoso en las grietas de la corteza. Evolucionan a crisálidas en febrero, para en primavera, comenzar el vuelo, de forma muy escalonada entre marzo y abril. Los huevos son depositados de manera individual por las hembras sobre la superficie de las ciruelas y a los 9-15 días eclosionaran. Las orugas neonatas penetraran en el fruto rápidamente, llegando en ocasiones hasta el pedúnculo, paralizando el crecimiento y provocando la caída del fruto al suelo, donde efectúan su desarrollo larvario. Las orugas dejan el fruto para crisálida y emergen a mariposas de 2º vuelo. En la segunda generación la mayoría de los frutos atacados quedan sobre el árbol hasta la maduración. Después de un periodo de 4 semanas las larvas dejan los frutos. Unas buscarán abrigo para el invierno, entrando en diapausia, y otras pasan a crisálidas dando lugar a las 3ª generación.

Los frutos que atacan en primavera por las larvas de 1ª generación toman un color violeta y caen prematuramente. Los ataques de 2ª generación manifiestan frecuentemente una exudación de goma en el punto de penetración de la oruga (Figura 10). Los frutos atacados son los primeros en madurar.

En la Figura 8 extraída de la Guía de Gestión Integrada de Plagas de Frutales de Hueso, confeccionada por Gobierno de España, concretamente por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se detalla cómo realizar el seguimiento, la estimación del riesgo para el cultivo, cual es el umbral o momento de intervención, que medidas de prevención pueden tomarse y que medidas alternativas al control químico pueden tomarse para combatir la plaga, además de presentar como última opción el control con medios químicos y como llevarlo a cabo.



Figura 10 Imágenes auto explicativas en relación a la plaga *Grapholita funebrana*. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

### 6.1.5 Insecto minador de brotes y frutos (*Anarsia lineatella*)

Los adultos de anarsia miden de 10 a 16 mm de envergadura, alas anteriores grises con manchas y rayas longitudinales, alas posteriores más anchas y claras. Las larvas miden unos 15mm y presentan la cabeza negra y el cuerpo de color castaño y aspecto anillado que les hace fácilmente identificables, la crisálida es de color castaño.

Las larvas suelen atacar tanto a brotes como a frutos. En los brotes producen galerías al penetrar en ellos que acaban con la aparición de gomitis marchitez y seca del mismo, este daño solo tiene importancia en plantaciones jóvenes o viveros. El daño más importante para una plantación en plena producción es el ataque a frutos ya que la larva penetra en la zona peduncular y se dirige al hueso, depreciando la fruta e incluso produciendo su caída. (Figura 11)

El periodo crítico para el cultivo es cuando las larvas de la generación invernal atacan a los brotes jóvenes, suele ser con la aparición de las primeras hojas y puede dañar a los pequeños frutos. Las siguientes generaciones producen daño a los frutos desde mayo hasta septiembre.

En la Figura 8 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de dicha plaga.



Figura 11 Imágenes auto explicativas en relación a la plaga *Anarsia Lineatella*. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

### 6.1.6 Mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*)

La mosca de la fruta es un díptero muy polífago que tiene múltiples huéspedes lo que favorece su capacidad reproductiva y elevados niveles de población. Además las moscas vuelan y tienen gran capacidad de desplazamiento, colonizando el cultivo cuando los frutos inician su madurez.

El adulto mide unos 5 mm, es de color gris con manchas negras. Las alas iridiscentes con áreas de aspecto ahumado, tienen tres líneas anaranjadas, una longitudinal y dos transversales. Los huevos son de color blanco al principio y amarillos más tarde, su forma es ovoide de 0,2x1mm de tamaño.

Pasa el invierno en forma de pupa enterrada entre 1 y 5cm de profundidad, bajo las copas de los árboles. Con la llegada de la primavera comienzan aemerger los primeros adultos, aumentando la densidad progresivamente. Unos 4 o 10 días después se produce la fecundación seguida inmediatamente de la puesta. Para la puesta la hembra prefiere frutos cercanos a la madurez y en ellos hunde el oviscapto unos milímetros, cada vez la

hembra deposita 6-8 huevos que avivaran en un plazo de 2 a 5 días. Las larvas completan el desarrollo a los 10-15 días, entonces esta larva retorna a la superficie del fruto y se dejara caer a las grietas del suelo donde pupara. Los nuevos adultos aparecerán, según las condiciones climáticas, a los 10-20 días.

Inicialmente el daño no es muy grave ya que solo supone una incisión en el fruto efectuada por la hembra, pero cuando avivan las larvas estas producen galerías en el interior del fruto que suponen la pérdida total de su valor. Frecuentemente aparecen podredumbres asociadas a los daños de esta plaga. El momento crítico es cuando los frutos inician la maduración.

En la Figura 8 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de dicha plaga.

#### **6.1.7 Gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*)**

Es un coleóptero que afecta principalmente a los frutales de hueso. Los ataques de esta plaga son más acusados en plantaciones viejas o de secano.

El tamaño de los adultos oscila entre los 16-33 mm, son de color negro mate, cabeza ancha y pronoto corto, ancho y elíptico, de color blanco con manchas negras. Presentan un par de alas anteriores endurecidas (élitros) que protegen las alas verdaderas. Al tocarlos quedan inmóviles haciéndose los muertos. Los adultos invernantes muestran un aspecto sucio mientras que los recién emergidos son limpios y brillantes.

Los huevos son blancos, ovoides, miden 1,5-1mm de diámetro y son difíciles de localizar. Las larvas son blancas, apodas y blandas, llegan a medir hasta 70 mm, presentan unas potentes mandíbulas en el protórax, mucho más ancho que el resto del cuerpo. Pasan por el estado de preninfá, la larva se endurece y pasa de blanca a marfil, oscureciéndose y endureciéndose los élitros hasta alcanzar el estado adulto.

El invierno lo pasan en las raíces las larvas y en plantas arvenses los adultos, muriendo un elevado número. Con la subida de temperaturas en febrero-marzo se dirigen a los brotes de los árboles para alimentarse, produciendo defoliaciones. En mayo-junio las hembras se dirigen al suelo a realizar la puesta, condicionada por las temperaturas, esta se realiza a unos 40-50cm del tronco y a 3-12 mm de profundidad, cada hembra pone

unos 300 huevos. Las larvas recién nacidas penetran en raíces y troncos formando galerías al alimentarse. Completando su ciclo en 1 o 2 años. Cuando alcanzan su completo desarrollo realizan la ninfosis durante el verano, siendo entre julio y agosto cuando se produce la mayor emergencia de adultos.

Produce daños de dos formas distintas, el daño producido por la alimentación de los adultos que provoca una defoliación y por otra parte el daño producido por las larvas, que es mucho más perjudicial ya que al alimentarse por el interior de las raíces y el tronco pueden debilitar al árbol hasta producir su muerte.

En la Figura 8 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de dicha plaga.

#### **6.1.8 Araña roja (*Panonychus ulmi*)**

La araña roja es una plaga clave que afecta a numerosos cultivos frutales. Posee una elevada capacidad de multiplicación. Es estimulada por la aplicación de tratamientos indiscriminados y puede ser controlada con la aplicación de la Gestión Integrada de Plagas.

Los huevos son casi esféricos y varían de color según su madurez, de blancos a rojos pasando por tonos amarillentos. Las larvas tienen tres pares de patas, son de forma globosa y de color rojo, miden 0,3-0,4 mm. Las ninfas son de tamaño algo mayor que las larvas y tienen ya cuatro pares de patas. Las hembras son de forma globosa, de color rojo oscuro y su longitud mayor alcanza los 0,6-0,7 mm. Los machos de color rojo pálido son algo más pequeños, con forma piriforme y mayor movilidad.

Desde el mes de agosto hasta el de octubre las hembras colocan los huevos sobre la corteza del árbol para que allí pasen el invierno, hacia finales del mes de marzo comienza la eclosión de esos huevos que se prolongara durante 3 o 4 semanas y que darán lugar a la generación procedente de los huevos de invierno; a finales del mes de abril comienzan a verse huevos sobre las hojas con lo que se ha completado la primera generación. Durante el resto de la primavera y verano se suceden varias generaciones, reduciéndose el tiempo necesario para completar las mismas a medida que las temperaturas se incrementan

Los daños los genera la picadura del acaro en la epidermis de las hojas que produce una decoloración del follaje. Si el ataque es de gran magnitud los daños pueden afectar fuertemente a la actividad fotosintética, pudiendo producirse una caída prematura de las hojas, una reducción de la inducción floral e incluso reducir el calibre de los frutos.

Los daños se dan desde el principio de primavera (marzo o abril) hasta julio o agosto cuando la prolificidad es máxima.

En la Figura 9 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de dicha plaga.

#### **6.1.9 Araña Amarilla (*Tetranychus urticae*)**

La araña amarilla es una plaga muy polífaga que ataca prácticamente a todos los cultivos, así como a numerosas especies no cultivadas, con un gran potencial reproductivo, lo que la hace muy peligrosa.

La hembra durante el periodo de actividad es de forma oval, de alrededor de 0.5 mm, de color que va del amarillo-verdoso a amarillo rojizo, con dos manchas laterales oscuras. El macho es más pequeño que la hembra. El huevo es esférico, de 0.1 mm, translúcido al principio y después amarillo.

Es una plaga cuyos daños son importantes en muchas especies cultivadas ya que pueden producir defoliaciones muy importantes y ausencia de medios de control especialmente en condiciones de altas temperaturas y baja humedad. Los primeros síntomas son punteaduras blanquecinas en las hojas, que a medida que la población aumenta se van uniendo, creándose manchas necróticas. En el envés de las hojas pueden observarse a simple vista o con pocos aumentos las colonias de arañas, que cuando son muy numerosas se cubren con una fina tela de araña. En caso de fuertes ataques, las hojas se secan. (Figura 12)



Figura 12 Imágenes auto explicativas en relación a la plaga *Tetranychusurticae*. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

El periodo crítico llega durante el verano, especialmente si se dan altas temperaturas y humedades bajas. La eliminación de la cubierta vegetal en estos momentos puede favorecer la migración de la plaga a los árboles.

En la Figura 9 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de dicha plaga.

#### 6.1.10 Acaro de las agallas del ciruelo (*Acalitus phloeocoptes*)

Ácaro de la familia de los eriódidos cuyo adulto se caracteriza por su pequeño tamaño (135-150 micras) y cuerpo anillado, color blanquecino y dos pares de patas. Forman agallas de 1-2 mm de diámetro, en forma de abultamientos en la madera en la base de las yemas de las brotaciones del ciruelo. Las agallas tienen un gran parecido con las yemas, pudiéndose confundir con las mismas. (Figura 13)

El principal síntoma de esta plaga es la reducción de vigor del árbol y la pérdida de calidad de la cosecha. La aparición de agallas en la base de las yemas puede ocasionar la correspondiente pérdida de las mismas. En variedades poco vigorosas, altas densidades de agallas provocan amarilleos y clorosis de hojas, caída de flores y ligera deformación de frutos. En variedades vigorosas sus daños tienen menos importancia.



Figura 13 Imágenes auto explicativas en relación a la plaga *Acalitusphloeocoptes*. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

El periodo crítico se da cuando los eriofidos salen de las agallas para formar unas nuevas. Esto varía en función del clima y se suele dar entre marzo y mayo, durando unos 60 días.

En la Figura 9 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de dicha plaga

## 6.2 Principales enfermedades

Una enfermedad se da cuando los patógenos que causan daño parasitan al árbol y necesitan vivir en simbiosis con él. Las enfermedades más comunes son las causadas por nematodos, bacterias y hongos. Dependiendo del agente patógeno, la planta se verá afectada en mayor o menor medida.

Las principales enfermedades que pueden afectar al cultivo del ciruelo son el cribado (*Stigmella carpophila*), el oidio (*Sphaerotheca pannosa*), la podredumbre parda de los frutales de hueso (*Monilinia laxa*), mal del cuello (*Phytophthora spp.*), mancha bacteriana de los frutales de hueso (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*) y el virus de la sharka (Plum pox virus).

A continuación se procede a realizar una breve descripción de cada una de estas enfermedades nombradas para facilitar su identificación y así poder tomar las medidas correspondientes para evitar daños en la producción de la plantación de ciruelos proyectada. También se adjuntan varias tablas (Figuras 14 y 15) en las que se indica el umbral de daños producidos por la enfermedad a partir del cual se debe actuar contra ella, también en las tablas se describe el método de conteo a utilizar según la especie que se desea contabilizar, para determinar dicho umbral. Además de los posibles métodos preventivos, medidas culturales y en el caso de que existiesen, las medidas alternativas al control químico para luchar contra la enfermedad. Finalmente en las tablas se recoge como última medida a aplicar el control químico, de este señala en cada caso alguna indicación importante que se debiese tener en cuenta en caso de recurrir a esta opción, y en todos los casos se remite al Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para la elección de los productos fitosanitarios autorizados, ya que la permisibilidad de las materias activas puede ir variando a lo largo del tiempo no sería correcto incluir en este apartado afirmaciones sujetas a leyes que se encuentran en constante modificación. Por ello se insta a realizar revisiones periódicas en las publicaciones del Registro de Productos Fitosanitarios antes de aplicar cualquier tratamiento químico.

Enfermedades principales	Seguimiento y estimación del riesgo para el cultivo	Medidas de prevención y/o culturales	Umbral/Momento de intervención	Medidas alternativas al control químico (*)	Medios químicos
Mancha bacteriana de los frutales de hueso ( <i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>Pruni</i> )	Detección de síntomas Por ser un patógeno de cuarentena, la legislación obliga a comunicar a las autoridades competentes en materia de sanidad vegetal, la presencia de síntomas sospechosos de la enfermedad	Utilizar material vegetal de viveros autorizados y avalado por el pasaporte fitosanitario CE Evitar las variedades más sensibles, especialmente si la plantación está ubicada en zonas con elevada humedad ambiental Realización de podas para conseguir una mayor ventilación de la plantación Realizar fertilización nitrogenada y ajustar los riegos a las necesidades Eliminación de madera infectada y desinfección de las herramientas de poda y la maquinaria	No hay un umbral definido, intervenciones de carácter preventivo, acentuadas en períodos de lluvia		Utilización de productos preventivos en otoño y hasta la floración para limitar la proliferación de la bacteria Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Virus de la sharka (Plum pox virus, PPV)	Seguimiento visual en hojas y, preferentemente en frutos Confirmación de la enfermedad mediante pruebas de laboratorio	Arrancar los árboles con primeros síntomas, arranque total con presencia de la enfermedad en varios árboles Utilizar material vegetal de viveros autorizados y avalado por el pasaporte fitosanitario CE	No hay un umbral definido, no procede el establecimiento de umbral		No existen Los tratamientos contra pulgones no reducen significativamente la transmisión natural

Activar V

*Figura 14 Principales enfermedades del ciruelo en España, con información clave referente a estas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).*

Enfermedades principales	Seguimiento y estimación del riesgo para el cultivo	Medidas de prevención y/o culturales	Umbral/Momento de intervención	Medidas alternativas al control químico (*)	Medios químicos
Cribado ( <i>Stigmina carpophila</i> (Lév.) M.B. Ellis)		Eliminar los brotes secos que permanecen en el árbol  Destrucción o enterrado de órganos afectados	No hay un umbral definido, el tratamiento químico debe ser preventivo al inicio de la floración y fruto tierno o fin de lluvias primaverales, según zonas		Combinar tratamientos durante la parada invernal, con tratamientos fungicidas preventivos durante el periodo de riesgo (marzo-mayo), cada 7 días en períodos húmedos y cada 10 días en períodos secos  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Oidio en frutales de hueso ( <i>Podosphaera</i> spp.)	Instalación de estaciones que determinen las condiciones de riesgo para el desarrollo de la enfermedad; En las condiciones de riesgo influye el microclima, susceptibilidad varietal y aireación de los árboles	Eliminar en el aclarado frutos con síntomas  Eliminar chupones en la poda en verde para favorecer la aireación  Moderar la fertilización nitrogenada	No hay un umbral definido, tratamiento preventivo en variedades sensibles desde el cuajado del fruto a endurecimiento del hueso		Tratamientos preventivos con fungicidas sistémicos sobre variedades sensibles y con condiciones de riesgo favorables  Una vez producidas las infecciones es difícil y costoso el control de la enfermedad  Alternar materias activas con distinto modo de acción para evitar la aparición de resistencias  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Podredumbre parda de los frutales de hueso ( <i>Monilinia</i> spp.)	Realizar observaciones visuales de presencia de la enfermedad	Retirar y destruir de los árboles todas las partes afectadas y especialmente los frutos momificados  Favorecer la aireación  Restringir los abonados nitrogenados y forzar en fósforo y potasio	No hay un umbral definido, tratamiento preventivo con climatología favorable para el desarrollo de la enfermedad		Los tratamientos fungicidas autorizados deben realizarse en los estados fenológicos de botón rosa, floración, inicio de la caída de pétalos y antes de la recolección, especialmente en años lluviosos  En postcosecha es necesario almacenar los frutos rápidamente en frío, realizando a la entrada una aplicación fungicida en variedades sensibles  Alternar materias activas con distinto modo de acción  Se podrán utilizar los productos fitosanitarios autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
Mal del cuello ( <i>Phytophthora</i> spp.)	Observación periódica de los árboles de la plantación para determinar si algunos de ellos presentan síntomas de decadimiento que pudieran asociarse con la enfermedad, si así fuera es imprescindible confirmar mediante diagnóstico de laboratorio	Utilizar especies o patrones resistentes a la asfixia de cuello y radicular  Establecer un sistema de drenaje eficiente en suelos encharcados  Moderar la fertilización nitrogenada  Es recomendable evitar encharcamientos	No definido		No existen

Figura 15 Principales enfermedades del ciruelo en España, con información clave referente a estas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

### 6.2.1 Mancha bacteriana de los frutales de hueso (*Xanthomonas arborícola* *pv.pruni*)

La mancha bacteriana de los frutales de hueso es una grave enfermedad causada por la bacteria *Xanthomonas arborícola* *pv. Pruní*, organismo considerado de cuarentena en la UE. Puede producir pérdidas importantes, no solo porque los frutos afectados no tienen valor comercial sino porque puede provocar severas defoliaciones, que debilitan al árbol y disminuyen progresivamente su productividad. La bacteria está presente en los cinco continentes.

Los síntomas que produce son similares en todas las especies a las que afecta y pueden confundirse por otras bacterias, hongos, fitotoxicidad e incluso granizo. En hojas, se aprecian pequeñas manchas poligonales delimitadas por los nervios secundarios, visibles tanto por el haz como en el envés, rodeadas de un halo amarillento. En ocasiones se concentran a lo largo del nervio principal y muy frecuentemente en el ápice de la hoja (punto de goteo del agua de lluvia y de los tratamientos fitosanitarios). En los frutos el daño aparece tras la caída de pétalos produciendo pequeñas manchas amarillas que necrosan y profundizan. Los síntomas en las ramas no son frecuentes todavía en España. Ver daños en la Figura 16.

*X. arboricola* *pv. pruni* sobrevive al invierno refugiada en las yemas, cicatrices de los peciolos y chancros. Si las condiciones meteorológicas son favorables, los primeros síntomas aparecerán en hojas y posteriormente en los frutos. Para multiplicarse activamente, la bacteria requiere una temperatura relativamente cálida (20-25°C) y una humectación mantenida durante unas 8 horas, que puede ser aportada por lluvias primaverales frecuentes, tormentas, granizo, niebla y rocío. Si se dan estas condiciones durante las seis semanas siguientes a la floración (periodo crítico), aumentará la gravedad de las infecciones y las pérdidas serán mayores. Pueden producirse varios ciclos de multiplicación de la bacteria y, por tanto, varias generaciones de lesiones en un ciclo vegetativo.

En la Figura 14 extraída de la Guía de Gestión Integrada de Plagas de Frutales de Hueso, confeccionada por Gobierno de España, concretamente por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se detalla cómo realizar el seguimiento, la estimación del riesgo para el cultivo, cual es el umbral o momento de intervención, que medidas de prevención pueden tomarse y que medidas alternativas al control químico pueden

tomarse para combatir la enfermedad, además de presentar como última opción el control con medios químicos y como llevarlo a cabo.



Figura 16 Daños en la madera del ciruelo y en ciruelas maduras causados por *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

### 6.2.2 Virus de la sharka (Plum pox virus)

Los frutales de hueso son altamente susceptibles de ser infectados por Plum pox virus o virus de la viruela del ciruelo o de la sharka. Este virus está considerado en la Unión Europea como un organismo nocivo de cuarentena. Se han definido 9 variantes diferentes de este virus, pero hay cuatro de ellas que destacan del resto ya sea por su agresividad o su especificidad.

Este virus se transmite por injerto o multiplicación vegetativa, por lo que el comercio es su modo de dispersión a largo alcance. Alguna especie de pulgón es capaz de actuar como vector del virus pero lo transmite de forma no persistente y a distancias máximas de 200 metros.

Se muestran síntomas en las hojas, como manchas o anillos cloróticos y amarilleamiento de los nervios. En los frutos se producen decoloraciones superficiales y manchas y anillos cloróticos, además de deformaciones que impiden su comercialización.

El periodo crítico es a la hora de seleccionar el material vegetal que se utilizara como madres de la plantación, por lo que la vigilancia y análisis de las plantas madres de las cuales se tomaran las yemas para injertar es fundamental. Cabe destacar que no existen métodos químicos que puedan luchar contra los efectos de este virus, por lo que los métodos preventivos descritos en la Figura 14 serán los únicos que ayudaran a que este organismo no aparezca en nuestra plantación.

### 6.2.3 Cribado (*Stigmina carpophila*)

Ataca a numerosas especies del género *Prunus*, esta enfermedad no es la única que criba las hojas de los frutales.

Sus principales daños pueden verse en hojas y frutos, normalmente en las partes bajas del árbol. En las hojas se producen lesiones de tamaño variable amoratadas o pardo rojizas, rodeadas por un halo verde o amarillento. Los tejidos afectados se mueren y desprenden, cuando la lesión afecta al pedúnculo, la hoja amarillea y cae prematuramente. Las lesiones del fruto son similares a las de las hojas, se originan manchas parduzcas y suberosas. Las manchas amoratadas o pardas de los brotes pueden originar chancros necróticos alargados que exudan resina. Las yemas atacadas ennegrecen y exudan. El ataque, en general, reduce la productividad y el vigor del árbol.

El periodo crítico va desde el inicio de la brotación hasta que el fruto esta tierno, además el riesgo de sufrir daños se incrementa con altas densidades de plantación, con el uso del laboreo y en zonas húmedas, frías y poco aireadas.

En la Figura 15 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de esta enfermedad.

### 6.2.4 El oídio (*Sphaerotheca pannosa*)

El oídio es un hongo ascomiceto que afecta a las especies del genero *Prunus*, el ciruelo es una de las especies menos susceptibles al ataque de este hongo.

Inverna en forma de micelio en brotes y yemas infectadas la campaña anterior. En primavera, el micelio desarrolla conidióforos cortos sobre el extremo de los cuales se producen las conidias. Estas son liberadas y dispersadas por el viento al brote emergente, iniciándose la infección primaria. La temperatura óptima para la germinación de las conidias es de 21°C. El desarrollo de la enfermedad se produce con temperaturas suaves y humedad relativa elevada. Durante la primavera y el verano se producen infecciones secundarias sobre hojas y frutos al desarrollarse nuevas conidias en las zonas de ataque primario (Figura 17). La fase sexual del hongo es infrecuente, encontrándose rara vez cleistotecios (órganos de reproducción).



Figura 17 Oídio en ciruelo. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

Los síntomas pueden observarse tanto en hojas como en brotes o en frutos. En hojas aparecen manchas blanquecinas, llegándose a cubrir la hoja por un micelio blanco que hace que se rice y deformé. Los frotes infectados se atrofian. En los frutos aparecen manchas blanquecinas que crecen hasta cubrirlo, se pueden infectar desde cuajado hasta endurecimiento del hueso.

En la Figura 15 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de esta enfermedad.

#### **6.2.5 La podredumbre parda de los frutales de hueso (*Monilinia laxa*)**

Esta enfermedad puede ser causada por tres hongos ascomicetos, todos de la especie *monilinia*, es España la más importante es *M.Laxa* pero en otros lugares se considera más agresiva *M.Frutícola*. Las tres variables causan síntomas parecidos, por ello el diagnóstico diagnóstico más fiable es con análisis del ADN.

Pasa el invierno en forma de micelio en flores o frutos momificados, en el árbol o en el suelo, además también puede hacerlo en ramas o en brotes (Figura 18). Esta sería la fuente de inoculo que cuando se dan las condiciones climáticas adecuadas se infectan nuevos órganos al dispersarse las conidias por el agua, viento o en insectos. Tras la infección de las flores, se liberan nuevas conidias para ciclos secundarios de la enfermedad. Al mismo tiempo, el micelio avanza hacia el fruto recién formado y hacia el brote formando chancros. El fruto, según va madurando, se hace más sensible a la infección. Las conidias penetran en los frutos por heridas superficiales, por lo que las granizadas incrementan su incidencia.



Figura 18 Daño de *Monilinia Laxa* en ciruelo. En el fruto, a la izquierda, en brote, en el centro y en flor, a la derecha.  
Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015).

Los primeros síntomas aparecen al inicio de la primavera, causando marchitez en flores y brotes. Las flores infectadas se adhieren a los brotes, donde se desarrollan chancros que sirven como fuente de inóculo. Durante la primavera y el verano, en condiciones favorables de humedad y temperatura, las infecciones afectan a los frutos. Estas comienzan con pequeñas manchas marrones que evolucionan rápidamente a podredumbres, las cuales pueden contagiar a otros frutos sanos. Las infecciones pueden permanecer latentes y manifestarse durante el almacenamiento o la comercialización. Estos daños postcosecha son los más significativos económico y aumentan proporcionalmente durante el almacenamiento. Por lo tanto, esta enfermedad es de gran importancia para los envíos de frutas a destinos lejanos y es la principal causa de pérdidas. Los frutos afectados permanecen en el árbol, dando lugar a las típicas momias.

El periodo crítico de desarrollo de la enfermedad son la etapa de floración y las últimas semanas antes de la recolección.

En la Figura 15 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de esta enfermedad.

#### 6.2.6 Mal del cuello (*Phytophthora* spp.)

Es una de las enfermedades de suelo que afectan a los frutales, todas las especies pueden padecerla.

El principal síntoma es el decaimiento general del árbol, por lo que es fácil confundirla con otros problemas fúngicos o bacterianos como la *Armillaria Mellea* o incluso con asfixia radicular, carencias... Si se explora la zona del cuello o de la raíz adyacente se observan chancros (zonas con tejidos muertos, deshidratados y hundidos). Al levantar la

corteza se observa que esta negra sin afectar a la zona leñosa y en los extremos del chancro se verá la zona de avance del hongo, con coloración rojiza no uniforme.

Los daños se basan en un debilitamiento continuo del árbol hasta finalmente producir la muerte de este. Los daños se producen en rodales. La primavera y el otoño son los momentos de mayor incidencia de la enfermedad.

En la Figura 15 puede encontrarse la información referente para la correcta gestión de esta enfermedad.

### **6.3 Cuaderno de explotación**

La Orden del 16 de enero de 2013 estableció el modelo para registrar la información sobre el uso de productos fitosanitarios por parte de los titulares de explotaciones agrarias en la Comunidad Autónoma de Aragón (BOA, 19 de febrero de 2013).

El cuaderno de explotación es un documento que recoge todas las actividades realizadas en la explotación para gestionar plagas, enfermedades y malas hierbas. Además, debe incluir las acciones que, mediante el uso de fitoreguladores, tienen como objetivo influir en algún proceso de la planta, como el crecimiento, el aclareo o la caída fisiológica de los frutos. También se integran aspectos relacionados con la trazabilidad de las producciones agrarias.

El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente ha elaborado, de manera consensuada con las Comunidades Autónomas, un documento orientativo sobre los contenidos mínimos obligatorios que debe incluir el cuaderno de explotación, conforme a lo establecido por el Real Decreto. Las anotaciones pertinentes se podrán realizar de manera física o informática.

## 7 RECOLECCIÓN

### 7.1 Introducción

El diseño de la explotación realizado en este proyecto ha sido condicionado constantemente por la premisa principal del promotor de que la mano de obra necesaria a lo largo del proceso productivo fuese mínima. Por ello, la recolección se va a realizar en continuo y totalmente mecanizada, lo que aumenta la capacidad de trabajo, ya que se reduce el tiempo de recolección y mano de obra, pero esto supone una depreciación de la calidad del fruto ya que tras este tipo de recolección únicamente puede destinarse la ciruela para la industria, no para el consumo en fresco.

Para que la recolección se pueda realizar con una maquina cabalgante (recolección en continuo) el sistema de formación ha de ser obligatoriamente el seto, como ya se ha explicado en el Anejo 5, siendo esta una de las mayores ventajas del seto, pero también ha ganado peso este sistema por la flexibilidad en las opciones de recolección que presenta. Esta dualidad conlleva que según el criterio de la persona encargada de tomar las decisiones a la hora de cuando y como realizar la cosecha esta se pueda realizar:

- Totalmente mecánica, destinando el 100% del fruto a la industria.
- Totalmente manual, destinando la totalidad de la fruta para consumo en fresco.
- Recolección mixta, realizando primero un pase manual y luego otro mecánico.

A continuación se describirán detalladamente las tres posibilidades, aportando información necesaria sobre las ventajas y desventajas que ofrecen unas frente a otras, con el propósito de facilitar la decisión anual de cómo se recolectara cada variedad. Es importante destacar que esta decisión se debe barajar en función de los precios que presenta el mercado según la fruta se destine a industria o a consumo en fresco, la ventaja principal que ofrece este sistema es la flexibilidad de la que se dispone para tomar esta decisión que puede significar obtener mayores beneficios.

### 7.2 Recolección mecánica

La recolección mediante maquinas cabalgantes puede darse en el cultivo de la ciruela ya que se trata de un fruto con el pedúnculo fino en relación al peso del fruto, se desprenden con facilidad. La recolección mecánica tiene como finalidad principal cosechar fruta de una forma económica y rápida cuando el destino de esta sea la

industria, ya sea para deshidratación a la que se suele destinar la variedad D'Agen o la variedad Stanley o para conservas varias, para lo que se suelen preferir las variedades Claudias, por ejemplo la Claudia de Tolosa. La fruta se recolectara con no menos de 25 grados brix, y así asegurar su calidad en los usos destinados de la industria, además de facilitar su caída del árbol al vibrar la máquina.

Para recolectar las ciruelas se emplea una maquina cabalgante tipo vendimiadora, que circula con una rueda en cada calle dejando el muro frutal en el medio (Figura 19), este muro será vibrado por medio de unos elementos de los que dispone la máquina, previamente adaptada para este tipo de cultivo. La máquina generalmente utilizada en estos trabajos es la vendimiadora VX 70/90 New Holland (figura 19) o alguna similar, según I. Iglesias et al, 2021 esta máquina tiene una velocidad de trabajo de 3 km/h y los daños ocasionados a la fruta son inferiores al 3 % por lo que presenta unas condiciones óptimas para su uso. La fruta será transportada por medio de unas cintas incorporadas en la máquina y podrá ser evacuada de la máquina de dos formas diferentes en función de lo que solicite el comprador.



*Figura 19 Recolección de ciruelas variedad D'Agen con maquina cabalgante arriba izq. y dcha., abajo izq. se ve un remolque cargado de ciruelas extendiéndolas para su secado. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zúñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).*

Si se desea transportar la ciruela en cajones tipo pallet de fruta la maquina se adaptara para incorporar un tubo elástico que permita la circulación de la fruta por el hasta depositarla en dichos pallets, estos serán transportados en un remolque por un operario y otro se encargara de dirigir el tubo en cada momento para un llenado uniforme (Figura 20) en total serán necesarios tres operarios para llevar a cabo con éxito este tipo de cosecha mecanizada en continuo de ciruela.



*Figura 20 Recolección de ciruelas variedad Claudia de Tolosa con maquina cabalgante adaptada para ir vaciando su depósito a pallets de fruta eliminando así las paradas de descarga. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zúñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).*

En el caso de que la fruta vaya a ser transportada en remolques de gran capacidad a naves de procesamiento o secaderos cercanos se optaría por el método más habitual que se basa en acumular en la cosechadora la fruta en dos grandes depósitos que almacenarían las ciruelas hasta llegar al final de la línea donde se encontrara el remolque similar al de la Figura 19, en el que se descargaría la fruta y así poder la maquina proseguir con la cosecha. Este método es menos tedioso pero implica disponer de varios remolques tipo bañera auto basculantes además del requisito de que la zona de descarga se encuentre relativamente próxima a la finca, ya que sino las distancias recorridas serían muy grandes y se necesitaría un mayor número de remolques para que la maquina cabalgante no se viera obligada a parar por falta de espacio para la descarga. En este caso los operarios necesarios serian el conductor de la maquina cabalgante y los tractoristas que se determinasen según la distancia al punto de descarga.

### 7.3 Recolección manual

En las plantaciones en seto el disponer de una copa bidimensional y de pequeño volumen en comparación con el vaso tradicional (Figura 21), se traduce en una buena accesibilidad para la recolección manual, cuando se desea destinar la ciruela al consumo en fresco.



Figura 21 Diferencias en el tamaño y distribución de la copa en una plantación de ciruelos tradicional y otra en alta densidad formada en seto. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zúñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).

La recolección manual para el consumo en fresco representa uno de los mayores costes del total de la producción por lo que su disminución es de vital importancia para la rentabilidad de dicha operación. En el caso de que el productor decidiese optar por esta alternativa, la plantación en seto ofrece grandes ventajas frente al vaso tradicional, en este ultimo la recolección se realiza desde el suelo, teniendo los operarios que desplazarse constantemente alrededor de la gran copa del árbol, además las partes aéreas son de difícil acceso, únicamente pueden recolectarse con el uso de escaleras que supone un aumento del tiempo, al tener que moverlas y posicionarlas además de subir y bajar, necesario por persona para recolectar los mismos kilos que en el caso del seto. El seto se recolecta completamente desde el suelo y en un único plano que favorece el trabajo continuo y reduce así el tiempo de recolección. En la Figura 22 se muestra la recolección manual en ambos sistemas y destaca el uso de escaleras en el vaso tradicional. En el seto prácticamente el 100% de la cosecha es accesible desde el suelo, sin necesidad de escaleras, por lo que el trabajo es más fácil para los operarios, supone menor riesgo, una reducción de tiempos y es más sostenible socialmente.



Figura 22 En la izq., recolección manual con escaleras de ciruela de Agen en el vaso tradicional. A la dcha., recolección peatonal en seto de pequeño volumen también de la variedad de Agen. Fuente: Iglesias, I., Torrents, J., Zúñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021).

Según I. Iglesias et al, 2021, La eficiencia de la mano de obra para la recolección cuando se compara el seto frente al vaso, se incrementa en un 35 y un 45%, según sea el volumen y la estructura de la copa de los árboles, por lo que el coste de la recolección por kilogramo se ve reducido casi a la mitad.

De llevarse a cabo esta recolección manual, se organizara de tal manera que en cada calle trabajen dos personas, una por cada cara del muro frutal (Figura 22) y cada una de estas personas contara con un elemento en el que depositar la fruta ya sea un cubo o una caja de plástico, en función del formato que desee el comprador, el producto se puede vender tanto en formatos de 10 kg hasta en cajones de máximo 200kg. Uno o varios operarios, en función de cuanta gente se encuentre cogiendo la fruta, se encargarán de sacar de la parcela la fruta ya cosechada y de abastecer continuamente a los trabajadores con cajas vacías para que no se paralice la operación.

Cabe indicar que para la venta de la ciruela como fruta de mesa esta debe cumplir con unos requisitos, el calibre ideal para las ciruelas europeas destinadas a su consumo en fresco es como mínimo de 33 mm, la fruta deberá tener unos 17 grados brix que indicarían que la concentración de azúcares en el fruto es óptima para su consumo en fresco y por último la ciruela debe ser recolectada con el pedúnculo, que conseguirá mantenerse unido al fruto con un hábil movimiento del operario a la hora de su recolección. Además se cumplirán unas normas higiénicas básicas y de calidad de la cosecha recogidas en el Reglamento (CE) nº 1168/1999 de la Comisión, de 3 de junio de 1999, por el que se establecen las normas de comercialización de las ciruelas. Por ello el operario únicamente cojera del árbol los frutos de mayor tamaño y que no presenten malformaciones o anomalías, para así cumplir con las normas de comercialización.

## 7.4 Recolección mixta

Esta tercera opción consiste en, como su propio nombre indica, recolectar la cosecha utilizando primero medios manuales y después medios mecánicos. A priori parece que pueda ser contraproducente ya que la plantación en seto se ha diseñado así para ser 100% mecanizable, pero como se ha explicado anteriormente la recolección manual se ve muy favorecida por este modelo de conducción en seto multieje, ahorrando mucho tiempo a los operarios. Además como ventaja frente a otros modelos, la poda del seto está prácticamente mecanizada por lo que todavía compite mejor en rentabilidad con el vaso tradicional u otros sistemas.

En la finca proyectada la última palabra sobre qué tipo de cosecha se va a realizar cada año la tendrá el productor. Pero la experiencia de Mauricio Zúñiga, ingeniero del grupo Agromillora, que gestiona una plantación de ciruelas D'Agen en Chile, aboga por la rentabilidad que ofrece el realizar la cosecha mixta la mayoría de los años, evidentemente en función de los precios esperados para esa campaña, los costes que supone realizar la recolección de una u otra forma y de la producción que hay en la parcela en ese momento. Si todos los factores anteriormente son favorables y además se cuenta con disponibilidad de trabajadores temporales, la mejor forma de afrontar la recolección mixta es, primero descartando las zonas de la plantación que puedan suponer perdidas en la rentabilidad de la recolección manual, por ejemplo zonas que por exceso de fruta o por el ataque de alguna plaga cuentan con demasiadas ciruelas que no cumple con el calibre mínimo, o que al estar dañadas no puede venderse como ciruelas de mesa para consumir en fresco. Una vez seleccionadas las mejores zonas, en ellas se realizará un pase manual, en el que los operarios seleccionarán las mejores ciruelas para el consumo en fresco, dejando el resto en el árbol. Estimando que se recolecte así no más del 30% de la producción total, para que cumpla con la calidad requerida. El otro 70% de la producción, aproximadamente, se cosechará de manera mecanizada con la máquina cabalgante, como se ha explicado anteriormente.

Las ventajas de esta cosecha mixta son varias. Lo primero es la flexibilidad que ofrece la plantación que en función de cómo se gestione la cosecha la rentabilidad económica puede variar mucho, consiguiéndose buenos ingresos por hectárea. Al realizar primero un pase manual cuando la fruta tiene 17 grados brix y luego tener que esperar un tiempo hasta que la fruta llegue a los 25 grados brix necesarios para la recolección mecánica, el

tiempo que transcurre entre ambas cosechas hace que la fruta que queda en el árbol tras el primer pase, pueda ganar peso y calibre consiguiendo mayores producciones. Además este tiempo también ayuda a planificar la recolección y ayuda a que esta sea más escalonada.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Barriuso J. y Sales E. (2023-2024). *Temario de la asignatura: Protección de Cultivos*. Universidad Politécnica Superior de Huesca.
- Ciampitti, I. A., & García, F. O. (s.f.). *Fertilización del cultivo de soja: Respuestas y eficiencia en el uso de nutrientes*. International PlantNutritionInstitute. Recuperado de [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/\\$FILE/AA%2012.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/$FILE/AA%2012.pdf)
- Gobierno de Aragón. (2019). *Buenas prácticas de gestión: Gestión integrada de plagas en frutales de hueso*. Recuperado de <https://www.aragon.es/documents/20127/674325/BRSCGI-2019.06.12.11.44.56.pdf/ab35fe05-4205-83f9-cf01-e05ebbdac1b2>
- Iglesias, I., & Zuñiga, M. (2021). *Cultivation of the French prune in edge. AgromilloraTechnicalReport I*.
- Iglesias, I., Torrents, J., Zúñiga, M., Marzo, C., & Giori, M. (2021). *Edición especial: Ciruelo. Revista de Fruticultura*, 70-99. [https://interprunus.com/wp-content/uploads/2023/05/5-Rev\\_Fruticultura-Especial-Ciruelo-pags-70\\_99.pdf](https://interprunus.com/wp-content/uploads/2023/05/5-Rev_Fruticultura-Especial-Ciruelo-pags-70_99.pdf)
- LGSeeds. (2009). *Guía práctica de fertilización de cultivos II*. Recuperado de <https://www.lgseeds.es/media/guia-practica-fertilizacion-cultivos-ii.pdf>
- Mataix, E., & Villarrubia, D. (1995). *Poda de frutales: La poda del ciruelo*. Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2015). *Guía de gestión integrada de plagas: Cultivos frutales de hueso*. Recuperado de [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/guiafrutalesdehuesoweb\\_tcm30-57949.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/guiafrutalesdehuesoweb_tcm30-57949.pdf)
- Portal Tecnoagrícola. (s.f.). *Ciruelas*. Recuperado de <https://www.buscadortecnoagricola.com/vademecum/esp/cultivos?cultivo=ciruelas>
- QuatreBCN. (2021). *Revista de fruticultura: Especial 2021: Ciruelo*. <https://fruticultura.quatrecn.es/revista-de-fruticultura-especial-2021-ciruelo>
- VigoloSrl. (n.d.). *Macchine agricole*. *Vigolo*. <https://www.vigolo.com/it/macchine-agricole>

---

# **ANEJO 7**

# **DISEÑO AGRONÓMICO**

---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	4
3. BALANCE HÍDRICO .....	8
3.1. Estado del agua en el suelo .....	8
3.2. Agua fácilmente disponible .....	9
3.3. Precipitación efectiva .....	9
3.4. Balance hídrico anual .....	9
4. NECESIDADES NETAS DE RIEGO .....	11
4.1. Calculo de las necesidades netas .....	11
4.2. Coeficientes de corrección de las necesidades netas en riego localizado .....	11
4.3. Calculo de las necesidades netas corregidas .....	13
5. NECESIDADES TOTALES DE RIEGO .....	15
5.1. Eficiencia de aplicación .....	15
5.2. Calculo de las necesidades totales .....	16
6. SUPERFICIE MOJADA POR EMISOR .....	17
6.1. Numero de emisores por planta .....	17
6.2. Separación entre emisores .....	18
6.3. Frecuencia y tiempo de riego .....	18
7. DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO .....	20
8. CALCULO DEL NÚMERO DE SECTORES DE RIEGO .....	21
9. BIBLIOGRAFÍA .....	22

## **1. INTRODUCCIÓN**

En este anejo se definirán y calcularán las necesidades hídricas que tendrá el cultivo. El diseño agronómico se fundamentará en datos climáticos obtenidos en la estación meteorológica del Servicio Integral y de Asesoramiento al Regante (SIAR) y de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) ubicada en Almonacid de la Sierra, en cuyo término municipal se encuentra la parcela de estudio, también con datos del estudio edafológico realizado en la parcela, el diseño de la plantación y las analíticas del agua de riego expuestas en sus correspondientes anejos. Los cultivos tienen distintas necesidades hídricas según la fase de crecimiento en la que se encuentra por lo que se calcularán estas necesidades netas en las diversas etapas del cultivo. También se calcularán la superficie y porcentaje de suelo que moja cada emisor, el número de emisores por planta y la separación entre estos, así como la dosis, la duración y el intervalo entre los riegos.

## 2. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Los datos de evapotranspiración del cultivo de referencia se calculan utilizando información meteorológica de la zona en la que se precisan conocer, existen diferentes ecuaciones empíricas para obtenerlos. Actualmente el método Penman-Monteith (FAO, 2006) se recomienda como la ecuación estándar para definir y calcular la evapotranspiración de referencia ETo, ya que es el procedimiento más moderno y fiable. La ecuación en la que se fundamenta este método para calcular la evapotranspiración es la siguiente:

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

- ETo: evapotranspiración de referencia ( $\text{mm dia}^{-1}$ )
- Rn: radiación neta en la superficie del cultivo ( $\text{MJ mm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ )
- G: flujo del calor del suelo ( $\text{MJ mm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ )
- T: temperatura media del aire a 2 metros de altura ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $u_2$ : velocidad del viento a 2 metros de altura ( $\text{m s}^{-1}$ )
- $e_s$ : presión de vapor de saturación (kPa)
- $e_a$ : presión real de vapor (kPa)
- $e_s - e_a$ : déficit de presión de vapor (kPa)
- $\Delta$ : pendiente de la curva de presión de vapor (kPa  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
- $\gamma$ : constante psicrométrica (kPa  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

Este método ha sido utilizado en el software CROWAT 8.0 y que basándose en los datos de entrada de la estación de la Oficina del Regante en Almonacid de la Sierra ha ayudado a calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia (tabla 1 y tabla 2).

Tabla 1 Datos de radiación y evapotranspiración calculados por software CROPWAT. Fuente: elaboración propia.

País <input type="text" value="España"/>			Estación <input type="text" value="Almonacid Sierra"/>					
Altitud	<input type="text" value="598"/> m.	Latitud	<input type="text" value="41.39"/> °N	Longitud	<input type="text" value="1.32"/> °W			
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo	
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día	
<b>Enero</b>	-5.3	19.1	71	2.0	4.2	6.8	1.62	
<b>Febrero</b>	-2.9	20.6	69	2.1	4.4	9.0	2.06	
<b>Marzo</b>	-1.4	25.1	64	1.8	6.1	13.7	3.01	
<b>Abril</b>	0.2	27.0	65	1.7	7.3	18.1	3.80	
<b>Mayo</b>	3.7	32.0	61	1.5	7.9	20.8	4.71	
<b>Junio</b>	8.4	37.2	59	1.5	8.2	21.9	5.55	
<b>Julio</b>	10.9	40.3	53	1.6	10.7	24.9	6.60	
<b>Agosto</b>	10.5	39.6	54	1.3	9.6	21.8	5.65	
<b>Septiembre</b>	7.2	33.9	62	1.3	7.0	15.7	3.94	
<b>Octubre</b>	2.9	30.1	67	1.6	6.2	11.5	3.01	
<b>Noviembre</b>	-1.6	23.1	73	2.2	4.7	7.6	2.12	
<b>Diciembre</b>	-3.4	18.8	79	1.9	3.5	5.7	1.33	
<b>Promedio</b>	<b>2.4</b>	<b>28.9</b>	<b>65</b>	<b>1.7</b>	<b>6.7</b>	<b>14.8</b>	<b>3.62</b>	

Tabla 2 Valores de evapotranspiración durante el año calculados por el software CROPWAT. Fuente: elaboración propia.

MES	Eto (mm/día)	Eto (mm/mes)
ENERO	1,62	50,22
FEBRERO	2,06	57,68
MARZO	3,01	93,31
ABRIL	3,8	114
MAYO	4,71	146,01
JUNIO	5,55	166,5
JULIO	6,6	204,6
AGOSTO	5,65	175,15
SEPTIEMBRE	3,94	118,2
OCTUBRE	3,01	93,31
NOVIEMBRE	2,12	63,6
DICIEMBRE	1,33	41,23
<b>TOTAL</b>		<b>1323,81</b>

Los datos obtenidos con el software CROPWAT 8.0 servirán de comparativa con los datos proporcionados por el Servicio Integral de Asesoramiento al Regante (SIAR) que se muestran en la tabla 3, los primeros serán los utilizados para calcular la evapotranspiración de nuestro cultivo.

Tabla 3 Valores de evapotranspiración de referencia. Fuente: SIAR.

Eto (mm/mes)			
ENERO	39,1	JULIO	158,83
FEBRERO	36,1	AGOSTO	92,16
MARZO	99,34	SEPTIEMBRE	70,19
ABRIL	116,16	OCTUBRE	47,74
MAYO	138,29	NOVIEMBRE	28,9
JUNIO	133,74	DICIEMBRE	28,69
<b>TOTAL</b>	<b>1129 mm/año</b>		

La evapotranspiración de nuestro cultivo será diferente a la del cultivo de referencia para el que se ha calculado (ET<sub>o</sub>), por ello es necesaria una fórmula en la que se recojan cuantitativamente las características en las que difiere el cultivo estudiado al cultivo de referencia:

$$ETc = Kc \times ETo$$

- ET<sub>c</sub>: evapotranspiración del cultivo
- K<sub>c</sub>: coeficiente del cultivo
- ET<sub>o</sub>: evapotranspiración potencial o de referencia

La evapotranspiración del cultivo es básicamente el producto del coeficiente del cultivo por la evapotranspiración potencial o de referencia. El coeficiente del cultivo representa el efecto integrado de varias características principales que diferencian a un cultivo en particular del cultivo de referencia. Las características que se tienen en cuenta son las siguientes (FAO, 2006):

- Altura del cultivo, influye en el valor de la resistencia aerodinámica y en la transferencia turbulenta del vapor del agua desde el cultivo hacia la atmósfera.
- Albedo o reluctancia de la superficie del cultivo y suelo, este valor está afectado tanto por el área de suelo ocupado por el cultivo como por la humedad presente en la superficie del suelo. El valor del albedo afecta a los valores de la radiación neta de la superficie, la cual es la mayor fuente de energía para el proceso de evapotranspiración.
- Resistencia del cultivo, referida a la transferencia del vapor de agua a la atmósfera desde la parte foliar (cantidad de estomas), edad y condición de la hoja y la capacidad del cultivo de controlar la apertura y cierre estomático.

- Evaporación que ocurre en el suelo, especialmente en la parte expuesta del mismo. Se diferencian cuatro etapas en función del desarrollo del cultivo:

Etapa inicial, desde plantación hasta que el árbol sombra el 10%.

Etapa de desarrollo, desde la etapa anterior hasta que sombra el 70-80%

Etapa media, desde el final de la etapa anterior hasta el comienzo del envejecimiento del follaje.

Etapa fina, desde el final de la etapa anterior hasta la caída de hojas del cultivo.

El valor del coeficiente del cultivo del ciruelo depende de la edad, el tamaño del árbol y del estado de desarrollo en el que se encuentre. Los valores de Kc (J. Casanova Gascón, 2022-2023) obtenidos en función del estado de desarrollo del cultivo, tabla 4.

Tabla 4 Coeficiente del ciruelo según su estado de desarrollo. Fuente: Casanova Gascón J. (2022-2023).

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Kc	0	0	0,60	0,75	0,90	1,10	1,0	0,95	0,75	0,60	0,50	0

Con estos valores mensuales del coeficiente del cultivo y con la evapotranspiración de referencia que se ha calculado previamente en el software CROPWATR siguiendo el método de Penman-Monteith, propuesto por la FAO, se calcula la evapotranspiración del cultivo (ETc), que se resume en la tabla 5:

Tabla 5 Calculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc). Fuente: elaboración propia.

MES	ETo (mm/mes)	Kc	ETc (mm/mes)
ENERO	50,22	0,00	0,0
FEBRERO	57,68	0,00	0,0
MARZO	93,31	0,60	56,0
ABRIL	114	0,75	85,5
MAYO	146,01	0,90	131,4
JUNIO	166,5	1,10	183,2
JULIO	204,6	1,00	204,6
AGOSTO	175,15	0,95	166,4
SEPTIEMBRE	118,2	0,75	88,7
OCTUBRE	93,31	0,60	56,0
NOVIEMBRE	63,6	0,50	31,8
DICIEMBRE	41,23	0,00	0,0

### 3. BALANCE HÍDRICO

Para calcular el balance hídrico de la plantación es necesario conocer las necesidades hídricas del cultivo, ciruelo en este caso y determinar si es preciso aportar agua y en qué cantidad. Para determinar las necesidades hídricas hay que conocer la precipitación efectiva, la evapotranspiración del cultivo (tabla 5) y el agua fácilmente disponible. Y con estos datos hacer un cómputo global en el que se diferenciara el agua que es aportada al cultivo y el que es utilizado por este.

- Agua aportada: Riego (R) + Precipitación efectiva (PE)
- Agua utilizada o perdida: Evapotranspiración del cultivo (ETc) + Escorrentía (ESC) + Percolación profunda (PP) o lixiviación

Si se conocen todas las variables se podrá saber el riego (R) que necesita el cultivo.

#### 3.1. Estado del agua en el suelo

El agua que se puede estar disponible para las plantas no es el total de la que se encuentra en el suelo. Al conocer los valores de capacidad de campo, punto de marchitez permanente, la profundidad de suelo necesaria para el desarrollo de nuestro cultivo y la densidad aparente del suelo, se puede calcular el agua disponible por hectárea de suelo basándose en la siguiente formula:

$$Agua\ disponible = \frac{CC - PMP}{100} \times (Da \times profundidad \times 10000m^2)$$

Los datos necesarios para aplicar la fórmula, descritos en el anexo del estudio edafológico y tomando una media de las muestras analizadas, son los siguientes:

- Capacidad de campo (CC) = 22,45%
- Punto de marchitez permanente (PMP) = 12,5%
- Densidad aparente del suelo (Da) = 1,29 g/cm<sup>3</sup>
- Profundidad del suelo = 1,5m

$$Agua\ disponible = \frac{22,45 - 12,5}{100} \times (1,29 \times 1,5 \times 10000) = 1925,32\ m^3$$

$$\text{Teniendo en cuenta que } 1\ mm\ de\ altura\ de\ agua = 1\ \frac{\text{litro}}{m^2} = 10\ \frac{m^3}{ha}$$

El agua disponible por hectárea será 192,5 mm.

### 3.2. Agua fácilmente disponible

Se define como aquella fracción del total del agua disponible para el cultivo que este puede aprovechar sin que disminuyan sus rendimientos máximos. La fórmula con la cual se calcula se muestra a continuación:

Agua fácilmente disponible = Reserva disponible x fracción de agotamiento

La fracción de agotamiento es un factor que depende de la transpiración de la planta, por lo tanto esta tabulado para cada cultivo. En el caso del ciruelo al ser un frutal cuyo fruto es la drupa el valor que se asume es de 0,65.

Agua fácilmente disponible por hectárea = 192,5 x 0,65 = 125,12 mm.

### 3.3. Precipitación efectiva

Se denomina como precipitación efectiva al agua de lluvia que no se pierde por percolación profunda ni escorrentías. En el caso de estudio se ha calculado siguiendo el método USDA. S.C. utilizando para ello el software CROPWAT. Mostrándose los datos en la tabla 6.

Tabla 6 Datos de precipitación efectiva calculados por el software CROPWAT. Fuente: elaboración propia.

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
<b>Enero</b>	22.5	21.7
<b>Febrero</b>	19.0	18.4
<b>Marzo</b>	40.2	37.6
<b>Abril</b>	49.8	45.8
<b>Mayo</b>	42.4	39.5
<b>Junio</b>	47.7	44.1
<b>Julio</b>	19.3	18.7
<b>Agosto</b>	15.4	15.0
<b>Septiembre</b>	19.6	19.0
<b>Octubre</b>	23.9	23.0
<b>Noviembre</b>	43.9	40.8
<b>Diciembre</b>	18.8	18.2
<b>Total</b>	<b>362.5</b>	<b>341.9</b>

### 3.4. Balance hídrico anual

Se calcula ahora el balance hídrico mes a mes, para conocer en qué mes hay que iniciar el riego y las dosis teóricas que se irán aplicando mes a mes hasta el final de la campaña

para cubrir las necesidades hídricas de los ciruelos. Para dicho cálculo se hará uso de la siguiente formula:

$$\text{Balance hídrico} = \text{Precipitación efectiva} - \text{Evapotranspiración del cultivo}$$

Tabla 7 Calculo de las cantidades mensuales de riego en mm. Fuente: elaboración propia.

DATOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P efect	21,7	18,4	37,6	45,8	39,5	44,1	18,7	15,0	19,0	23,0	40,8	18,2
ETc	0,0	0,0	56,0	85,5	131,4	183,2	204,6	166,4	88,7	56,0	31,8	0,0
Reserva	48,9	67,3	48,9	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	27,2
Déficit	0,0	0,0	0,0	0,0	-82,7	-139,1	-185,9	-151,4	-69,7	-33,0	0,0	0,0
Exceso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Riego	0,0	0,0	0,0	0,0	-82,7	-139,1	-185,9	-151,4	-69,7	-33,0	0,0	0,0

Como se muestra en la tabla 7, en el mes de mayo el balance hídrico teórico comienza a ser negativo y esto se mantiene hasta el mes de octubre. Por lo tanto en este periodo habrá que realizar aportaciones de agua a los ciruelos ya que la precipitación efectiva no es suficiente como para abastecer las necesidades totales del árbol. Las aportaciones máximas han de realizarse en el mes de julio. Cabe destacar que al ser el ciruelo un cultivo leñoso de hoja caduca, en los meses de parada invernal no tiene necesidades hídricas por lo tanto la precipitación efectiva se acumulará en el suelo hasta los 125 mm ya que es el máximo de agua fácilmente disponible por hectárea. Pese a que en los meses de marzo y abril el árbol tiene requerimientos de agua (Etc), el suelo es capaz de subsanarlos gracias a las reservas hídricas del suelo ayudado también de las altas precipitaciones registradas durante esos meses primaverales.

Al tener en cuenta factores tan variables de un año para otro como lo es la precipitación y por lo tanto el agua fácilmente disponible del suelo, no se asegura que los riegos se realicen exactamente los meses marcados y en la cantidad calculada ya que hay años en que las precipitaciones de cualquier mes puedan ser inexistentes y otros en que estas sean superiores a las esperadas, es por ello que los datos expuestos en la tabla 7 únicamente son datos orientativos de las necesidades hídricas de la plantación durante un año medio. Al existir la posibilidad de que un año no se den las aportaciones hídricas medias, por la falta de precipitaciones, habrá que aportar el 100% del agua que necesita el cultivo y por ello el dimensionado de la instalación se realizará teniendo en cuenta las necesidades de los ciruelos durante el mes en el que hay mayor demanda, obviando las

precipitaciones, en este caso la evapotranspiración de los ciruelos en julio es de 204,6 mm/mes es decir 6,6 mm/dia.

## 4. NECESIDADES NETAS DE RIEGO

### 4.1.Calculo de las necesidades netas

A la hora de realizar una plantación con riego por goteo el cálculo de las necesidades netas es algo muy importante ya que en ocasiones las reservas de agua en el suelo son muy limitadas y es necesario dimensionar la instalación de riego para las máximas necesidades que tenga el cultivo, evitando así situaciones de estrés hídrico que generen posibles pérdidas de producción. Para ello se utilizara la siguiente ecuación:

$$Nn = (ETc - Pefect) \times kl \times kc \times ka$$

- Nn: necesidades netas de riego (mm/dia)
- ETc: evapotranspiración del cultivo (mm/dia)
- Kl: coeficiente corrector por localización
- Kc: coeficiente corrector por variación climática
- Ka: coeficiente corrector por advección

Antes de calcular las necesidades netas de riego es esencial establecer el valor de los coeficientes que intervienen en la ecuación ya que estos varían en función de diferentes factores.

### 4.2.Coefficientes de corrección de las necesidades netas en riego localizado

El sistema de riego localizado se basa en la persistencia de un bulbo húmedo entorno al que se desarrollaran las raíces, este bulbo debe mantenerse cerca de la capacidad de campo para que así el agua pueda ser absorbida fácilmente por el árbol. Al no mojar todo el suelo, este sistema de riego hace que la temperatura de este sea mayor que en otros suelos con diferente sistema de riego. Los coeficientes que se utilizan para corregir el valor de las necesidades netas se describirán a continuación.

- Coeficiente corrector por localización (kl)

Este coeficiente se calcula a partir de la fracción de área sombreada (FAS) y se define como la parte de la superficie de suelo que está sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en solsticio de verano, respecto a la superficie total. El FAS se calcula como el cociente de la superficie que ocupa la copa del árbol entre el marco de plantación, si todo el suelo estuviese sombreado el FAS sería igual a la unidad. Se considera en este caso que la copa es rectangular y ocupa 1,2 m<sup>2</sup> mientras que el marco escogido es de 3,5 x 1,2 m.

$$FAS = \frac{\text{Area sombreada}}{\text{Marco de plantacion}} = \frac{1,2 \times 1}{3,5 \times 1,2} = 0,286$$

Ahora se debe sustituir el valor obtenido del FAS en las siguientes cuatro formulas, se descartaran los dos valores extremos y se hará la media de los dos restantes:

- Ajiburri et al.  $kl = 1,34 \times FAS = 0,383$
- Decroix  $kl = 0,1 + FAS = 0,386$
- Hoareetal  $kl = FAS + 0,5 \times (1 - FAS) = 0,643$
- Séller  $kl = FAS + 0,15 \times (1 - FAS) = 0,393$

El valor medio de los dos valores centrales corresponde a 0,389; que será el valor de kl.

- Coeficiente de variación climática (kc)

Se aplica esta corrección para tener en cuenta las posibles variaciones climáticas que se den a lo largo de los años. Aunque el riego localizado se caracterice por una buena optimización del agua de riego, este coeficiente sobredimensionara las necesidades para así poder hacer frente a posibles cambios puntuales en el clima, normalmente este sobredimensionado es del orden de un 10% o 20%.

Se tomara un valor de  $kc = 1,20$  ya que en la zona de estudio en el mes de máxima necesidad de agua la ET<sub>0</sub> > 6,5 mm/dia

- Coeficiente de advección (ka)

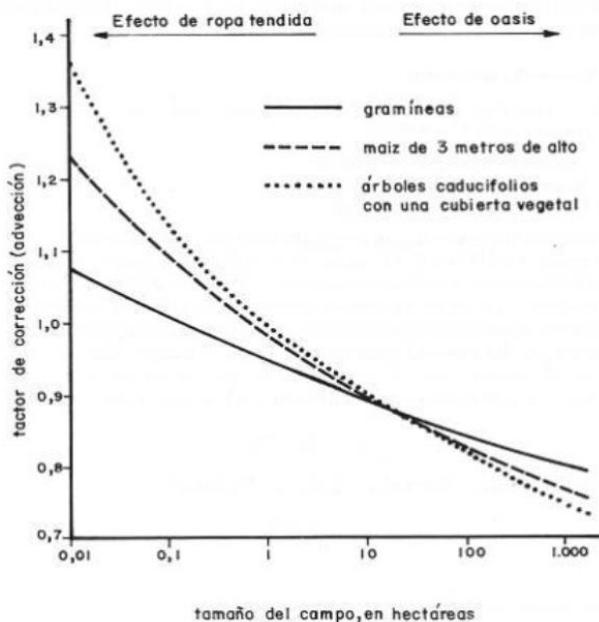


Figura 1 valor de Ka en función de la superficie y el tipo de cultivo. Fuente: Redondo, M. Á. M. (2022).

Los efectos del movimiento del aire por advección tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, este factor depende del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. En caso de parcelas muy pequeñas el microclima del cultivo diferirá mucho en función de si estas están rodeadas por masas verdes o por parcelas sin cultivar. En el caso de estudio y según la figura 1, como se trata de una parcela inferior a 50 hectáreas de superficie pero mayor de 10 hectáreas, se escoge un valor de  $ka = 0,98$ .

### 4.3. Calculo de las necesidades netas corregidas

Tomando los tres factores de corrección calculados anteriormente:

- $Kl: 0,389$
- $Kc: 1,20$
- $Ka: 0,98$

Se pueden corregir las necesidades netas según la fórmula:

$$Nn = (ETc - Pefect) \times kl \times kc \times ka$$

En el mes con mayor exigencia de riego que es julio:

$$Nn = 162 \times 0,389 \times 1,20 \times 0,98 = 74,10 \text{ mm/mes}$$

En la tabla 8 se resumen las necesidades netas de riego que presenta el ciruelo en Almonacid de la Sierra a lo largo del año.

*Tabla 8 Calculo de las necesidades de riego en el cultivo del ciruelo. Fuente: elaboración propia.*

MES	Etc-Pefect	KI	Kc	Ka	Nn (mm/dia)	Nn (mm/mes)
<b>MAR</b>	18,40	0,39	1,20	0,98	0,27	8,42
<b>ABR</b>	39,70	0,39	1,20	0,98	0,61	18,16
<b>MAY</b>	91,91	0,39	1,20	0,98	1,36	42,05
<b>JUN</b>	139,05	0,39	1,20	0,98	2,12	63,61
<b>JUL</b>	185,90	0,39	1,20	0,98	2,74	85,04
<b>AGO</b>	151,39	0,39	1,20	0,98	2,23	69,26
<b>SEP</b>	69,65	0,39	1,20	0,98	1,06	31,86
<b>OCT</b>	32,99	0,39	1,20	0,98	0,49	15,09
<b>TOTAL</b>						333,49

## 5. NECESIDADES TOTALES DE RIEGO

Las necesidades totales de riego siempre son mayores que las necesidades netas, esa cantidad de agua extra que se aplica en el riego tiene como finalidad compensar pérdidas sufridas por diferentes factores. Para calcular las necesidades totales existe una fórmula que engloba dichos factores.

$$Nt = \frac{Nn}{Ea \times (1 - Nl) \times 0,9}$$

Donde:

- Nt, necesidades totales, en mm/dia
- Nn, necesidades netas en mm/dia
- Ea, eficiencia de aplicación
- Nl, necesidades de lavado

El factor 0,9 de la formula hace referencia a la variabilidad de la uniformidad de emisión de los goteros, esta uniformidad se relaciona con el mantenimiento de la instalación y la calidad de los goteros. En el caso de estudio se suprime la fracción de lavado ya que no se han detectado problemas de salinidad ni de presencia de agua no deseada.

$$Nt = \frac{Nn}{Ea \times 0,9}$$

### 5.1. Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación es el porcentaje teórico de agua que se pierde durante el riego. Esta pérdida se estima mediante la suma de varios factores, se tiene en cuenta el agua que se evapora, el agua que es arrastrada por el viento (factor importante en riego por aspersión y no tanto en riego por goteo) y el agua infiltrada en profundidad. El riego localizado o por goteo es el que presenta las mayores eficiencias ya que presenta unas pérdidas muy bajas, aunque la eficiencia también se relaciona directamente con la textura del suelo y como el agua circula en el interior de este. Para el cálculo de la eficiencia de aplicación debemos considerar las diferentes pérdidas producidas.

En función de cuál es el componente mayoritario en nuestro suelo se elegirá un valor para la eficiencia de aplicación (tabla 9), teniendo en cuenta que el sistema de riego localizado contara con un diseño óptimo y un buen manejo.

Tabla 9 Valores de eficiencia de aplicación (Ea) para riego localizado en función de la textura mayoritaria. Fuente: Redondo, M. Á. M. (2022).

Valores de eficiencia de aplicación		
Arena	Limo	Arcilla
0,85	0,90	0,95

Al ser el componente principal de nuestro suelo la arena, se ha decidido tomar como valor de eficiencia de aplicación un 0,85.

## 5.2.Cálculo de las necesidades totales

Se procede ahora a calcular las necesidades totales, en base a los datos obtenidos anteriormente.

$$Nt = \frac{85,04}{0,85 \times 0,9} = 111,16 \text{ mm/mes}$$

Estas necesidades corresponden al mes de julio, mes en el que la demanda hídrica del cultivo es la más alta. Las necesidades diarias ese mes serán:

$$Nt \text{ diaria} = \frac{111,16 \text{ mm/mes}}{31 \text{ días}} = 3,58 \text{ mm/día}$$

Las necesidades totales unitarias, es decir, la dosis por árbol, se obtienen multiplicando por el marco de plantación en este caso  $3,5 \times 1,2$

$$Ntu = 3,58 \times (3,5 \times 1,2) = 15,06 \frac{\text{litros}}{\text{árbol}} \times \text{día}$$

Las necesidades netas de riego para el mes de julio son de 15,06 litros por árbol al día y unas necesidades totales por hectárea de:

$$Nt = 15,06 \times 2380 = 35844,8 \frac{\text{litros}}{\text{hectárea}} \times \text{día} = 35,8 \frac{\text{m}^3}{\text{hectárea}} \times \text{día}$$

## 6. SUPERFICIE MOJADA POR EMISOR

Se define como superficie mojada por emisor al área resultante de proyectar el bulbo húmedo que produce dicho emisor en el suelo. Para determinarlo lo más conveniente sería realizar pruebas de campo, al no tener disponibilidad de hacerlas en este caso se recurrirá a estimaciones. La fórmula que se suele utilizar para suelos de textura media o francesas es la siguiente:

$$D = (0,7 + 0,11 \times q) \times 0,96$$

Donde:

- D: diámetro de la superficie horizontal mojada, en m.
- q: caudal aportado por el emisor en l/h.

En nuestro caso disponemos de un suelo franco-arcilloso que al ser muy próximo a la textura franca también puede regirse por la anterior fórmula.

Cuanto menor sea el caudal del emisor menor será el coste de la instalación por lo que interesa intentar instalar el emisor de menor caudal posible. En el mercado existen emisores de 2 l/h, 4 l/h, 8 l/h, etc. En este caso ya que se trata de una plantación en alta densidad se instalarán dos líneas de riego por fila de cultivo, con emisores de 2 l/h. Para no tener problemas con las variaciones de cota se ha decidido que dichos emisores sean autocompensantes. La característica de la autocompensación tiene lugar entre unas determinadas presiones que debe indicar el fabricante.

Según la fórmula anterior el diámetro de la superficie horizontal mojada será:

$$D = (0,7 + 0,11 \times 2) \times 0,96 = 0,88m$$

Por lo tanto la superficie mojada por cada emisor vendrá determinada según el área del círculo:

$$Se = \frac{\pi \times D^2}{4} = 0,608 \text{ m}^2$$

### 6.1. Número de emisores por planta

Se han elegido para la realización de la plantación como emisores de riego, goteros autocompensantes integrados en tubería de polietileno que trabajan en régimen turbulento. Estos emisores pueden aportar diferente caudal, en este caso se escogerán los emisores que emiten un caudal de 2 L/h.

Con los datos calculados anteriormente de diámetro mojado y superficie mojada y teniendo también en cuenta el marco de plantación se puede proceder al cálculo del número de emisores por ciruelo:

$$ne = \frac{a \times b \times P}{100 \times Sm} = \frac{3,5 \times 1,2 \times 33}{100 \times 0,608} = 2,27 \text{ emisores}$$

Donde:

- A x b (marco de plantación) = 3,5 x 1,2 m
- P: porcentaje de suelo mojado, se estima un 33%
- Sm = superficie mojada por emisor = 0,608 m<sup>2</sup>

Como son necesarios más de dos emisores por árbol lo correcto es redondear a 3 emisores por árbol para que se cumplan las necesidades hídricas estimadas.

## 6.2. Separación entre emisores

La separación entre emisores se calculará teniendo en cuenta la separación entre plantas siendo esta de 1,2 metros, la separación entre emisores será:

$$Se = Rm \times \left(2 - \frac{a}{100}\right) = 0,44 \times \left(2 - \frac{10}{100}\right) = 0,836m$$

- Se: separación entre emisores
- Rm: radio mojado = Diámetro mojado/2 = 0,88/2 = 0,44 m
- A: solape (10%)

Por tanto, concluimos que la solución adoptada constará de 3 goteros autocompensantes con un caudal de 2 L/h en cada ciruelo, y para ello se dispondrán dos tuberías por fila en las cuales los goteros tendrán una separación de 0,80 m y estarán descompasadas la una de la otra dejando una línea el gotero coincidente con el tronco del árbol y la otra con dos goteros a 0,4 m del tronco, uno a la izquierda y otro a la derecha.

## 6.3. Frecuencia y tiempo de riego

Es necesario conocer el tiempo de riego (Tr) que permita cubrir las necesidades hídricas de nuestro cultivo y así obtener el máximo rendimiento posible. Este se calcula mediante la expresión:

$$Tr = \frac{Nt \times a \times b}{qe \times Ne \times Ir} = \frac{3,59 \times 3,5 \times 1,2}{2 \times 3 \times 1} = 2,51h/dia$$

Donde:

- Nt: necesidades totales de Julio = 111,17 mm/mes = 3,59 mm/día
- Ir: Intervalo entre riegos (días) = 1
- Qe: caudal del emisor = 2 L/h
- Ne: número de emisores por árbol = 3
- A x b : marco de plantación

A continuación se exponen en la tabla 10 los resultados obtenidos de realizar este cálculo para todos los meses con necesidades hídricas.

Tabla 10 Calculo del tiempo de riego en horas al dia y en horas al mes, ademas de otras variables. Fuente: elaboración propia

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
Necesidades netas Nn (mm/mes)	8,4	18,2	42,0	63,6	85,0	69,3	31,9	15,1
Necesidades netas Nn (mm/día)	0,3	0,6	1,4	2,1	2,7	2,2	1,1	0,5
Aportes reales Nt (mm/mes)	11,0	23,7	55,0	83,2	111,2	90,5	41,7	19,7
Aportes reales Nt (mm/día)	0,4	0,8	1,8	2,8	3,6	2,9	1,4	0,6
Apote real Nt (litros/arbol x dia)	1,5	3,3	7,4	11,6	15,1	12,3	5,8	2,7
Apote real Nt (litros/arbol x mes)	46,2	99,7	230,8	349,2	466,9	380,2	174,9	82,8
Apote (m <sup>3</sup> /ha y mes)	110,0	237,4	549,6	831,5	1111,7	905,3	416,5	197,3
Apote (m <sup>3</sup> /ha y dia)	3,5	7,9	17,7	27,7	35,9	29,2	13,9	6,4
Caudal de riego (mm/h)	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
Tiempo de riego (h/mes)	7,7	16,6	38,5	58,2	77,8	63,4	29,2	13,8
Tiempo de riego (h/dia)	0,2	0,6	1,2	1,9	2,5	2,0	1,0	0,4

Para su cálculo:

- Necesidades netas Nn: datos recogidos de la tabla 8
- Aportes reales Nt:  $Nt = \frac{Nn}{Ea \times 0,9}$
- Apote real del mes (l/árbol x mes) = Nt (mes) x Marco de plantación
- Apote real del día (l/árbol x día) = Nt (día) x Marco de plantación
- Caudal de riego = (caudal del emisor x N° emisores por árbol)/marco de plantación)

## 7. DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO

Normalmente para este tipo de riegos se opta por colocar un depósito de agua al que se bombee el agua del pozo y con ella se regaran los cultivos. La principal ventaja que presenta este sistema es que se puede tener agua almacenada para regar durante un tiempo concreto prescindiendo del pozo o mientras este bombea agua a la balsa. En el caso de la finca de estudio se cuenta con una balsa comunitaria ya construida y en pleno funcionamiento y que tiene una capacidad de 40000 m<sup>3</sup> de agua, pero con ella también se abastecen otras explotaciones por lo que la dotación que pertenece a la parcela de estudio no es el total de esta sino que le pertenecen 7000 m<sup>3</sup>.

Se calculara ahora cuantos días duraran los 7000m<sup>3</sup> de agua que pertenecen a las 28,7 hectáreas de ciruelos en el mes en que las necesidades son mayores. (Tabla 11)

Tabla 11 Aporte necesario de agua durante el mes de Julio. Fuente: Elaboración propia.

PERIODO	Aporte 1ha	Aporte 28,7ha
DIARIO	35,9m <sup>3</sup>	1029,2m <sup>3</sup>
MES	1111,7m <sup>3</sup>	31904,9 m <sup>3</sup>

La dotación de 7000m<sup>3</sup> se estima que dure en las condiciones más desfavorables, el mes en que mayor es la evapotranspiración del cultivo, alrededor de 6,8 días cubriendo totalmente la demanda de la explotación. La balsa se llena con dos pozos comunes que son capaces de extraer entre los dos más de 50 metros cúbicos por hora.

## 8. CALCULO DEL NÚMERO DE SECTORES DE RIEGO

Existen varias razones por las cuales el regar de forma simultánea toda la explotación no es eficiente, principalmente económicas que se fundamentan en ahorros energéticos y en el dimensionado hidráulico aunque en la mayoría de los casos simplemente el caudal con el que se abastece la parcela no es suficiente para este tipo de riego. Además también hay impedimentos legales que limitan la duración, el número y características de los sectores.

En el riego por goteo, elegido para esta plantación, los bloques de riego se denominan unidades de riego y estas unidades a su vez pueden estar divididas en varias subunidades. En función del diseño de la instalación de riego que se haya realizado el control de la unidad puede hacerse sobre las subunidades en conjunto o bien cada subunidad puede controlarse de manera independiente.

La fórmula que normalmente se utiliza para calcular el número de sectores de riego es la siguiente:

$$Nº\ de\ sectores\ de\ riego = \frac{Qn}{Qa}$$

Al disponer de una balsa de riego y no ser limitante el caudal disponible, se optara por dividir la finca en cuatro grandes sectores de riego, dimensionando la tubería de distribución para regar un cuarto de la finca. Se definen entonces 4 sectores, con 2 subunidades cada uno atendiendo a la situación, altitud y forma de la parcela. En un principio se ha diseñado la explotación asumiendo que se dispone del caudal necesario para regar cada uno de esos sectores durante 2,5 horas (tiempo necesario de riego por árbol en el momento de mayor necesidad hídrica), sumando un total de 10 horas de riego, pero también cabe considerar que en un futuro el caudal del pozo que alimenta la balsa disminuya y sea necesario regar cada subunidad por separado, en ese caso el tiempo como máximo aumentara a 20 horas de riego al día, necesitando la mitad de caudal y dejando esas 4 horas de margen restantes en caso de necesitar reparar averías o solucionar imprevistos.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

- Casanova GascónJ. (2022-2023). *Temario de la asignatura Arboricultura*. Universidad Politécnica Superior de Huesca.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *Estudio FAO riego y drenaje, 56: Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8802ddc9-86b6-4f13-96b7-4871dd3aee65/content>
- Redondo, M. Á. M. (2022). *Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión*. Editorial Agrícola Española.

---

# **ANEJO 8**

# **DISEÑO HIDRÁULICO**

---

## **ÍNDICE**

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	INSTALACIÓN .....	3
3	CONSIDERACIONES INICIALES .....	5
4	DIMENSIONAMIENTO DE LATERALES Y TERCIARIAS.....	6
4.1	Formulas necesarias .....	6
4.2	Bases de cálculo .....	8
4.3	Sector 1 Norte .....	11
4.4	Sector 1 Sur .....	12
4.5	Sector 2 Norte .....	13
4.6	Sector 2 Sur .....	14
4.7	Sector 3 Norte .....	15
4.8	Sector 3 Sur .....	16
4.9	Sector 4 Norte .....	17
4.10	Sector 4 Sur .....	18
5	CALCULO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL .....	19
6	PROGRAMACIÓN DE RIEGO .....	19
7	CABEZAL DE RIEGO .....	21
7.1	Grupo electrógeno .....	22
7.2	Sistema de filtrado .....	22
7.3	Equipo de fertirrigación .....	23
7.4	Válvulas de manejo .....	23
8	ELEMENTOS DE MEDIDA .....	25
8.1	Manómetro .....	25
8.2	Contador .....	25
8.3	Programador de riego .....	25
9	ELEMENTOS SINGULARES .....	25
10	RESUMEN DEL DIMENSIONADO DE LA RED HIDRÁULICA.....	26
11	BIBLIOGRAFÍA.....	28

## **1 INTRODUCCIÓN**

El dimensionamiento del sistema de riego por goteo que se va a implantar en la parcela se fundamentara en los datos obtenidos en el Anejo de Diseño Agronómico, además del mapa topográfico de dicha parcela.

En este anejo serán seleccionados los diámetros nominales, material y timbrajes de las tuberías de la red ya sean laterales tuberías terciarias tuberías secundarias o de distribución.

Una vez se haya dimensionado la red de distribución, se calculara el diámetro de la tubería necesaria para transportar el agua almacenada en la balsa de riego hasta el cabezal de riego, donde se encontraran el equipo de filtrado, el de bombeo, el de inyección de fertilizantes y el de control, equipos que también serán dimensionados.

## **2 INSTALACIÓN**

En primer lugar se determinara la unidad de riego teniendo en cuenta la tolerancia de presiones y caudales, perdidas de carga, longitudes y diámetros de tuberías laterales y terciarias.

Posteriormente se procede a determinar el trazado de la red, válvulas, accesorios y en última instancia la composición del cabezal de riego. Una de los propósitos será el diseñar la instalación de manera que no se concentren los caudales durante las operaciones de riego en una zona determinada de la red ya que de esta forma se podrán emplear diámetros menores en las tuberías.

El conjunto de la red tendrá diferentes elementos, las tuberías laterales son las que portan los emisores de riego o goteros y las tuberías terciarias son aquellas que distribuyen el caudal a las laterales. Las tuberías laterales que se unen a una terciaria formaran una unidad de riego. Otros elementos esenciales son las tuberías secundarias o de distribución en parcela cuya función es la de suministrar el caudal necesario a las tuberías terciarias y por ultimo están las tuberías principales que conectan la toma de caudal con las distintas tuberías secundarias.

El cabezal de riego se sitúa tras la balsa de riego y en se encuentran la toma de agua, el equipo de bombeo, el equipo de filtrado, el dispositivo de fertirrigación y el equipo de

control. Al comienzo de cada unidad de riego se encuentra una electroválvula que permitirá o no el paso de caudal, también puede instalarse en este punto si fuese necesario un regulador de presión, generalmente incluido en la válvula.

### Elementos de la instalación

Se deben definir los componentes que integran la instalación de riego, los cuales son los siguientes:

- Cabezal de riego: Es el conjunto de sistemas que permiten que el agua llegue a los emisores de riego en las condiciones requeridas. Incluye el equipo de bombeo, equipo de filtrado, equipo de inyección de fertilizantes y equipo de control.
- Emisores: Son los elementos que aplican el agua. Es crucial evitar su obstrucción.
- Tubería secundaria: Su función es conducir el agua y transportarla hasta los goteros. El material utilizado es PVC (poli cloruro de vinilo).
- Porta ramal o terciaria: Es la tubería que alimenta a los laterales. Al inicio de esta se coloca una válvula de control automático que crea una subunidad de riego.
- Ramal o porta emisores: También conocido como lateral, es la tubería de último orden a la que se acoplan los goteros. El material utilizado es PE (polietileno).
- Válvula de lavado: Lava de forma automática el lateral de goteo al comienzo de cada riego, evitando así obstrucciones. En nuestro caso, al enterrar los portaramales, esta válvula adquiere especial importancia.

### 3 CONSIDERACIONES INICIALES

Es necesario recordar que la finca cuenta con una balsa, de la cual se disponen para esta parcela de 7000m<sup>3</sup> del total de la capacidad de la balsa. La balsa se alimenta mediante un pozo y además contara con aportes pluviométricos ya que se encuentra al descubierto.

La caseta de riego ya está construida, el cabezal de riego se instalará en el almacén agrícola que se encuentra en la parcela, en el se alojaran el sistema de fertirrigación, una bomba para presurizar el agua y una serie de filtros para asegurar que no entren impurezas al sistema.

La orografía de la finca tiene un desnivel de aproximadamente un metro cada 50 metros de longitud, lo que significa que en total entre los puntos más desiguales hay una diferencia de 11 metros. Por ello y para optimizar el uso de materiales, se requiere colocar diferentes tamaños de tuberías terciarias y laterales.

Para realizar el cálculo se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- La finca se compone de 4 sectores, con dos zonas cada uno, se utilizara una electroválvula en cada subsector lo que supone un total de 8 electroválvulas.
- El marco de plantación de los ciruelos es de 3,5 m x 1,2 m.
- Aproximadamente 2330 árboles por hectárea
- Se instalaran dos laterales de riego por cada fila de árboles, con una separación entre emisores de 0,80 m, lo que equivale a 3 emisores por árbol.
- El tiempo de riego necesario para cada sector es de 2,5 horas, regando el 25 % de la finca y considerando la situación más desfavorable (es decir, con los máximos requerimientos hídricos, calculados en el anejo de diseño agronómico), dejando suficientes horas diarias para mantenimiento y reparaciones.
- Las tuberías se calcularan atendiendo al siguiente criterio de velocidad: máximo 1,5 m/s en la tubería principal y 2 m/s en las tuberías laterales (líneas portagoteros)

## 4 DIMENSIONAMIENTO DE LATERALES Y TERCIARIAS

La finca se ha dividido en 4 sectores, de superficie similar (aproximadamente 6,75 hectáreas), exceptuando el sector 1 que cuenta con un área menor, como se puede observar en el apartado de planos. El dimensionamiento de los laterales y las tuberías terciarias de cada sector se realizará siempre para la situación más desfavorable. Este dimensionamiento conservador del sistema de riego debería garantizar un correcto funcionamiento.

Antes de efectuar los cálculos, considerando una presión de funcionamiento nominal de 30 mca, debemos asignar cuales van a ser las pérdidas de carga máximas permitidas.

$$\Delta H_{total} = \left(\frac{0,1}{x}\right) \times H_{nominal} = \left(\frac{0,1}{0,3}\right) \times 30 = 10mca$$

Donde se ha supuesto que el exponente de descarga ( $x$ ) de los goteros autocompensantes fuese igual a 0,3 (ya que en este tipo de elementos dicho coeficiente puede variar desde prácticamente 0 hasta 0,3). La perdida de carga total se buscara que se reparta de forma equitativa entre el lateral y la tubería terciaria, y se propone que en la unidad de riego debería producirse aproximadamente un 45% de la perdida de carga en la tubería terciaria y el 55% restante en el lateral de riego.

### 4.1 Formulas necesarias

Los cálculos han sido realizados según la ecuación de Darcy-Weisbach, esta es una ecuación empírica que ayuda a relacionar la perdida de carga producida por la fricción a lo largo de una tubería llena conocida y una velocidad del fluido asignada. Obteniendo así las pérdidas de carga por rozamiento continuo. La fórmula es la siguiente:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{u^2}{2g}$$

En la que:

- $h_f$  = Perdida de carga debida a la fricción (m)
- $f$  = Factor de fricción de Darcy
- $L$  = Longitud de la tubería (m)

- $D$  = Diametro interno de la tubería (m)
- $u$  = Velocidad media del fluido (m/s)
- $g$  = Aceleracion de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

El factor de fricción de Darcy-Weisbach se calcula mediante la siguiente formula:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log \left( \frac{5,73}{Re^{0,9}} + \frac{K}{3,71 \times D} \right)$$

En esta fórmula:

- $D$  = Diámetro interior (mm)
- $K$  = Rugosidad absoluta de la tubería, que depende del material.(PVC=0,02  
PE=0,002)
- $Re$  = Numero de Reynolds

El Número de Reynolds (Re) puede calcularse mediante la fórmula:

$$Re = \frac{D \times V}{\nu}$$

- $\nu$  = Viscosidad cinemática del agua, constante,  $1,14e^{-6}$  m<sup>2</sup>/seg
- $D$  = Diámetro interior (mm)
- $V$  = Velocidad media de circulación del agua (Ecuación de continuidad)

La velocidad media de circulación del agua se obtiene con la siguiente formula:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

- $Q$  = Caudal circulante (l/h)
- $D$  = Diámetro interior (mm)

Los cálculos se realizaran mediante una cuadricula en la que se han automatizado las funciones presentadas anteriormente y algunas más simples con la finalidad de conseguir una mayor sencillez en el proceso. A continuación se muestra para cada sector de riego los datos de entrada, tanto de los laterales de riego como la tubería secundaria y primaria, además de los resultados obtenidos que optimizan los diámetros de las tuberías utilizadas.

## 4.2 Bases de cálculo

Para realizar los cálculos se han fijado los siguientes datos base (Tabla 1) que sirven de apoyo para completar el cálculo hidráulico de los sectores de la mejor forma posible. Estos datos se han obtenido del Anejo del Diseño Agronómico.

Tabla 1 Base de datos para el cálculo hidráulico. Fuente: elaboración propia.

BASES DE CALCULO		
DATOS DE HIDRANTE		
P hid/bmb	29	mca
Q hid/bmb	28	l/s
Z Hidrante	429	m
hs en cabezal	1	mca
hs en filtro	3	mca
hs en la red	20%	% de hr
T <sup>a</sup> Cálculo	15	°C
V cinemática	1,14E-06	m <sup>2</sup> /s
Material	PVC	
K (Rugosidad)	0,020	mm
DATOS LATERAL DE RIEGO		
q <sub>n</sub> gotero	2	l/h
Espaciamiento	0,8	m
Nº laterales	2	Ud
Ø lateral	16	mm
%Q seguridad	0,0%	%
Marco calles	3,5	m
Marco planta	1,2	m

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la optimización hidráulica de cada sector, incluyendo la tubería terciaria, secundaria y primaria. En las Tablas 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 17 están detalladas las cotas de cada nudo (Z), además de la longitud de los tramos que componen la tubería terciaria y la longitud total de la tubería secundaria y primaria (Long), también en esta tabla se recogen las longitudes de todos los laterales de riego que componen este sector (Long LR) y el diámetro nominal (DN) y el diámetro interior (D) de la tubería escogida para cada tramo.

Se ha calculado la velocidad (V), el Número de Reynolds (Re), la perdida de carga en cada tramo (HR Tramo), la perdida de carga acumulada (HR Acum), la perdida de carga unitaria (Ju) y la presión en cada nudo (P nudo).

En las tablas 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 se han recogido los metros de cada tubería en función de su diámetro necesarios en cada sector. Los diámetros se han escogido siguiendo los siguientes criterios técnicos:

- La pérdida de carga acumulada en ningún sector supera los 10 mca
- Las velocidades se encuentran entre 0,35 y 1,5 m/s
- Las presiones en los nudos se mantienen en valores óptimos de trabajo, entre los 15 y los 28 mca.
- La tubería terciaria debe tener un carácter escalonado, siempre en disminución de los diámetros y pasando siempre de un diámetro al inmediatamente siguiente, sin saltar ningún diámetro.

Consiguiendo así un ahorro importante al haber impuesto unas condiciones mínimas que aseguran un correcto funcionamiento y al haber seleccionado para cada tramo el diámetro de tubería más restrictivo pero que cumpliese con las premisas impuestas, este se ha conseguido con ayuda de las formulas anteriores, las cuales se han aplicado en cada tramo y se ha variado el diámetro hasta conseguir que cumpliese con los criterios establecidos.

- Laterales de riego

Para los laterales de riego se elige una tubería de PE con DN: 20 mm; espesor: 2 mm; PN: hasta 6 atm.

- Tubería terciaria y secundaria

Para la tubería terciaria y secundaria se escogerán entre las opciones mostradas en la tabla 2. Para la tubería terciaria debido a que a lo largo de ella se irá reduciendo el caudal, se escogerán diferentes tamaños de tuberías de PVC, como se ha explicado anteriormente según los criterios técnicos pertinentes.

Tabla 2 Diferentes tamaños de tubería de PVC, con la norma ISO que los rige, su espesor para presión nominal de 6 atm y los diámetros interiores y exteriores.

<b>ESPESORES PVC</b>			
<b>NORMATIVA</b>	<b>DIAME. EXT.</b>	<b>ESPESOR, PN=6atm</b>	<b>DIAME. INT.</b>
UNE-EN ISO 1450	40	1,5	37
UNE-EN ISO 1451	50	1,6	46,8
UNE-EN ISO 1452	63	2	59
UNE-EN ISO 1453	75	2,3	70,4
UNE-EN ISO 1454	90	2,8	84,4
UNE-EN ISO 1455	110	2,7	104,6
UNE-EN ISO 1456	125	3,1	118,8
UNE-EN ISO 1457	140	3,5	133
UNE-EN ISO 1458	160	4	152

A continuación se detalla sector por sector la información recalcada sobre el cálculo hidráulico, además en el apartado de planos se encuentra la sectorización de la parcela para el riego y el esquema de las tuberías utilizadas para cada tramo.

### 4.3 Sector 1 Norte

Tabla 3 Resumen de datos y cálculos de la optimización hidráulica del sector 1 Norte. Fuente: elaboración propia.

NUDO	TUBERÍA	Long LR	Long	Z	DN	D (mm)	V (m/s)	Re	HR Tramo	HR Acum	J u (mm/m)	P (nudo)
1	TERCIARIA	277,00	3,5	425,50	40	37	0,36	11.613	0,02	3,25	6,53	25,25
2	TERCIARIA	277,00	3,5	425,52	40	37	0,72	23.226	0,08	3,23	22,3	25,25
3	TERCIARIA	277,00	3,5	425,53	40	37	1,07	34.840	0,16	3,15	46,3	25,31
4	TERCIARIA	277,00	3,5	425,54	40	37	1,43	46.453	0,27	2,99	78,2	25,47
5	TERCIARIA	277,00	3,5	425,56	50	46,8	1,12	45.907	0,13	2,72	37,22	25,72
6	TERCIARIA	236,00	3,5	425,57	50	46,8	1,31	53.729	0,17	2,59	49,59	25,84
7	TERCIARIA	233,20	3,5	425,59	63	59	0,94	48.750	0,07	2,41	20,44	26,00
8	TERCIARIA	230,40	3,5	425,60	63	59	1,06	54.808	0,09	2,34	25,29	26,06
9	TERCIARIA	227,60	3,5	425,61	63	59	1,17	60.792	0,11	2,25	30,56	26,13
10	TERCIARIA	224,80	3,5	425,63	63	59	1,29	66.702	0,13	2,15	36,21	26,22
11	TERCIARIA	222,00	3,5	425,64	63	59	1,40	72.539	0,15	2,02	42,23	26,34
12	TERCIARIA	219,20	3,5	425,66	75	70,4	1,06	65.623	0,07	1,87	20,47	26,47
13	TERCIARIA	216,40	3,5	425,67	75	70,4	1,14	70.391	0,08	1,80	23,27	26,53
14	TERCIARIA	213,60	3,5	425,68	75	70,4	1,22	75.098	0,09	1,72	26,19	26,60
15	TERCIARIA	210,80	3,5	425,70	75	70,4	1,29	79.742	0,10	1,63	29,24	26,67
16	TERCIARIA	208,00	3,5	425,71	75	70,4	1,37	84.326	0,11	1,53	32,39	26,76
17	TERCIARIA	205,20	3,5	425,73	75	70,4	1,44	88.847	0,12	1,41	35,66	26,86
18	TERCIARIA	202,40	3,5	425,74	90	84,4	1,05	77.829	0,06	1,29	16,06	26,97
19	TERCIARIA	199,60	3,5	425,75	90	84,4	1,10	81.498	0,06	1,23	17,47	27,01
20	TERCIARIA	196,80	3,5	425,77	90	84,4	1,15	85.115	0,07	1,17	18,92	27,06
21	TERCIARIA	194,00	3,5	425,78	90	84,4	1,20	88.680	0,07	1,10	20,39	27,11
22	TERCIARIA	191,20	3,5	425,80	90	84,4	1,25	92.195	0,08	1,03	21,9	27,17
23	TERCIARIA	188,40	3,5	425,81	90	84,4	1,29	95.657	0,08	0,96	23,43	27,23
24	TERCIARIA	185,60	3,5	425,82	90	84,4	1,34	99.068	0,09	0,87	24,99	27,30
25	TERCIARIA	182,80	3,5	425,84	90	84,4	1,38	102.428	0,09	0,79	26,57	27,38
26	TERCIARIA	180,00	3,5	425,85	90	84,4	1,43	105.737	0,10	0,69	28,17	27,45
27	TERCIARIA	177,20	3,5	425,87	90	84,4	1,47	108.993	0,10	0,59	29,79	27,54
28	TERCIARIA	174,40	3,5	425,88	110	104,6	0,99	90.531	0,04	0,49	11	27,63
29	TERCIARIA	171,60	3,5	425,89	110	104,6	1,01	93.076	0,04	0,45	11,57	27,65
30	TERCIARIA	168,80	3,5	425,91	110	104,6	1,04	95.579	0,04	0,41	12,15	27,68
31	TERCIARIA	170,00	3,5	425,92	110	104,6	1,07	98.101	0,04	0,37	12,74	27,71
32	TERCIARIA	170,70	3,5	425,94	110	104,6	1,10	100.632	0,05	0,32	13,35	27,74
33	TERCIARIA	171,40	3,5	425,95	110	104,6	1,12	103.174	0,05	0,28	13,97	27,77
34	TERCIARIA	172,10	3,5	425,96	110	104,6	1,15	105.726	0,05	0,23	14,61	27,81
35	TERCIARIA	172,80	3,5	425,98	110	104,6	1,18	108.289	0,05	0,18	15,27	27,84
36	TERCIARIA	173,50	3,5	425,99	110	104,6	1,21	110.862	0,06	0,12	15,94	27,88
37	TERCIARIA	174,20	3,5	426,01	110	104,6	1,24	113.445	0,06	1,75	16,63	26,24
38	TERCIARIA	172,00	3,5	426,02	110	104,6	1,26	115.996	0,06	0,23	17,32	27,75
39	TERCIARIA	172,00	3,5	426,03	110	104,6	1,29	118.547	0,06	0,06	18,03	27,90
40	TERCIARIA	172,00	3,5	426,05	110	104,6	1,32	121.097	0,07	0,07	18,75	27,89
41	TERCIARIA	172,00	3,5	426,06	110	104,6	1,35	123.648	0,07	0,07	19,49	27,87
42	SECUNDARIA	141,00	142,0	426,06	125	118,8	1,06	110.710	1,53	1,70	10,78	26,24
43	PRIMARIA	8966,00	13,6	428,50	160	152	1,34	178.030	0,17	0,17	12,17	25,33

Tabla 4 Metros necesarios de cada diámetro de tubería necesarios en el sector 1 Norte. (Sin tubería principal) Fuente: elaboración propia.

LISTADO DE MEDICIÓN DE TUBERÍAS			
Material	Ø	PN	METROS
PE	40	6	14
PVC	50	6	7
PVC	63	6	17,5
PVC	75	6	21
PVC	90	6	35
PVC	110	6	49
PVC	125	6	142

## 4.4 Sector 1 Sur

Tabla 5 Resumen de datos y cálculos de la optimización hidráulica del sector 1 Sur. Fuente: elaboración propia.

NUDO	TUBERÍA	Long LR	Long	Z	DN	D (mm)	V (m/s)	Re	HR Tramo	HR Acum	J u (mm/m)	P (nudo)
1	TERCIARIA	248,00	3,5	430,50	40	37	0,32	10.397	0,02	4,83	5,38	19,67
2	TERCIARIA	248,20	3,5	430,51	40	37	0,64	20.803	0,06	4,81	18,31	19,68
3	TERCIARIA	248,40	3,5	430,53	40	37	0,96	31.217	0,13	4,75	37,95	19,73
4	TERCIARIA	248,60	3,5	430,54	40	37	1,28	41.640	0,22	4,61	64,04	19,85
5	TERCIARIA	248,80	3,5	430,56	50	46,8	1,00	41.167	0,11	4,39	30,53	20,06
6	TERCIARIA	249,00	3,5	430,57	50	46,8	1,20	49.420	0,15	4,28	42,57	20,15
7	TERCIARIA	249,20	3,5	430,58	50	46,8	1,41	57.680	0,20	4,13	56,47	20,28
8	TERCIARIA	249,40	3,5	430,60	63	59	1,01	52.310	0,08	3,93	23,24	20,47
9	TERCIARIA	249,60	3,5	430,61	63	59	1,14	58.873	0,10	3,85	28,82	20,53
10	TERCIARIA	249,80	3,5	430,63	63	59	1,26	65.440	0,12	3,75	34,96	20,62
11	TERCIARIA	250,00	3,5	430,64	63	59	1,39	72.013	0,15	3,63	41,67	20,73
12	TERCIARIA	249,76	3,5	430,65	75	70,4	1,07	65.855	0,07	3,48	20,6	20,86
13	TERCIARIA	249,52	3,5	430,67	75	70,4	1,16	71.353	0,08	3,41	23,85	20,92
14	TERCIARIA	249,28	3,5	430,68	75	70,4	1,24	76.846	0,10	3,33	27,32	20,99
15	TERCIARIA	249,04	3,5	430,70	75	70,4	1,33	82.334	0,11	3,23	31	21,07
16	TERCIARIA	248,80	3,5	430,71	75	70,4	1,42	87.816	0,12	3,12	34,9	21,17
17	TERCIARIA	248,56	3,5	430,72	90	84,4	1,05	77.818	0,06	3,00	16,05	21,27
18	TERCIARIA	248,32	3,5	430,74	90	84,4	1,11	82.381	0,06	2,95	17,82	21,32
19	TERCIARIA	248,08	3,5	430,75	90	84,4	1,17	86.941	0,07	2,88	19,67	21,36
20	TERCIARIA	247,84	3,5	430,77	90	84,4	1,24	91.496	0,08	2,81	21,6	21,42
21	TERCIARIA	247,60	3,5	430,78	90	84,4	1,30	96.047	0,08	2,74	23,61	21,48
22	TERCIARIA	247,36	3,5	430,79	90	84,4	1,36	100.593	0,09	2,66	25,7	21,55
23	TERCIARIA	247,12	3,5	430,81	90	84,4	1,42	105.135	0,10	2,57	27,88	21,63
24	TERCIARIA	246,88	3,5	430,82	90	84,4	1,48	109.673	0,11	2,47	30,14	21,71
25	TERCIARIA	246,64	3,5	430,84	110	104,6	1,00	92.151	0,04	2,36	11,36	21,80
26	TERCIARIA	246,40	3,5	430,85	110	104,6	1,04	95.805	0,04	2,32	12,2	21,83
27	TERCIARIA	246,16	3,5	430,86	110	104,6	1,08	99.455	0,05	2,28	13,06	21,85
28	TERCIARIA	245,92	3,5	430,88	110	104,6	1,12	103.102	0,05	2,24	13,95	21,89
29	TERCIARIA	248,00	3,5	430,89	110	104,6	1,16	106.780	0,05	2,19	14,88	21,92
30	TERCIARIA	248,00	3,5	430,91	110	104,6	1,20	110.458	0,06	2,13	15,83	21,96
31	TERCIARIA	248,00	3,5	430,92	110	104,6	1,24	114.136	0,06	2,08	16,82	22,00
32	TERCIARIA	248,00	3,5	430,93	110	104,6	1,28	117.814	0,06	2,02	17,83	22,05
33	TERCIARIA	205,00	3,5	430,95	110	104,6	1,32	120.854	0,07	1,96	18,68	22,09
34	TERCIARIA	199,00	3,5	430,96	110	104,6	1,35	123.805	0,07	1,89	19,53	22,15
35	TERCIARIA	195,00	3,5	430,98	110	104,6	1,38	126.697	0,07	1,82	20,38	22,20
36	TERCIARIA	172,00	3,5	430,99	110	104,6	1,41	129.248	0,07	1,75	21,14	22,26
38	SECUNDARIA	251,00	126,7	431,00	125	118,8	1,12	117.076	1,51	1,68	11,94	22,32
39	PRIMARIA	8478,00	13,6	428,50	160	152	1,34	178.026	0,17	0,17	12,17	26,33

Tabla 6 Metros necesarios de cada diámetro de tubería necesarios en el sector 1 Sur. (Sin tubería principal) Fuente: elaboración propia.

LISTADO DE MEDICIÓN DE TUBERÍAS			
Material	Ø	PN	METROS
PE	40	6	14
PVC	50	6	10,5
PVC	63	6	14
PVC	75	6	17,5
PVC	90	6	28
PVC	110	6	42
PVC	125	6	126,7

## 4.5 Sector 2 Norte

Tabla 7 Resumen de datos y cálculos de la optimización hidráulica del sector 2 Norte. Fuente: elaboración propia.

NUDO	TUBERÍA	Long LR	Long	Z	DN	D (mm)	V (m/s)	Re	HR Tramo	HR Acum	J u (mm/m)	P (nudo)
1	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	40	37	0,36	11.655	0,02	7,47	6,57	22,23
2	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	40	37	0,72	23.310	0,08	7,44	22,44	22,26
3	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	50	46,8	0,67	27.644	0,05	7,37	14,88	22,33
4	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	50	46,8	0,90	36.858	0,09	7,31	24,99	22,39
5	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	50	46,8	1,12	46.073	0,13	7,23	37,46	22,47
6	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	50	46,8	1,35	55.287	0,18	7,09	52,25	22,61
7	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	63	59	0,99	51.164	0,08	6,91	22,32	22,79
8	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	63	59	1,13	58.473	0,10	6,83	28,46	22,87
9	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	63	59	1,27	65.782	0,12	6,73	35,3	22,97
10	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	75	70,4	0,99	61.256	0,06	6,61	18,05	23,09
11	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	75	70,4	1,09	67.381	0,08	6,55	21,48	23,15
12	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	75	70,4	1,19	73.507	0,09	6,47	25,18	23,23
13	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	75	70,4	1,29	79.632	0,10	6,38	29,16	23,32
14	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	75	70,4	1,39	85.758	0,12	6,28	33,41	23,42
15	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	90	84,4	1,04	76.642	0,05	6,17	15,61	23,53
16	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	90	84,4	1,10	81.751	0,06	6,11	17,57	23,59
17	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	90	84,4	1,17	86.861	0,07	6,05	19,63	23,65
18	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	90	84,4	1,24	91.970	0,08	5,98	21,8	23,72
19	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	90	84,4	1,31	97.080	0,08	5,90	24,08	23,80
20	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	90	84,4	1,38	102.189	0,09	5,82	26,46	23,88
21	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	90	84,4	1,45	107.299	0,10	5,73	28,95	23,97
22	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	0,99	90.700	0,04	5,63	11,04	24,07
23	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,03	94.823	0,04	5,59	11,97	24,11
24	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,08	98.946	0,05	5,55	12,94	24,15
25	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,12	103.069	0,05	5,50	13,94	24,20
26	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,17	107.191	0,05	5,45	14,99	24,25
27	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,21	111.314	0,06	5,40	16,06	24,30
28	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,26	115.437	0,06	5,34	17,17	24,36
29	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,30	119.560	0,06	5,28	18,32	24,42
30	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,35	123.682	0,07	5,22	19,5	24,48
31	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,39	127.805	0,07	5,15	20,71	24,55
32	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,44	131.928	0,08	5,08	21,96	24,62
33	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,48	136.051	0,08	5,00	23,24	24,70
34	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,53	140.173	0,09	4,92	24,56	24,78
35	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,57	144.296	0,09	4,83	25,91	24,87
36	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,62	148.419	0,10	4,74	27,3	24,96
37	TERCIARIA	278,00	3,5	425,30	110	104,6	1,66	152.541	0,10	4,65	28,72	25,05
38	SECUNDARIA	278,00	142,0	425,30	125	118,8	1,32	137.938	2,29	4,55	16,15	25,15
39	PRIMARIA	9495,00	143,0	428,00	160	152	1,54	204.710	2,25	2,25	15,76	24,75

Tabla 8 Metros necesarios de cada diámetro de tubería necesarios en el sector 2 Norte. (Sin tubería principal) Fuente: elaboración propia.

LISTADO DE MEDICIÓN DE TUBERÍAS			
Material	Ø	PN	METROS
PE	40	6	7
PVC	50	6	14
PVC	63	6	10,5
PVC	75	6	17,5
PVC	90	6	24,5
PVC	110	6	56
PVC	125	6	142
PVC	140	6	0

## 4.6 Sector 2 Sur

Tabla 9 Resumen de datos y cálculos de la optimización hidráulica del sector 2 Sur. Fuente: elaboración propia.

NUDO	TUBERÍA	Long LR	Long	Z	DN	D (mm)	V (m/s)	Re	HR Tramo	HR Acum	J u (mm/m)	P (nudo)
1	TERCIARIA	251,70	3,5	430,15	40	37	0,33	10.552	0,02	6,70	5,52	18,15
2	TERCIARIA	251,60	3,5	430,15	40	37	0,65	21.101	0,07	6,69	18,78	18,16
3	TERCIARIA	251,50	3,5	430,15	50	46,8	0,61	25.019	0,04	6,62	12,45	18,23
4	TERCIARIA	251,41	3,5	430,15	50	46,8	0,81	33.352	0,07	6,58	20,86	18,27
5	TERCIARIA	251,31	3,5	430,15	50	46,8	1,02	41.681	0,11	6,50	31,22	18,35
6	TERCIARIA	251,21	3,5	430,15	63	59	0,77	39.667	0,05	6,39	14,07	18,46
7	TERCIARIA	251,11	3,5	430,15	63	59	0,89	46.269	0,07	6,34	18,59	18,51
8	TERCIARIA	251,01	3,5	430,15	63	59	1,02	52.869	0,08	6,28	23,69	18,57
9	TERCIARIA	250,92	3,5	430,15	63	59	1,15	59.466	0,10	6,20	29,35	18,65
10	TERCIARIA	250,82	3,5	430,15	63	59	1,28	66.061	0,12	6,09	35,57	18,76
11	TERCIARIA	250,72	3,5	430,15	63	59	1,40	72.653	0,15	5,97	42,35	18,88
12	TERCIARIA	250,62	3,5	430,15	75	70,4	1,08	66.410	0,07	5,82	20,92	19,03
13	TERCIARIA	250,52	3,5	430,15	75	70,4	1,16	71.930	0,08	5,75	24,2	19,10
14	TERCIARIA	250,43	3,5	430,15	75	70,4	1,25	77.448	0,10	5,66	27,71	19,19
15	TERCIARIA	250,33	3,5	430,15	75	70,4	1,34	82.964	0,11	5,57	31,44	19,28
16	TERCIARIA	250,23	3,5	430,15	75	70,4	1,43	88.478	0,12	5,46	35,39	19,39
17	TERCIARIA	250,13	3,5	430,15	90	84,4	1,06	78.399	0,06	5,33	16,27	19,52
18	TERCIARIA	250,03	3,5	430,15	90	84,4	1,12	82.994	0,06	5,28	18,06	19,57
19	TERCIARIA	249,94	3,5	430,15	90	84,4	1,18	87.588	0,07	5,21	19,93	19,64
20	TERCIARIA	249,84	3,5	430,15	90	84,4	1,25	92.180	0,08	5,14	21,89	19,71
21	TERCIARIA	249,74	3,5	430,15	90	84,4	1,31	96.770	0,08	5,07	23,94	19,78
22	TERCIARIA	249,64	3,5	430,15	90	84,4	1,37	101.358	0,09	4,98	26,06	19,87
23	TERCIARIA	249,54	3,5	430,15	90	84,4	1,43	105.944	0,10	4,89	28,28	19,96
24	TERCIARIA	249,45	3,5	430,15	90	84,4	1,49	110.529	0,11	4,79	30,57	20,06
25	TERCIARIA	249,35	3,5	430,15	110	104,6	1,01	92.882	0,04	4,68	11,53	20,17
26	TERCIARIA	249,25	3,5	430,15	110	104,6	1,05	96.578	0,04	4,64	12,38	20,21
27	TERCIARIA	249,15	3,5	430,15	110	104,6	1,09	100.273	0,05	4,60	13,26	20,25
28	TERCIARIA	249,05	3,5	430,15	110	104,6	1,13	103.967	0,05	4,55	14,17	20,30
29	TERCIARIA	248,96	3,5	430,15	110	104,6	1,17	107.659	0,05	4,50	15,11	20,35
30	TERCIARIA	248,86	3,5	430,15	110	104,6	1,21	111.349	0,06	4,45	16,07	20,40
31	TERCIARIA	248,76	3,5	430,15	110	104,6	1,25	115.038	0,06	4,40	17,06	20,45
32	TERCIARIA	248,66	3,5	430,15	110	104,6	1,29	118.726	0,06	4,34	18,08	20,51
33	TERCIARIA	248,56	3,5	430,15	110	104,6	1,33	122.412	0,07	4,27	19,13	20,58
34	TERCIARIA	248,47	3,5	430,15	110	104,6	1,37	126.097	0,07	4,21	20,2	20,64
35	TERCIARIA	248,37	3,5	430,15	110	104,6	1,41	129.780	0,07	4,14	21,3	20,71
36	TERCIARIA	248,27	3,5	430,15	110	104,6	1,45	133.462	0,08	4,06	22,43	20,79
37	TERCIARIA	248,17	3,5	430,15	110	104,6	1,49	137.142	0,08	3,98	23,59	20,87
38	SECUNDARIA	248,17	124,0	430,15	125	118,8	1,19	123.990	1,65	3,90	13,27	20,95
39	PRIMARIA	10564,00	143,0	428,00	160	152	1,54	204.718	2,25	2,25	15,76	24,75

Tabla 10 Metros necesarios de cada diámetro de tubería necesarios en el sector 2 Sur. (Sin tubería principal) Fuente: elaboración propia.

LISTADO DE MEDICIÓN DE TUBERÍAS			
Material	Ø	PN	METROS
PE	40	6	7
PVC	50	6	10,5
PVC	63	6	21
PVC	75	6	17,5
PVC	90	6	28
PVC	110	6	45,5
PVC	125	6	124
PVC	140	6	0

## 4.7 Sector 3 Norte

Tabla 11 Resumen de datos y cálculos de la optimización hidráulica del sector 3 Norte. Fuente: elaboración propia.

NUDO	TUBERÍA	Long LR	Long	Z	DN	PN	D (mm)	V (m/s)	Re	HR Tramo	HR Acum	J u (mm/m)	P (nudo)
1	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	40	6	37	0,36	11.676	0,02	9,51	6,59	20,39
2	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	40	6	37	0,72	23.352	0,08	9,49	22,51	20,41
3	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	50	6	46,8	0,67	27.693	0,05	9,41	14,93	20,49
4	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	50	6	46,8	0,90	36.924	0,09	9,36	25,07	20,54
5	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	50	6	46,8	1,12	46.155	0,13	9,27	37,58	20,63
6	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	50	6	46,8	1,35	55.386	0,18	9,14	52,43	20,76
7	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	63	6	59	0,99	51.256	0,08	8,96	22,39	20,94
8	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	63	6	59	1,13	58.578	0,10	8,88	28,56	21,02
9	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	63	6	59	1,27	65.901	0,12	8,78	35,42	21,12
10	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	63	6	59	1,41	73.223	0,15	8,66	42,96	21,24
11	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	75	6	70,4	1,09	67.502	0,08	8,50	21,55	21,40
12	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	75	6	70,4	1,19	73.639	0,09	8,43	25,27	21,47
13	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	75	6	70,4	1,29	79.775	0,10	8,34	29,26	21,56
14	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	75	6	70,4	1,39	85.912	0,12	8,24	33,52	21,66
15	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	75	6	70,4	1,49	92.049	0,13	8,12	38,06	21,78
16	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	90	6	84,4	1,11	81.898	0,06	7,99	17,63	21,91
17	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	90	6	84,4	1,18	87.017	0,07	7,93	19,7	21,97
18	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	90	6	84,4	1,24	92.136	0,08	7,86	21,87	22,04
19	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	90	6	84,4	1,31	97.254	0,08	7,78	24,16	22,12
20	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	90	6	84,4	1,38	102.373	0,09	7,70	26,55	22,20
21	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	90	6	84,4	1,45	107.492	0,10	7,60	29,04	22,30
22	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	0,99	90.863	0,04	7,50	11,07	22,40
23	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,04	94.994	0,04	7,46	12,01	22,44
24	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,08	99.124	0,05	7,42	12,98	22,48
25	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,13	103.254	0,05	7,38	13,99	22,52
26	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,17	107.384	0,05	7,33	15,03	22,57
27	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,22	111.514	0,06	7,27	16,11	22,63
28	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,26	115.644	0,06	7,22	17,23	22,68
29	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,31	119.775	0,06	7,16	18,38	22,74
30	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,35	123.905	0,07	7,09	19,56	22,81
31	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,40	128.035	0,07	7,02	20,78	22,88
32	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,44	132.165	0,08	6,95	22,03	22,95
33	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,44	132.165	0,08	6,95	22,03	22,95
34	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	110	6	104,6	1,49	136.295	0,08	6,87	23,32	23,03
35	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	125	6	118,8	1,19	123.641	0,05	6,79	13,2	23,11
36	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	125	6	118,8	1,22	127.277	0,05	6,75	13,93	23,15
37	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	125	6	118,8	1,26	130.913	0,05	6,70	14,67	23,20
38	TERCIARIA	278,50	3,5	425,10	125	6	118,8	1,29	134.550	0,05	6,65	15,42	23,25
39	SECUNDARIA	278,50	141,0	425,10	125	6	118,8	1,33	138.186	2,28	6,59	16,2	23,31
40	PRIMARIA	9451,00	274,0	428,00	160	6	152	1,53	204.455	4,31	4,31	15,72	22,69

Tabla 12 Metros necesarios de cada diámetro de tubería necesarios en el sector 3 Norte. (Sin tubería principal)

Fuente: elaboración propia.

LISTADO DE MEDICIÓN DE TUBERÍAS			
Material	Ø	PN	METROS
PE	40	6	7
PVC	50	6	14
PVC	63	6	14
PVC	75	6	17,5
PVC	90	6	21
PVC	110	6	45,5
PVC	125	6	155
PVC	140	6	0

## 4.8 Sector 3 Sur

Tabla 13 Resumen de datos y cálculos de la optimización hidráulica del sector 3 Sur. Fuente: elaboración propia.

NUDO	TUBERÍA	Long LR	Long	Z	DN	PN	D (mm)	V (m/s)	Re	HR Tramo	HR Acum	J u (mm/m)	P (nudo)
1	TERCIARIA	245,70	3,5	430,20	40	6	37	0,32	10.301	0,02	8,19	5,29	16,61
2	TERCIARIA	245,86	3,5	430,20	40	6	37	0,63	20.609	0,06	8,18	18	16,62
3	TERCIARIA	246,03	3,5	430,20	50	6	46,8	0,60	24.448	0,04	8,11	11,95	16,69
4	TERCIARIA	246,19	3,5	430,20	50	6	46,8	0,79	32.608	0,07	8,07	20,03	16,73
5	TERCIARIA	246,35	3,5	430,20	50	6	46,8	0,99	40.774	0,11	8,00	30	16,80
6	TERCIARIA	246,52	3,5	430,20	50	6	46,8	1,19	48.944	0,15	7,90	41,82	16,90
7	TERCIARIA	246,68	3,5	430,20	50	6	46,8	1,39	57.121	0,19	7,75	55,47	17,05
8	TERCIARIA	246,84	3,5	430,20	63	6	59	1,00	51.799	0,08	7,56	22,82	17,24
9	TERCIARIA	247,00	3,5	430,20	63	6	59	1,13	58.293	0,10	7,48	28,3	17,32
10	TERCIARIA	247,17	3,5	430,20	63	6	59	1,25	64.792	0,12	7,38	34,33	17,42
11	TERCIARIA	247,33	3,5	430,20	63	6	59	1,38	71.295	0,14	7,26	40,91	17,54
12	TERCIARIA	247,49	3,5	430,20	75	6	70,4	1,06	65.203	0,07	7,11	20,23	17,69
13	TERCIARIA	247,66	3,5	430,20	75	6	70,4	1,14	70.660	0,08	7,04	23,43	17,76
14	TERCIARIA	247,82	3,5	430,20	75	6	70,4	1,23	76.121	0,09	6,96	26,85	17,84
15	TERCIARIA	247,98	3,5	430,20	75	6	70,4	1,32	81.585	0,11	6,87	30,49	17,93
16	TERCIARIA	248,15	3,5	430,20	75	6	70,4	1,41	87.052	0,12	6,76	34,35	18,04
17	TERCIARIA	248,31	3,5	430,20	90	6	84,4	1,04	77.176	0,06	6,64	15,81	18,16
18	TERCIARIA	248,47	3,5	430,20	90	6	84,4	1,10	81.743	0,06	6,58	17,57	18,22
19	TERCIARIA	248,63	3,5	430,20	90	6	84,4	1,17	86.313	0,07	6,52	19,41	18,28
20	TERCIARIA	248,80	3,5	430,20	90	6	84,4	1,23	90.885	0,07	6,45	21,33	18,35
21	TERCIARIA	248,96	3,5	430,20	90	6	84,4	1,29	95.461	0,08	6,38	23,34	18,42
22	TERCIARIA	249,12	3,5	430,20	90	6	84,4	1,35	100.040	0,09	6,30	25,44	18,50
23	TERCIARIA	249,29	3,5	430,20	90	6	84,4	1,41	104.622	0,10	6,21	27,63	18,59
24	TERCIARIA	249,45	3,5	430,20	90	6	84,4	1,48	109.206	0,10	6,11	29,9	18,69
25	TERCIARIA	249,61	3,5	430,20	110	6	104,6	1,00	91.819	0,04	6,01	11,29	18,79
26	TERCIARIA	249,78	3,5	430,20	110	6	104,6	1,04	95.523	0,04	5,97	12,13	18,83
27	TERCIARIA	249,94	3,5	430,20	110	6	104,6	1,08	99.229	0,05	5,93	13,01	18,87
28	TERCIARIA	250,10	3,5	430,20	110	6	104,6	1,12	102.938	0,05	5,88	13,91	18,92
29	TERCIARIA	250,26	3,5	430,20	110	6	104,6	1,16	106.650	0,05	5,83	14,85	18,97
30	TERCIARIA	250,43	3,5	430,20	110	6	104,6	1,20	110.364	0,06	5,78	15,81	19,02
31	TERCIARIA	250,59	3,5	430,20	110	6	104,6	1,24	114.080	0,06	5,72	16,8	19,08
32	TERCIARIA	250,75	3,5	430,20	110	6	104,6	1,28	117.798	0,06	5,67	17,82	19,13
33	TERCIARIA	250,92	3,5	430,20	110	6	104,6	1,32	121.520	0,07	5,60	18,87	19,20
34	TERCIARIA	251,08	3,5	430,20	110	6	104,6	1,36	125.243	0,07	5,54	19,95	19,26
35	TERCIARIA	251,24	3,5	430,20	110	6	104,6	1,41	128.969	0,07	5,47	21,06	19,33
36	TERCIARIA	251,41	3,5	430,20	110	6	104,6	1,45	132.697	0,08	5,39	22,2	19,41
37	TERCIARIA	251,57	3,5	430,20	125	6	118,8	1,15	120.121	0,04	5,32	12,52	19,48
38	SECUNDARIA	251,57	127,0	430,20	140	6	133	0,94	110.230	0,96	5,27	7,58	19,53
39	PRIMARIA	10586,00	274,0	428,00	160	6	152	1,53	204.486	4,31	4,31	15,73	22,69

Tabla 14 Metros necesarios de cada diámetro de tubería necesarios en el sector 3 Sur. (Sin tubería principal) Fuente: elaboración propia.

LISTADO DE MEDICIÓN DE TUBERÍAS			
Material	Ø	PN	METROS
PE	40	6	7
PVC	50	6	17,5
PVC	63	6	14
PVC	75	6	17,5
PVC	90	6	28
PVC	110	6	42
PVC	125	6	3,5
PVC	140	6	127

## 4.9 Sector 4 Norte

Tabla 15 Resumen de datos y cálculos de la optimización hidráulica del sector 4 Norte. Fuente: elaboración propia.

NUDO	TUBERÍA	Long LR	Long	Z	DN	D (mm)	V (m/s)	Re	HR Tramo	HR Acum	J u (mm/m)	P (nudo)
1	TERCIARIA	278,60	3,5	424,50	40	37	0,36	11.680	0,02	10,32	6,59	20,18
2	TERCIARIA	278,60	3,5	424,51	40	37	0,72	23.361	0,08	10,30	22,53	20,19
3	TERCIARIA	278,60	3,5	424,53	50	46,8	0,67	27.703	0,05	10,22	14,94	20,25
4	TERCIARIA	278,60	3,5	424,54	50	46,8	0,90	36.938	0,09	10,17	25,09	20,29
5	TERCIARIA	278,60	3,5	424,56	50	46,8	1,12	46.172	0,13	10,08	37,61	20,37
6	TERCIARIA	278,60	3,5	424,57	50	46,8	1,35	55.406	0,18	9,95	52,46	20,48
7	TERCIARIA	278,60	3,5	424,58	63	59	0,99	51.274	0,08	9,76	22,41	20,65
8	TERCIARIA	278,60	3,5	424,60	63	59	1,13	58.599	0,10	9,68	28,57	20,72
9	TERCIARIA	278,60	3,5	424,61	63	59	1,27	65.924	0,12	9,58	35,44	20,80
10	TERCIARIA	278,60	3,5	424,63	75	70,4	0,99	61.388	0,06	9,46	18,12	20,91
11	TERCIARIA	278,60	3,5	424,64	75	70,4	1,09	67.527	0,08	9,40	21,56	20,96
12	TERCIARIA	278,60	3,5	424,65	75	70,4	1,19	73.665	0,09	9,32	25,28	21,03
13	TERCIARIA	278,60	3,5	424,67	75	70,4	1,29	79.804	0,10	9,23	29,28	21,10
14	TERCIARIA	278,60	3,5	424,68	75	70,4	1,39	85.943	0,12	9,13	33,55	21,19
15	TERCIARIA	278,60	3,5	424,70	90	84,4	1,04	76.807	0,05	9,01	15,68	21,29
16	TERCIARIA	278,60	3,5	424,71	90	84,4	1,11	81.928	0,06	8,96	17,64	21,33
17	TERCIARIA	278,60	3,5	424,72	90	84,4	1,18	87.048	0,07	8,90	19,71	21,38
18	TERCIARIA	278,60	3,5	424,74	90	84,4	1,24	92.169	0,08	8,83	21,89	21,44
19	TERCIARIA	278,60	3,5	424,75	90	84,4	1,31	97.289	0,08	8,75	24,17	21,50
20	TERCIARIA	278,60	3,5	424,77	90	84,4	1,38	102.410	0,09	8,67	26,56	21,57
21	TERCIARIA	278,60	3,5	424,78	90	84,4	1,45	107.530	0,10	8,57	29,06	21,65
22	TERCIARIA	278,60	3,5	424,79	110	104,6	0,99	90.896	0,04	8,47	11,08	21,74
23	TERCIARIA	278,60	3,5	424,81	110	104,6	1,04	95.028	0,04	8,43	12,02	21,76
24	TERCIARIA	278,60	3,5	424,82	110	104,6	1,08	99.159	0,05	8,39	12,99	21,79
25	TERCIARIA	278,60	3,5	424,84	110	104,6	1,13	103.291	0,05	8,34	14	21,82
26	TERCIARIA	278,60	3,5	424,85	110	104,6	1,17	107.423	0,05	8,30	15,04	21,85
27	TERCIARIA	278,60	3,5	424,86	110	104,6	1,22	111.554	0,06	8,24	16,12	21,89
28	TERCIARIA	278,60	3,5	424,88	110	104,6	1,26	115.686	0,06	8,19	17,24	21,94
29	TERCIARIA	278,60	3,5	424,89	110	104,6	1,31	119.818	0,06	8,13	18,39	21,98
30	TERCIARIA	278,60	3,5	424,91	110	104,6	1,35	123.949	0,07	8,06	19,57	22,03
31	TERCIARIA	278,60	3,5	424,92	110	104,6	1,40	128.081	0,07	7,99	20,79	22,09
32	TERCIARIA	278,60	3,5	424,93	110	104,6	1,44	132.213	0,08	7,92	22,05	22,15
33	TERCIARIA	278,60	3,5	424,95	125	118,8	1,15	120.047	0,04	7,84	12,51	22,21
34	TERCIARIA	278,60	3,5	424,96	125	118,8	1,19	123.685	0,05	7,80	13,21	22,24
35	TERCIARIA	278,60	3,5	424,98	125	118,8	1,22	127.323	0,05	7,75	13,93	22,27
36	TERCIARIA	278,60	3,5	424,99	125	118,8	1,26	130.960	0,05	7,70	14,68	22,31
37	TERCIARIA	278,60	3,5	425,00	125	118,8	1,29	134.598	0,05	7,65	15,44	22,34
38	SECUNDARIA	278,60	141,0	425,02	140	133	1,06	123.477	1,32	7,60	9,33	22,38
39	PRIMARIA	9383,00	402,0	428,00	160	152	1,53	203.800	6,28	6,28	15,63	20,72

Tabla 16 Metros necesarios de cada diámetro de tubería necesarios en el sector 4 Norte. (Sin tubería principal)

Fuente: elaboración propia.

LISTADO DE MEDICIÓN DE TUBERÍAS			
Material	Ø	PN	METROS
PE	40	6	7
PVC	50	6	14
PVC	63	6	10,5
PVC	75	6	17,5
PVC	90	6	24,5
PVC	110	6	38,5
PVC	125	6	17,5
PVC	140	6	141

## 4.10 Sector 4 Sur

Tabla 17 Resumen de datos y cálculos de la optimización hidráulica del sector 4 Sur. Fuente: elaboración propia.

NUDO	TUBERÍA	Long LR	Long	Z	DN	D (mm)	V (m/s)	Re	HR Tramo	HR Acum	J u (mm/m)	P (nudo)
1	TERCIARIA	234,00	3,5	430,50	40	37	0,30	9.810	0,02	9,46	4,86	15,04
2	TERCIARIA	249,00	3,5	430,50	50	46,8	0,39	16.009	0,02	9,44	5,63	15,06
3	TERCIARIA	248,91	3,5	430,50	50	46,8	0,59	24.260	0,04	9,42	11,78	15,08
4	TERCIARIA	248,81	3,5	430,50	50	46,8	0,79	32.506	0,07	9,38	19,92	15,12
5	TERCIARIA	248,72	3,5	430,50	63	59	0,62	32.324	0,03	9,31	9,74	15,19
6	TERCIARIA	248,62	3,5	430,50	63	59	0,75	38.861	0,05	9,28	13,56	15,22
7	TERCIARIA	248,53	3,5	430,50	63	59	0,88	45.395	0,06	9,23	17,96	15,27
8	TERCIARIA	248,43	3,5	430,50	63	59	1,00	51.927	0,08	9,17	22,93	15,33
9	TERCIARIA	248,34	3,5	430,50	75	70,4	0,79	48.990	0,04	9,09	12,03	15,41
10	TERCIARIA	248,24	3,5	430,50	75	70,4	0,88	54.460	0,05	9,05	14,58	15,45
11	TERCIARIA	248,15	3,5	430,50	75	70,4	0,97	59.927	0,06	8,99	17,35	15,51
12	TERCIARIA	248,05	3,5	430,50	75	70,4	1,06	65.393	0,07	8,93	20,34	15,57
13	TERCIARIA	247,96	3,5	430,50	75	70,4	1,15	70.857	0,08	8,86	23,55	15,64
14	TERCIARIA	247,86	3,5	430,50	75	70,4	1,24	76.318	0,09	8,78	26,98	15,72
15	TERCIARIA	247,77	3,5	430,50	75	70,4	1,32	81.777	0,11	8,69	30,62	15,81
16	TERCIARIA	247,67	3,5	430,50	75	70,4	1,41	87.235	0,12	8,58	34,48	15,92
17	TERCIARIA	247,58	3,5	430,50	90	84,4	1,04	77.315	0,06	8,46	15,87	16,04
18	TERCIARIA	247,48	3,5	430,50	90	84,4	1,11	81.863	0,06	8,40	17,61	16,10
19	TERCIARIA	247,39	3,5	430,50	90	84,4	1,17	86.410	0,07	8,34	19,45	16,16
20	TERCIARIA	247,29	3,5	430,50	90	84,4	1,23	90.955	0,07	8,27	21,36	16,23
21	TERCIARIA	247,20	3,5	430,50	90	84,4	1,29	95.498	0,08	8,20	23,36	16,30
22	TERCIARIA	247,10	3,5	430,50	90	84,4	1,35	100.040	0,09	8,12	25,44	16,38
23	TERCIARIA	247,01	3,5	430,50	90	84,4	1,41	104.580	0,10	8,03	27,61	16,47
24	TERCIARIA	246,91	3,5	430,50	110	104,6	0,96	88.045	0,04	7,93	10,45	16,57
25	TERCIARIA	246,82	3,5	430,50	110	104,6	1,00	91.706	0,04	7,89	11,26	16,61
26	TERCIARIA	246,72	3,5	430,50	110	104,6	1,04	95.364	0,04	7,85	12,1	16,65
27	TERCIARIA	246,63	3,5	430,50	110	104,6	1,08	99.022	0,05	7,81	12,96	16,69
28	TERCIARIA	246,53	3,5	430,50	110	104,6	1,12	102.678	0,05	7,77	13,85	16,73
29	TERCIARIA	246,44	3,5	430,50	110	104,6	1,16	106.333	0,05	7,72	14,77	16,78
30	TERCIARIA	246,34	3,5	430,50	110	104,6	1,20	109.986	0,05	7,67	15,71	16,83
31	TERCIARIA	246,25	3,5	430,50	110	104,6	1,24	113.638	0,06	7,61	16,68	16,89
32	TERCIARIA	246,15	3,5	430,50	110	104,6	1,28	117.288	0,06	7,55	17,68	16,95
33	TERCIARIA	246,06	3,5	430,50	110	104,6	1,32	120.937	0,07	7,49	18,71	17,01
34	TERCIARIA	245,96	3,5	430,50	110	104,6	1,36	124.585	0,07	7,43	19,76	17,07
35	TERCIARIA	245,87	3,5	430,50	125	118,8	1,08	112.903	0,04	7,36	11,17	17,14
36	TERCIARIA	245,77	3,5	430,50	125	118,8	1,11	116.113	0,04	7,32	11,76	17,18
37	TERCIARIA	245,68	3,5	430,50	125	118,8	1,14	119.320	0,04	7,28	12,37	17,22
38	SECUNDARIA	245,68	127,0	430,50	140	133	0,94	109.446	0,95	7,23	7,48	17,27
39	PRIMARIA	10586,00	402,0	428,00	160	152	1,53	203.800	6,28	6,28	15,63	20,72

Tabla 18 Metros necesarios de cada diámetro de tubería necesarios en el sector 4 Sur. (Sin tubería principal) Fuente: elaboración propia.

LISTADO DE MEDICIÓN DE TUBERÍAS			
Material	Ø	PN	METROS
PE	40	6	3,5
PVC	50	6	10,5
PVC	63	6	14
PVC	75	6	28
PVC	90	6	24,5
PVC	110	6	38,5
PVC	125	6	10,5
PVC	140	6	127

## 5 CALCULO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL

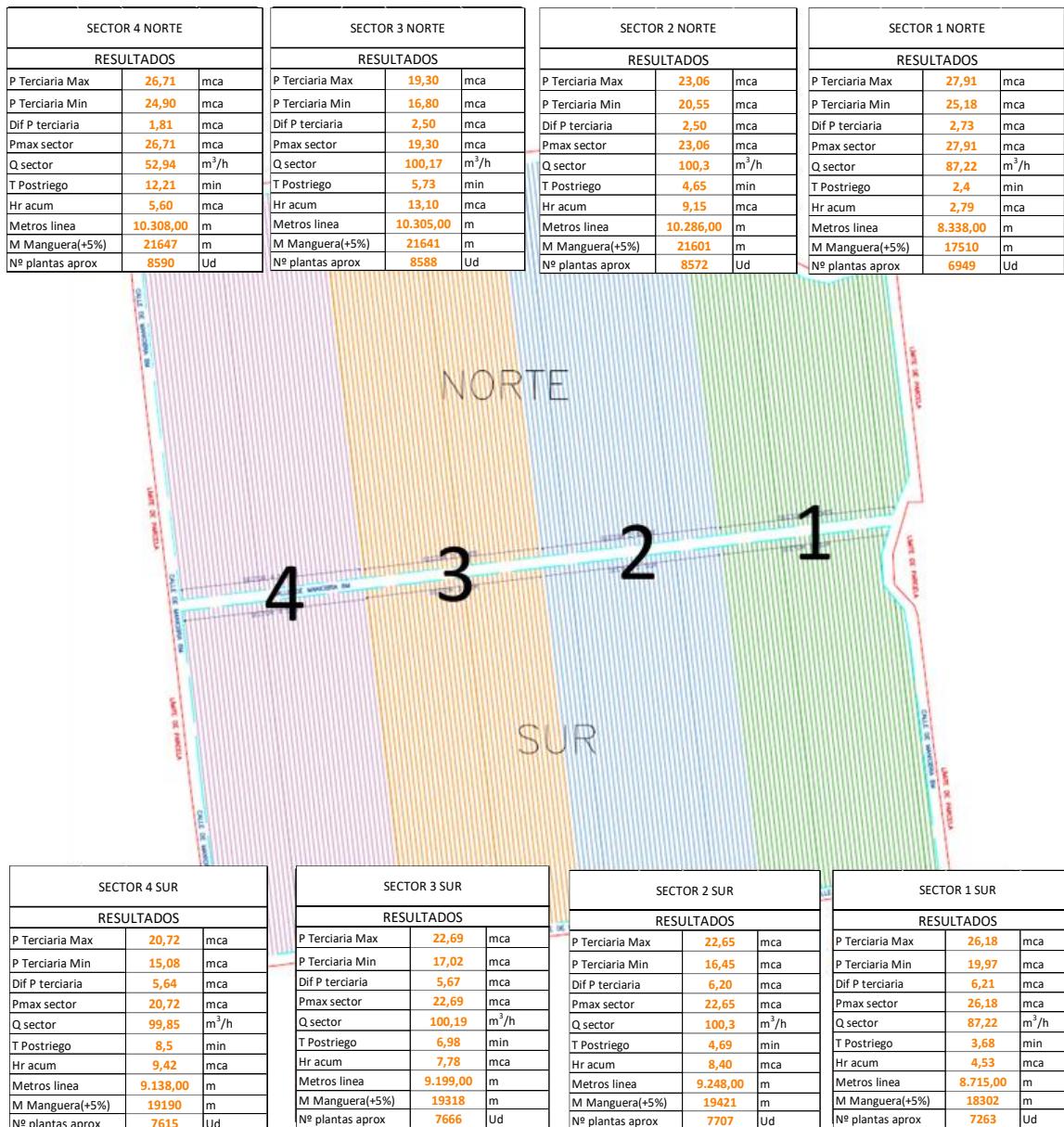
Se ha realizado este cálculo a la vez que la optimización de la tubería terciaria y secundaria, teniendo en cuenta los caudales y presiones que se necesitan en cada sector. Se ha observado que el sector que mayor diámetro de tubería primaria exige es el sector 4, el más alejado de la caseta de riego, por lo cual la tubería primaria ha de ser en todo su recorrido como mínimo de diámetro exterior 160mm. Pese a que los sectores 1 y 2 podían obtener presiones correctas utilizando diámetros inferiores en la tubería principal que los alimenta estos serán alimentados con una principal de tamaño 160 mm ya que con esta también se cumplen los requisitos mínimos de presión y velocidad y además se cumple así el criterio de que la tubería principal ha de ser telescópica, es decir, si varían los tamaños en algunos de sus tramos estos deben ser de mayor a menor y no de menor a mayor como ocurriría en la finca de estudio.

Los metros totales desde la caseta de riego de tubería principal de PVC de 160 mm de diámetro exterior y presión nominal 6 atm son 402m, además desde la balsa hasta la caseta se llevara el agua en una tubería similar, recorriendo en este caso 193 metros, a través de esta tubería se transportara el agua desde la balsa hasta la caseta de riego, en este caso no deberá ser modificada porque ya está instalada en la parcela y tiene las dimensiones suficientes como para alimentar el equipo de bombeo de la caseta cuando el caudal demandado sea el más exigente.

## 6 PROGRAMACIÓN DE RIEGO

Se resumirá a continuación la programación de riegos que se llevara a cabo en la parcela, tomando las máximas necesidades del cultivo. Esta programación se basara en un sistema de turnos que buscara regar de forma simultanea aproximadamente el 25 % de la finca, como se puede ver en la figura 1, donde aparecen los cuatro sectores de riegos y los dos sub sectores que forman cada uno, además de los caudales necesarios para cada sector.

La programación de los riegos está orientada a optimizar la tubería de suministro que transporta el agua desde la balsa de agua, calculándose para la máxima demanda hídrica que se produce en cada sector, el más limitante es el sector 3, que requiere 100,17 m<sup>3</sup>/h. La finca dispone de un grupo electrógeno que suministra la energía necesaria para



aumentar la presión, si fuese necesario.

Figura 1Representación de los sectores de riego con información relevante de cada subsector. (El caudal por sector es el conjunto, suma de los dos subsectores). Fuente: elaboración propia.

## 7 CABEZAL DE RIEGO

El cabezal de riego está constituido por el sistema de filtrado, el equipo de fertirrigación, los equipos de impulsión, llaves de paso, manómetros y contador para el control del uso del agua.

Se debe calcular las características del cabezal, con el caudal y la presión que necesita el agua para llegar de manera correcta a todos los puntos.

- El máximo caudal de riego será 100,17 m<sup>3</sup>/h
- Para determinar la presión a suministrar, que compense las pérdidas de carga a lo largo de la instalación, se tomara como base el sector 4, el más alejado del cabezal de riego.

El cálculo de la potencia necesaria en el bombeo se realizara mediante la siguiente formula:

$$\begin{aligned} & \text{presión de trabajo} + \text{desnivel} \\ & + \sum \text{perdidas de carga en sector mas desfavorable} \\ & = \text{presión de bombeo} \end{aligned}$$

Al sustituir los datos expuestos a lo largo de este anexo se obtiene:

$$30 + (433 - 429) + 9,93 = 43,93 \text{ mca} = 4,39 \text{ bar} = 4,39 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto el bombeo que se necesita ha de ser capaz de impulsar 100m<sup>3</sup>/h (1666,6 l/min) a 5 bar de presión. Se buscara que tenga un variador de frecuencia para mejorar su rendimiento en el arranque y que pueda incorporar pilotos reguladores de presión en cada hidrante de válvulas.

Se ha seleccionado la electrobomba centrífuga monobloc normalizada según la norma DIN 24255, que funciona a 2900 rpm, en concreto el tipo RFI 65-16/20, las cualidades de la serie y el modelo que más se ajusta a las necesidades se pueden ver en la figura 2.

**Aplicaciones**

Aplicaciones industriales para bombeo de aguas limpias y no agresivas.  
Equipos de presión.  
Aire acondicionado y calefacción.  
Sistemas de riego por goteo.  
Equipos contra incendios.

**Construcción**

Grupo monobloc con bomba normalizada según DIN 24255 y eje único motor-bomba. Cuerpo de bomba, soporte y rodamiento en hierro fundido y eje en acero inoxidable. Cierre mecánico de grafito-cerámica normalizado según DIN 24960.  
Temperatura máxima del líquido 90°C.  
Temperatura máxima del ambiente 40°C.  
Presión máxima 10 bars.

Tipo	Motor P2		l/min m³/h	0	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3300	3600
	KW	HP		0	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	198	216
RFI 65-14/7,5	5,5	7,5	m.c.a.	20,3	18,8	18	16,8	15,3	13,7	11,7								
RFI 65-14/10	7,5	10		22,5	21,4	20,6	19,5	18	16,7	15	12,8							
RFI 65-16/15	11	15		36,5	35,8	35	34	33	30,9	28,8	26,5	23,5	20,2					
RFI 65-16/20	15	20		42,5	41,5	41	40	39	38	36	34	32	27	25	22	16		
RFI 65-20/20	15	20		44		43	42,5	40,5	39	36	34	30						
RFI 65-20/25	19	25		47,5		49,3	48,5	47,3	45,5	43,5	41	38						
RFI 65-20/30	22	30		56,5		56,5	55,7	54,7	53,3	51,6	49,6	47,1	44					
RFI 80-16/15	11	15		27	26	25,8	25,5	24,7	23,6	22,7	21,8	20,6	19,5	18,1	16,2	14,3	10,9	
RFI 80-16/20	15	20		32	31,8	31,6	31,5	31	30	29	28	27,5	26,8	25,5	24	21,5	19	15,5
RFI 80-16/25	19	25		37	37	36,5	36	35,5	35	34,5	33,3	32,6	31,2	31	29,7	28	25,7	23,4
RFI 80-16/30	22	30		39	39	38,8	38,6	38,5	38,3	38	37,2	36,6	35,7	34,5	33,2	32	30,2	27,4

Figura 2 Características del modelo de bomba normalizada DIN 24255. Fuente: Bombas Ideal S.A. (2021).

La bomba se apoyara con un variador de frecuencia para conseguir que el funcionamiento y sobre todo el arrancado de la bomba tendrán el mejor rendimiento posible, consiguiendo un ahorro energético además de alargar la vida de los componentes internos del sistema. El variador utilizado deberá ser trifásico, metálico, con rejillas de ventilación y ventilación forzada.

## 7.1 Grupo electrógeno

Para cumplir con las necesidades eléctricas del sistema de riego, es necesario un grupo electrógeno capaz de suministrar una línea trifásica de 400 V y 50Hz, por lo que el grupo diésel existente en la explotación cumple con las premisas de este nuevo sistema de riego, por lo que no será necesaria su sustitución. En caso de que se quede inutilizado se optara por sustituirlo por uno de características similares, por lo que se tendrá en cuenta como gasto en el presupuesto. El modelo ya existente y que se tomara de referencia es un DEUTZ, D71: DEUTZ BF4M2012C, que se alimenta a base de diésel proveniente de un depósito de 1000 litros ya instalado colindante a la caseta de riego.

## 7.2 Sistema de filtrado

El equipo de filtrado puede estar compuesto por uno o varios elementos, dependiendo del tipo de filtrado requerido en la explotación (filtro de arena, malla o anilla). En el

caso de este proyecto, se realizará para evitar la entrada al sistema de riego a partículas mayores de 0,08 mm. Utilizaremos un filtrado de hidrociclón que consta de cuatro fases, ya que el agua proviene un pozo, y este filtro permite retener partículas con un peso específico superior al del agua, como la arena. Después del hidrociclón, se instalará un filtro de anillas como filtro secundario, ubicado después de los filtros de arena. Ambos elementos deberán estar diseñados para poder trabajar a caudales de más de 100 m<sup>3</sup> por hora, es por ello que se utilizaran cuatro de cada uno de estos filtros para así poder mantener la capacidad de filtrado siendo 25m<sup>3</sup> por hora la capacidad normal de trabajo de cada filtro. Cabe destacar que el sistema de fertirrigación puede dejar parte del abono sin disolver, por lo que antes de la bomba que incorpora la solución de fertirrigación se instalara un filtro de malla adecuado al pequeño volumen de trabajo y que no pasen restos sólidos que puedan obturar los goteros.

### **7.3 Equipo de fertirrigación**

El equipo de fertirrigación estará formado por una pequeña bomba inyectora de fertilizante junto a tres depósitos anexos a esta. La función de los depósitos es la de almacenar las soluciones de fertilizante mineral, estas serán introducidas a la red en los momentos en los que se determine que son requeridas por los ciruelos. En el anejo 6 se han determinado las necesidades de fertilización de los ciruelos según su edad y su estado fenológico, con producciones aproximadas. Los depósitos serán de polietileno, ya que este es resistente a la corrosión que puedan ocasionar los fertilizantes.

### **7.4 Válvulas de manejo**

En el cabezal de riego habrá que incorporar diversas válvulas de corte que aseguren el aislamiento de los diferentes elementos que integran el propio cabezal para poder ser reparados o sustituidos de forma segura y sin mucho esfuerzo, antes de la bomba se colocara una válvula de compuerta manual que sea capaz de cortar la entrada de agua desde la balsa, después de ella habrá una válvula antirretorno que no permita que el agua ya presurizada vuelva a la bomba tras la parada de esta, se colocara después de la válvula sostenedora, al final del cabezal. Asimismo antes y después de cada elemento del sistema de filtrado se colocaran válvulas de mariposa más pequeñas que permitan aislar cada filtro sin necesidad de paralizar el resto del bombeo. Finalmente antes de

salir el agua presurizada del cabezal de riego se instalara una válvula sostenedora de presión, que asegure que no se transmitirán presiones elevadas a la red.

Es necesaria la utilización de 8 válvulas hidráulicas, una de ellas en cada subsector para así regular el paso de agua a queda uno de estos subsectores de forma independiente (los riegos se efectuaran en dos de ellos simultáneamente, formando un sector). Estas válvulas se sitúan entre la tubería general y la terciaria de cada subsector. Están especialmente diseñadas y construidas para regular el caudal a altas presiones. Las válvulas que se han elegido para este sistema de riego estarán operadas por un diafragma, sin muelle, siendo la tapa y el cuerpo principal de fundición de hierro. La membrana que corta y abre el paso del agua permite prescindir del muelle lo que hace que se elimine la mayoría del mantenimiento de la válvula, además de permitir una apertura y cierre muy precisos.

Para gobernar estas válvulas se colocara en cada una de ellas una válvula de 2 vías, que se encargaran de gestionar la apertura y cierre automática de las válvulas hidráulicas. Este dispositivo es accionado por unos pequeños tubos de polietileno que irán desde cada válvula, enterrados junto a la red principal, hasta la caseta de riego. La acción de estas válvulas está controlada por un solenoide de 3 vías (figura 3), que combina un circuito eléctrico con uno hidráulico para que así pueda actuarse sobre el remotamente o desde la caseta de riego, sin necesidad de programarlo manualmente, aunque también incorpora un actuador manual para mayor fiabilidad.



Figura 3 Ejemplo de solenoide, marca TECNIDRO. Fuente: Grupo APB (2022).

## 8 ELEMENTOS DE MEDIDA

### 8.1 Manómetro

Sirve para controlar la presión entre dos puntos del sistema. Es necesario ya que se debe conocer la presión del sistema para evitar problemas en los equipos. Se colocaran manómetros antes y después de los filtros, para indicar el momento correcto en que estos deben ser limpiados. También se pondrán manómetros en cada una de las válvulas de manejo. Se utilizaran manómetros de glicerina que midan de 0 a 16 atm.

### 8.2 Contador

Sirve para medir cuánta agua se ha consumido, debe situarse entre los sistemas de filtrado. El contador que se instale deberá admitir el caudal máximo que va a pasar por los filtros. Las pérdidas de carga del contador son mínimas por lo que se despreciaran.

### 8.3 Programador de riego

Para un correcto control del riego ha de instalarse un programador, este deberá estar dotado de las funciones apropiadas que puedan controlar la fertilización, medir el pH, controlar el bombeo y la limpieza de los filtros, además de contar con la capacidad (una vez se realicen las conexiones necesarias) de detectar fallos en el sistema en función de los datos recibidos de los manómetros. Este elemento permitirá una alta automatización y facilitara la gestión a la persona al cargo de la explotación.

## 9 ELEMENTOS SINGULARES

Se definen como elementos singulares aquellos dispositivos que, como los codos o uniones permiten realizar uniones entre tuberías y conectar estas con todos los puntos de la parcela.

- La unión entre tuberías de PVC se lleva a cabo mediante junta elástica para diámetros de tubo mayores o iguales a los 63 mm y por encolado en diámetros inferiores. Para unir tuberías de PE se utilizaran juntas mecánicas.
- Cada tubería terciaria de cada sector tendrá una llave de saneamiento para limpiarla, al final de la misma. Permitirá vaciar por completo todo el sistema.

- Se instalara una válvula anti sifón para cada lateral de riego, para que evite posibles obturaciones.

## **10 RESUMEN DEL DIMENSIONADO DE LA RED HIDRÁULICA**

Como ya se ha explicado anteriormente, en función de la velocidad del agua, el caudal y presión necesarios y las pérdidas de carga producidas, se ha dimensionado la red con diferentes tamaños de tuberías que optimizan el diseño hidráulico del riego localizado para esta plantación. En la siguiente tabla (tabla 19) se detallan tanto el tipo de tuberías utilizadas en cada sector como los metros que se necesitan de cada una de ellas.

*Tabla 19 Dimensionado de laterales, tuberías terciarias y de distribución total, para cada sector. Fuente: elaboración propia.*

SECTOR	SUBSECTOR	LATERAL	TERCIARIA	DISTRIBUCIÓN
1	1 NORTE	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 17510 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 21 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 35 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 49 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 142 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
	1 SUR	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 18302 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 28 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 42 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 127 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
2	2 NORTE	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 21601 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 24,5 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 56 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 142 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
	2 SUR	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 19421 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 21 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 28 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 45,5 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 124 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
3	3 NORTE	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 21641 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 21 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 45,5 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 155 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
	3 SUR	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 19318 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 28 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 42 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 3,5 m PVC DN: 140 mm PN: 6 atm. 127 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
4	4 NORTE	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 21647 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 7 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 24,5 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 38,5 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 17,5 m PVC DN: 140 mm PN: 6 atm. 141 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m
	4 SUR	PE DN:20mm; PN: 6 atm; e:2 mm 19190 m	PVC DN: 40 mm PN: 6 atm. 3,5 m PVC DN: 50 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 63 mm PN: 6 atm. 14 m PVC DN: 75 mm PN: 6 atm. 28 m PVC DN: 90 mm PN: 6 atm. 24,5 m PVC DN: 110 mm PN: 6 atm. 38,5 m PVC DN: 125 mm PN: 6 atm. 10,5 m PVC DN: 140 mm PN: 6 atm. 127 m	PVC DN: 160 mm PN:6 atm Total: 402 m

## **11 BIBLIOGRAFÍA**

- Bombas Ideal S.A. (2021). *Catálogo de distribución de bombas IDEAL.* <https://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/2021/05/catalogo-bombas-ideal-.pdf>
- Grupo APB (2022). *Catálogo de material de riego APB.* [https://www.materialesriegos.com/WebRoot/StoreES3/Shops/64472737/MediaGallery/Nueva carpeta1/Catalogo\\_Riegos\\_2022 Grupo APB.pdf](https://www.materialesriegos.com/WebRoot/StoreES3/Shops/64472737/MediaGallery/Nueva carpeta1/Catalogo_Riegos_2022 Grupo APB.pdf)
- Jaime Bueno J. (2023-2024). *Temario de la asignatura Redes de Riegos.* Universidad Politécnica Superior de Huesca.

---

# **ANEJO 9**

## **ANÁLISIS ECONÓMICO**

---

## **ÍNDICE**

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	ASPECTOS PREVIOS .....	3
3	INGRESOS .....	4
3.1	Venta de cosecha.....	4
3.2	Ayudas PAC.....	5
3.3	Totales .....	5
4	COSTES DERIVADOS DEL MANEJO .....	6
5	AMORTIZACIÓN E INTERÉS DEL INMOVILIZADO MATERIAL DE LA INVERSIÓN .....	7
6	ANÁLISIS DE LA FINANCIACIÓN .....	9
7	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD.....	11
7.1	Valor actualizado neto (VAN) .....	11
7.2	Tasa de rendimiento interno (TIR).....	12
7.3	Payback .....	12
8	CONCLUSIONES .....	13
9	BIBLIOGRAFÍA.....	14

## 1 INTRODUCCIÓN

Una vez se ha realizado minuciosamente todo el diseño de la plantación de ciruelos y de la instalación de riego que lo abastecerá, es necesario analizar si la explotación es viable o no lo es, desde el punto de vista económico y en caso de serlo cuáles serán las rentabilidades y demás parámetros económicos que irán ligados al proyecto, tales como el VAN, el TIR, o el *payback* (tasa de retorno) serán algunos de los parámetros que se calcularan para este caso concreto intentando reflejar al máximo la realidad.

Se estima para la plantación una vida útil de 15 años, por lo que el estudio de viabilidad se encuadrara dentro de ese periodo de tiempo. Como es una explotación frutal, los primeros años no se tendrán beneficios, se determinara como periodo improductivo. Desde la plantación hasta el momento de máximo rendimiento la plantación ira incrementando sus necesidades tanto hídricas como de fertilización a la vez que incrementa también su producción.

## 2 ASPECTOS PREVIOS

Para la realización de este proyecto se ha decidido pedir un préstamo que cubra parte del presupuesto (380.000€), el cual se ha obtenido con un interés del 5%. El resto del importe necesario para la realización del proyecto será aportado por el promotor.

Se realizara una estimación de los costes de manejo y producción, los cuales se han obtenido de un cálculo externo de conceptos, que tiene en cuenta costes como las horas de trabajo del personal, la maquinaria y los costes indirectos

Algunas infraestructuras como la caseta de riegos y la maquinaria (la que no va a ser alquilada) ya se han amortizado a lo largo de la vida productiva de la explotación, así que las amortizaciones se calcularan del sistema de riego y de la plantación.

### 3 INGRESOS

#### 3.1 Venta de cosecha

La venta de las ciruelas producidas va a ser el ingreso principal con el que se espera obtener los beneficios de la explotación. La estimación de producción varía a lo largo de los cinco primeros años, hasta alcanzar la edad de plena producción del árbol. (Tabla 1). Con la finalidad de estimar el precio de referencia, al que las empresas que se dedican a la transformación de esta fruta en otros alimentos, se han tomado los precios medios durante un periodo de 6 años, obteniendo un precio medio de 0,40€/Kg de ciruela, independientemente de la variedad.

Los ingresos estimados anualmente, teniendo en cuenta las producciones estimadas a lo largo de la vida de la plantación y suponiendo el caso de que únicamente se realizará recolección mecánica se exponen en la Tabla 1. Se ha decidido suponer que la cosecha va a ser únicamente mecánica ya que es la idea principal para la que se ha desarrollado la plantación, pese a que como ya se ha mencionado anteriormente, la plantación cuenta con grandes ventajas si se quisiera realizar un pase de recolección manual para vender la fruta para consumo en fresco, decisión que se tomara anualmente, en función de los precios de la campaña

Tabla 1 Importe total estimado por la venta de cosecha de ciruelas en euros. Fuente: elaboración propia.

Año	Producción (Kg/Ha)	Precio (€/Kg)	Importe total (€-28,7 Ha)
1	-	0,40	-
2	-	0,40	-
3	6.400,00	0,40	73.472,00
4	21.100,00	0,40	242.228,00
5	31.100,00	0,40	357.028,00
6	31.100,00	0,40	357.028,00
siguientes	31.100,00	0,40	357.028,00

Cabe destacar que como la industria conservera tiene la capacidad de almacenar sus productos durante un largo tiempo, las fluctuaciones en el precio de la fruta no son muy diferentes según el año, al contrario que en el mercado de la fruta fresca en el que en función de la producción nacional e internacional se pueden alcanzar precios muy diferentes de un año para otro, por ello y por la naturaleza mecanizable de la plantación,

se ha decidido realizar el estudio económico suponiendo que únicamente se cosecha con máquinas y se vende el producto para la industria.

### 3.2 Ayudas PAC

La cantidad anual total de las ayudas PAC que percibirá la explotación está formada por dos conceptos.

- Pago verde. Los cultivos permanentes, como el ciruelo, que van a estar mínimo 6 años en la parcela, cumplen automáticamente con la condicionalidad de greening. Por lo que se recibirán 44€/Ha anuales.
- Agricultura de carbono. Cubiertas vegetales y cubiertas inertes en cultivos leñosos en terrenos llanos en la península. Se estiman ingresos de unos 57 €/Ha anuales.

El importe total estimado de la ayuda es el siguiente:

$$\text{Ayudas PAC} = (44 + 57)\text{€/Ha} \times 28,7 \text{ Ha} = 2898,7\text{€ anuales}$$

### 3.3 Totales

En la siguiente tabla se pueden ver los ingresos totales que se obtendrán en el conjunto de la explotación desde el año de inicio hasta la plena producción. (Tabla 2)

Tabla 2 Ingresos totales de la explotación (Cosecha + PAC), en función del año. Fuente: elaboración propia.

Año	Cosecha (€/Ha)	PAC (€/Ha)	Total (€/Ha)
1	-	2.898,70	2.898,70
2	-	2.898,70	2.898,70
3	73.472,00	2.898,70	76.370,70
4	242.228,00	2.898,70	245.126,70
5	357.028,00	2.898,70	359.926,70
6	357.028,00	2.898,70	359.926,70
siguientes	357.028,00	2.898,70	359.926,70

## 4 COSTES DERIVADOS DEL MANEJO

A continuación, se muestran los pagos ordinarios que se originan cada año. Como ya se ha explicado anteriormente, se realizara el análisis económico suponiendo que toda la cosecha es mecánica y que la poda se realiza manualmente durante los años de formación y después únicamente se realizaran intervenciones manuales cada 2 años.

*Tabla 3 Costes que supone la realización de la plantación proyectada. Costes desglosados en el apartado del Presupuesto, adjuntado al final de este proyecto. Fuente: elaboración propia.*

1. Realización de la plantación	
Planta	292.088,00
Plantación	51.619,00
Actividades posteriores	4.305,00
Preparación del terreno	8.152,81
Replanteo	4.403,00
2. Riego	
Programador de riego	525,30
Material de riego	4.519,00
Tuberías principales	4.052,16
Tuberías terciarias	10.482,07
Tuberías laterales	66.624,60
Válvulas	2.548,80
Fertirrigación	3.048,80
Instalación y enterrado	16.676,73
3. Seguridad y salud	
Estudio de seguridad y salud	9.380,00
<b>TOTAL</b>	<b>478.425,27</b>

*Tabla 4 Gastos de gestión de la explotación por hectárea y totales durante los dos primeros años de la plantación de ciruelos. Fuente: elaboración propia.*

Concepto	Unidad	Coste unitario	Coste total (€)
Formación con discos	3,00	70 €/h	210,00
Formación manual	15,00	12 €/h	180,00
Mantenimiento del suelo	5,00	30 €/h	150,00
Producto fitosanitario	5 tratamientos	25 €/h	125,00
Aplicación del fitosanitario (maquinaria)	6 horas	30 €/h	180,00
Producto herbicida	3 tratamientos	31 €/h	93,00
Aplicación del herbicida (maquinaria)	3 horas	30 €/h	90,00
Fertirrigación (productos + aplicación)	1,00	420 €/h	420,00
Riego	1,00	650 €/h	650,00
Coste total por hectárea			2098
Coste de 28,7 hectáreas			60212,6

Tabla 5 Gastos fijos de mantenimiento a partir del tercer año. Fuente: elaboración propia.

Concepto	Unidad	Coste unitario	Coste total (€)
Poda con discos	3,00	75 €/h	225,00
Poda manual	80 horas/ ha. Cada dos años: 40	15€/h	600,00
Topping	1,50	76 €/h	114,00
Mantenimiento del suelo	5,00	30 €/h	150,00
Producto fitosanitario	5 tratamientos	25 €/h	125,00
Aplicación del fitosanitario (maquinaria)	8 horas	30 €/h	240,00
Producto herbicida	3 tratamientos	31 €/h	93,00
Aplicación del herbicida (maquinaria)	3 horas	30 €/h	90,00
Fertirrigación (productos + aplicación)	1,00	420 €/h	420,00
Riego	1,00	900 €/h	850,00
Cosecha	2,00	320 €/h	640,00
Varios	1,00	300 €/h	300,00
Coste total por hectárea			3.847,00
Coste de 28,7 hectáreas			110408,9

## 5 AMORTIZACIÓN E INTERÉS DEL INMOVILIZADO MATERIAL DE LA INVERSIÓN

Se calculará ahora el desgaste sufrido por los activos inmovilizados en este proyecto y su correspondiente amortización, para ello se utilizará un valor de 20 años para la esperanza de vida para el sistema de riego. Por otro lado, debido a la caída de rendimiento de los árboles por su envejecimiento a partir del año 15, se decide que este será el último año que se recolecten, en función de la situación futura esta fecha podría retrasarse según decida el promotor. Los árboles carecen de valor residual ya que cuando acabe su vida útil quedan inservibles y tendrán que ser sustituidos.

Las fórmulas que van a utilizarse para ayudarnos con los cálculos económicos son:

$$\text{Costes de amortización} = \frac{Va - Vr}{n}$$

$$\text{Costes de interés} = \frac{Va + Vr}{2} \times i$$

Donde:

- Va : es el valor de adquisición
- Vr : es el valor residual

- $n$  : es el número de años amortizado
- $i$  : es el tipo de interés

### Plantación

- $V_a$  : 360.567,81€
- $V_r$  : 0 €
- $n$  : 15 años
- $i$  : 5%

$$\text{Costes de amortización} = \frac{360.567,81 - 0}{15} = 24.037,8\text{€}$$

$$\text{Costes de interés} = \frac{360.567,81 + 0}{2} \times 0,05\text{€} = 9.014,17 \text{ €}$$

### Sistema de riego

- $V_a$  : 108.477,46 €
- $V_r$  : 18.441,17 €
- $n$  : 20 años
- $i$  : 5 %

$$\text{Costes de amortización} = \frac{108.477,46 - 18.441,17}{20} = 4.501,81\text{€}$$

$$\text{Costes de interés} = \frac{108.477,56 + 18.441,17}{2} \times 0,05\text{€} = 3172,96 \text{ €}$$

## 6 ANÁLISIS DE LA FINANCIACIÓN

Los fondos que se han conseguido para realizar la plantación y su puesta en marcha han sido en forma de préstamo bancario a empresa, este será de tipo francés, lo que significa que las cuotas de interés disminuyen a medida que avanza el tiempo, mientras que la parte de cada cuota que se dedica a amortización va subiendo anualmente. Estas cuotas de amortización van aumentando siguiendo una progresión geométrica aumentando cada año  $1 + i$ .

Este proceso se va dando a lo largo del tiempo hasta que se haya devuelto la totalidad del préstamo con las condiciones acordadas, en este caso son:

- El préstamo se concede al promotor con un tipo de interés de  $i = 5\%$
- Se establece la operación citada anteriormente para un horizonte temporal de 10 años.

En la siguiente tabla (Tabla 6) se puede observar la evolución de la cantidad que se debe devolver al prestamista a lo largo del periodo fijado para ello. Reflejando los pagos de intereses anualmente como la parte de la cuota destinada a devolver la cuantía obtenida, así como la cantidad pendiente de devolver.

Para los cálculos se han utilizado las siguientes formulas:

$$\text{Termino amortizativo (a)} = \frac{C \times i \times (1 + i)^t}{(1 + i)^t - 1}$$

$$\text{Interes (In)} = C_{n-1} \times i$$

$$\text{Cuota de amortizacion} = a - In$$

$$\text{Prestamo pendiente} = C - \text{cuota de amortizacion}$$

Donde:

- $C$  = capital prestado (380000€)
- $i$  = Interés del préstamo (5%)
- $t$  = duración del préstamo (10 años)

*Tabla 6 Calculo de las cuotas de préstamo. Fuente: elaboración propia.*

Año	Termino amortizativo (€)	Interés (€)	Cuota de amortización (€)	Préstamo pendiente (€)
-	-	-	-	380.000,00
1	49.211,74	19.000,00	30.211,74	349.788,26
2	49.211,74	17.489,41	31.722,33	318.065,94
3	49.211,74	15.903,30	33.308,44	284.757,49
4	49.211,74	14.237,87	34.973,86	249.783,63
5	49.211,74	12.489,18	36.722,56	213.061,07
6	49.211,74	10.653,05	38.558,68	174.502,39
7	49.211,74	8.725,12	40.486,62	134.015,77
8	49.211,74	6.700,79	42.510,95	91.504,82
9	49.211,74	4.575,24	44.636,50	46.868,32
10	49.211,74	2.343,42	46.868,32	0,00

## 7 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

En el estudio de viabilidad del proyecto se pretende poner en conjunto toda la información obtenida de los estudios realizados anteriormente para así poder analizar los flujos de caja anuales. En la Tabla 7 se pueden ver tanto los cobros como los pagos estimados para el periodo de la inversión, junto con los flujos de caja y sus valores acumulados.

Tabla 7 Balances económicos anuales de la plantación. Fuente: elaboración propia.

Año	Cobros (€)		Pagos (€)			Flujo de caja (€)	Flujos acumulados (€)
	Ordinarios	Financieros	Ordinario	Financiero	Inversión		
-	2.898,70	380.000,00			669.794,27	- 286.895,57	- 286.895,57
1	2.898,70		60.212,60	49.211,74		106.525,64	393.421,21
2	76.370,70		60.212,60	49.211,74		33.053,64	426.474,85
3	245.126,70		110.408,90	49.211,74		85.506,06	340.968,79
4	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	140.662,73
5	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	59.643,33
6	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	259.949,39
7	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	460.255,45
8	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	660.561,51
9	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	860.867,57
10	359.926,70		110.408,90	49.211,74		200.306,06	1.061.173,63
11	359.926,70		110.408,90			249.517,80	1.310.691,43
12	359.926,70		110.408,90			249.517,80	1.560.209,23
13	359.926,70		110.408,90			249.517,80	1.809.727,03
14	359.926,70		110.408,90			249.517,80	2.059.244,83
15	359.926,70		110.408,90			249.517,80	2.308.762,63

### 7.1 Valor actualizado neto (VAN)

El VAN es un indicador económico, fundamental a la hora de determinar la viabilidad del proyecto. Si su valor es superior a 0 se puede afirmar que el proyecto estudiado es viable económicamente. Se calcula con la siguiente formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

- $t$  : cada uno de los 15 años de vida de la plantación.
- $n$  : es el total de años, 15.
- $I_0$  : es el desembolso inicial.
- $F_t$  : se corresponde con el flujo de caja correspondiente a cada año.
- $k$  : tipo de interés.

Al introducir los datos del proyecto en la formula expresada se obtiene un VAN de 587.310,97€ cifra mayor que 0, lo que quiere decir que según el estudio realizado el proyecto será rentable desde el punto de vista económico.

## 7.2 Tasa de rendimiento interno (TIR)

El TIR es un parámetro que puede definirse como el tipo de interés de la inversión realizada, se espera que el interés que se obtiene de ella sea superior al que se paga en el proyecto. Para su cálculo se determina el tipo de interés para el que el VAN del proyecto es 0. Por lo que para seguir este planteamiento la fórmula que lo rige es la siguiente:

$$0 = -\text{inversión} + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + \text{TIR})^t}$$

Donde:

- $t$  : cada uno de los 15 años de vida de la plantación.
- $n$  : es el total de años, 15.
- $\text{inversión}$  : es el desembolso inicial.
- $F_t$  : se corresponde con el flujo de caja correspondiente a cada año.
- $\text{TIR}$ : es la tasa de rendimiento interno

Según esta ecuación, se obtiene para este proyecto un TIR del 10%. Comparando el resultado obtenido con el interés de la financiación (5%), el proyecto también pasa el filtro de viabilidad del análisis TIR.

## 7.3 Payback

El *payback* o plazo de recuperación es un criterio cuya finalidad es la de evaluar las inversiones en función del periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Es un método estático para la evaluación de inversiones. Se expresa en períodos del proyecto, en el caso del proyecto estudiado se definirá por años.

Para identificar en que año se recuperara la inversión hay que recurrir a los datos de la tabla 7, de este mismo anejo, se sumaran los flujos de caja netos hasta que superen la cantidad total que se ha invertido en el proyecto.

Por lo que, teniendo en cuenta los flujos de caja ordinarios y la cantidad total del importe invertido, la inversión al completo se recuperara en el año 7.

## **8 CONCLUSIONES**

Una vez se han analizado los factores económicos del VAN, TIR y *payback*, se puede determinar que el proyecto expuesto de una plantación de ciruelos de 28,7 hectáreas, en intensivo y con recolección mecanizada, en el municipio de Almonacid de la Sierra (Zaragoza), es viable económicamente. La inversión será recuperada en el año 7, y a partir de ese año el promotor comenzara a tener beneficios.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Abadía Causape J.A. (2023). *Proyecto de modernización a riego por aspersión y construcción de una balsa para una finca de 6 ha en el término municipal de Tardienta (Huesca)*. (Trabajo de fin de grado, Universidad de Zaragoza).  
<https://zaguan.unizar.es/record/128806/files/TAZ-TFG-2023-4346.pdf>
- Pardos Castillo L. (2022-2023). *Temario de la asignatura Economía Agraria*. Universidad Politécnica Superior de Huesca.

---

# **ANEJO 10**

## **GESTIÓN DE RESIDUOS**

---

## **ÍNDICE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR .....	3
1.1. Clasificación y descripción de los residuos .....	3
2. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA RESIDUO .....	6
3. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN CORRECTA DE LOS RESIDUOS	8
4. BIBLIOGRAFÍA .....	10

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR

Los residuos generados por las diferentes tareas llevadas a cabo en la realización del proyecto que supone la plantación de 28,7 ha. de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza), deberán ser identificados, estimados y correctamente gestionados de acuerdo con el RD 105/2008.

### 1.1. Clasificación y descripción de los residuos

#### - **RCDs de Nivel I:**

Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

#### - **RCDs de Nivel II:**

residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.

Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos a generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002. No se considerarán incluidos en el cómputo general los materiales que no superen 1m<sup>3</sup> de aporte y no sean considerados peligrosos y requieran por tanto un tratamiento especial.

**TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN**

<b>1. TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07

**RESTO RDCs****RCD: Naturaleza no pétrea**

<b>1. Asfalto</b>	
	17 03 02
<b>2. Madera</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	17 02 01
<b>3. Metales</b>	
	17 04 01
	17 04 02
	17 04 03
	17 04 04
	17 04 05
	17 04 06
<input checked="" type="checkbox"/>	17 04 06
	17 04 11
<b>4. Papel</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	20 01 01
<b>5. Plástico</b>	
	17 02 03
<b>6. Vidrio</b>	
	17 02 02
<b>7. Yeso</b>	
	17 08 02

**RCD: Naturaleza pétrea**

<b>1. Arena Grava y otros áridos</b>	
	01 04 08
<input checked="" type="checkbox"/>	01 04 09
<b>2. Hormigón</b>	
	17 01 01
<b>3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos</b>	
	17 01 02
	17 01 03
	17 01 07
<b>4. Piedra</b>	
	17 09 04

<b>RCDs: Basuras, Potencialmente peligrosos y otros</b>		
<b>1. Basuras</b>		
	20 02 01	Residuos biodegradables
<b>X</b>	20 03 01	Mezcla de residuos municipales
<b>2. Potencialmente peligrosos y otros</b>		
	17 01 06	mezcal de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas
	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla
	17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitraneados
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's
<b>X</b>	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's
	17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's
	17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas
	17 05 07	Balastro de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos, ...)
	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor, ...)
	16 01 07	Filtros de aceite
	20 01 21	Tubos fluorescentes
	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas
	16 06 03	Pilas botón
<b>X</b>	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado
<b>X</b>	08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices
	14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados
	07 07 01	Sobrantes de desencofrantes
<b>X</b>	15 01 11	Aerosoles vacíos
	16 06 01	Baterías de plomo
	13 07 03	Hidrocarburos con agua
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03

## 2. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA RESIDUO

La estimación se realizará en función de las categorías del apartado 1 de este Anejo y las mediciones realizadas.

Obra Nueva: En ausencia de datos más contrastados se manejan parámetros estimativos estadísticos de 20 cm de altura de mezcla de residuos por  $m^2$  construido, con una densidad tipo del orden de 1,5 a 0,5 Tn/ $m^3$ .

En base a estos datos, la estimación completa de residuos en la obra es:

### ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCDs)

#### 1.- Datos Generales del Proyecto

Superficie total construida	14,00 $m^2$
Volumen estimado de tierras de excavación	3200,00 $m^3$
Factor de estimación total de RCDs	0,20 $m^3/m^2$
Densidad media de los materiales	1,25 T/ $m^3$
Factor medio de esponjamiento de RCDs	1,25
Factor medio de esponjamiento de tierras	1,15

#### 2.- Evaluación global de RCDs

	S	V	d	R	T
	Superficie Construida	Volumen aparente RCDs	Densidad media de los RCDs	Previsión de reciclaje en %	Toneladas estimadas RDCs
<b>Tierras y pétreos procedentes de la excavación estimados directamente desde los datos de proyecto</b>	-	3.200 $m^3$	1,25 T/ $m^3$	80,00%	<b>920 T</b>
<b>RDCs</b> distintos de los anteriores evaluados mediante estimaciones porcentuales	14 $m^2$	03 $m^3$	1,25 T/ $m^3$	-	<b>04 T</b>

3.- Evaluación teórica del peso por tipología de RCDs					
	%	Tn	d	R	Vt
	% del peso total	Toneladas brutas de cada tipo de RDC	Densidad media (T/m <sup>3</sup> )	Previsión de reciclaje en %	Volumen neto de Residuos (m <sup>3</sup> )
<b>RCD: Naturaleza no pétrea</b>					
1. Asfalto	0,00%	0,00	1,30	0,00%	0,00
2. Madera	19,93%	0,86	0,60	0,00%	1,43
3. Metales	12,11%	0,52	1,50	0,00%	0,35
4. Papel	5,13%	0,22	0,90	0,00%	0,25
5. Plástico	0,00%	0,00	0,90	0,00%	0,00
6. Vidrio	0,00%	0,00	1,50	0,00%	0,00
7. Yeso	0,00%	0,00	1,20	0,00%	0,00
<b>Subtotal estimación</b>	<b>37,17%</b>	<b>1,60</b>	<b>1,13</b>	<b>0,00%</b>	<b>2,03</b>
<b>RCD: Naturaleza pétrea</b>					
1. Arena Grava y otros áridos	16,91%	0,73	1,50	0,00%	0,49
2. Hormigón	0,00%	0,00	2,50	0,00%	0,00
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	0,00%	0,00	1,50	0,00%	0,00
4. Piedra	0,00%	0,00	1,50	0,00%	0,00
<b>Subtotal estimación</b>	<b>16,91%</b>	<b>0,73</b>	<b>1,75</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,49</b>
<b>RCD: Basuras, Potencialmente peligrosos y otros</b>					
1. Basuras	29,13%	1,26	0,90	0,00%	1,40
2. Potencialmente peligrosos y otros	16,78%	0,72	0,50	0,00%	1,45
<b>Subtotal estimación</b>	<b>45,91%</b>	<b>1,98</b>	<b>0,70</b>	<b>0,00%</b>	<b>2,84</b>
<b>TOTAL, estimación cantidad RCDs</b>	<b>100,00%</b>	<b>4,31</b>	<b>1,25</b>	<b>0,00%</b>	<b>5,35</b>

### 3. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN CORRECTA DE LOS RESIDUOS

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE GESTIÓN DE LOS RCDs										
G	Vr	Vt	Vc	N	P	Cc	Ts	Tt	C	
Tipo	Vol Recic	Vol Neto	Vol Cont	Num Cont	Precio Cont	Cont Gratis	Tasa	Ton netas RCDs	Canon de Vertido	Importe TOTAL

RCD: Tierras y pétreos procedentes de excavación										
1.Tierras de excavación	Vert. Fracci onado	2560 m <sup>3</sup>	640,0 0 m <sup>3</sup>	Camión 10T max.10Km	80,00 Uds	44,64 €/Ud	-	NO	800T	6,12 € 4.896 € 90,92%

RCD: Naturaleza no pétreo										
1. Asfalto	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	Contenedo r 7,0m3	0,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	15,92 € 0,00 €
2. Madera	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	1,43 m <sup>3</sup>	Contenedo r 30 m3	1,00 Uds	97,50 €/Ud	SI	NO	0,86 T	5,20 € 4,47 €
3. Metales	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,35 m <sup>3</sup>	Contenedo r 7,0m3	1,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	0,52 T	3,35 € 65,24 €
4. Papel	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,25 m <sup>3</sup>	Contenedo r 30 m3	1,00 Uds	97,50 €/Ud	SI	NO	0,22 T	4,09 € 0,90 €
5. Plástico	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	Contenedo r 30 m3	0,00 Uds	97,50 €/Ud	SI	NO	0,00 T	4,03 € 0,00 €
6. Vidrio	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	Contenedo r 20 m3	0,00 Uds	87,70 €/Ud	SI	NO	0,00 T	2,97 € 0,00 €
7. Yeso	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	Contenedo r 7,0m3	0,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	8,13 € 0,00 €
<b>Subtotal estimación</b>			<b>2,03 m<sup>3</sup></b>						<b>1,60 T</b>	<b>70,61 €</b> 1,31%

RCD: Naturaleza no pétreo										
1. Arena Grava y otros áridos	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,49 m <sup>3</sup>	Contenedo r 7,0m3	1,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	0,73 T	8,13 € 69,41 €
2. Hormigón	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	Contenedo r 7,0m3	0,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	3,50 € 0,00 €
3. Ladrillos, azulejos y cerámicos	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	Contenedo r 7,0m3	0,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	5,20 € 0,00 €
4. Piedra	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	Contenedo r 7,0m3	0,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	0,00 T	9,06 € 0,00 €
<b>Subtotal estimación</b>			<b>0,49 m<sup>3</sup></b>						<b>0,73 T</b>	<b>69,41 €</b> 1,29%

RCD: Naturaleza no pétreo										
1. Basuras	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	1,40 m <sup>3</sup>	Contenedo r 7,0m3	1,00 Uds	63,49 €/Ud	NO	NO	1,26 T	9,10 € 74,92 €
2. Potencialmente peligrosos y otros	Vert. Fracci onado	0,00 m <sup>3</sup>	1,45 m <sup>3</sup>	Bidones 0,3 m3	2,00 Uds	120,82 €/Ud	-	NO	0,72 T	17,54 € 254,32 €
				Contenedo r 1,5 m3	0,56 Uds	31,73 €/Ud	-	NO		
<b>Subtotal estimación</b>			<b>2,84 m<sup>3</sup></b>						<b>1,98 T</b>	<b>347,14 €</b> 6,45%

<b>TOTAL, COSTE TRANSPORTE + VERTIDO</b>						<b>5.383,16 €</b>	<b>99,97%</b>
<b>Medios Auxiliares y Gastos Administrativos de la Gestión</b>							
			<b>Coste</b>	<b>% Estimado</b>	<b>Total</b>	<b>1,61 €</b>	<b>0,03%</b>
Medios Auxiliares en obra (sin tierras de excavación)	NO	RDCs Mezclado	0,00 m <sup>3</sup>	1,30 €	100,0 0%	0,00 €	
	NO	RDCs Fraccionad	5,35 m <sup>3</sup>	2,10 €	100,0 0%	0,00 €	
Gastos de Tramitaciones	SI	RCDs Gestiona	5,35 m <sup>3</sup>	0,30 €	100,0 0%	1,61 €	
<b>ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE LOS RCDs</b>						<b>5.384,77 €</b>	

Las empresas de Gestión y tratamiento de residuos estarán en todo caso autorizadas por la Comunidad Autónoma de Aragón para la gestión de residuos no peligrosos.

Terminología:

RCD: Residuos de la Construcción y la Demolición

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

RNP: Residuos NO peligrosos

RP: Residuos peligrosos

## **El ingeniero técnico agrónomo**

Fdo. Pablo Gil Ezquerra

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

- Redondo Rivera, Ó. (s.f.). *Cálculo RCDs V01* [Archivo de Excel]. Weebly.  
[https://oscarredondorivera.weebly.com/uploads/3/9/3/4/39345279/calculo\\_rcds\\_v01.xls](https://oscarredondorivera.weebly.com/uploads/3/9/3/4/39345279/calculo_rcds_v01.xls)
- Masa Masa, T. (2017). *Proyecto de puesta en riego por goteo de 7,31 ha para plantación de tomates en finca situada en el paraje “El Carrascal” polígono 31 parcela 120 en el T.M. de Miajadas (Cáceres)*. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Extremadura.



## Planos

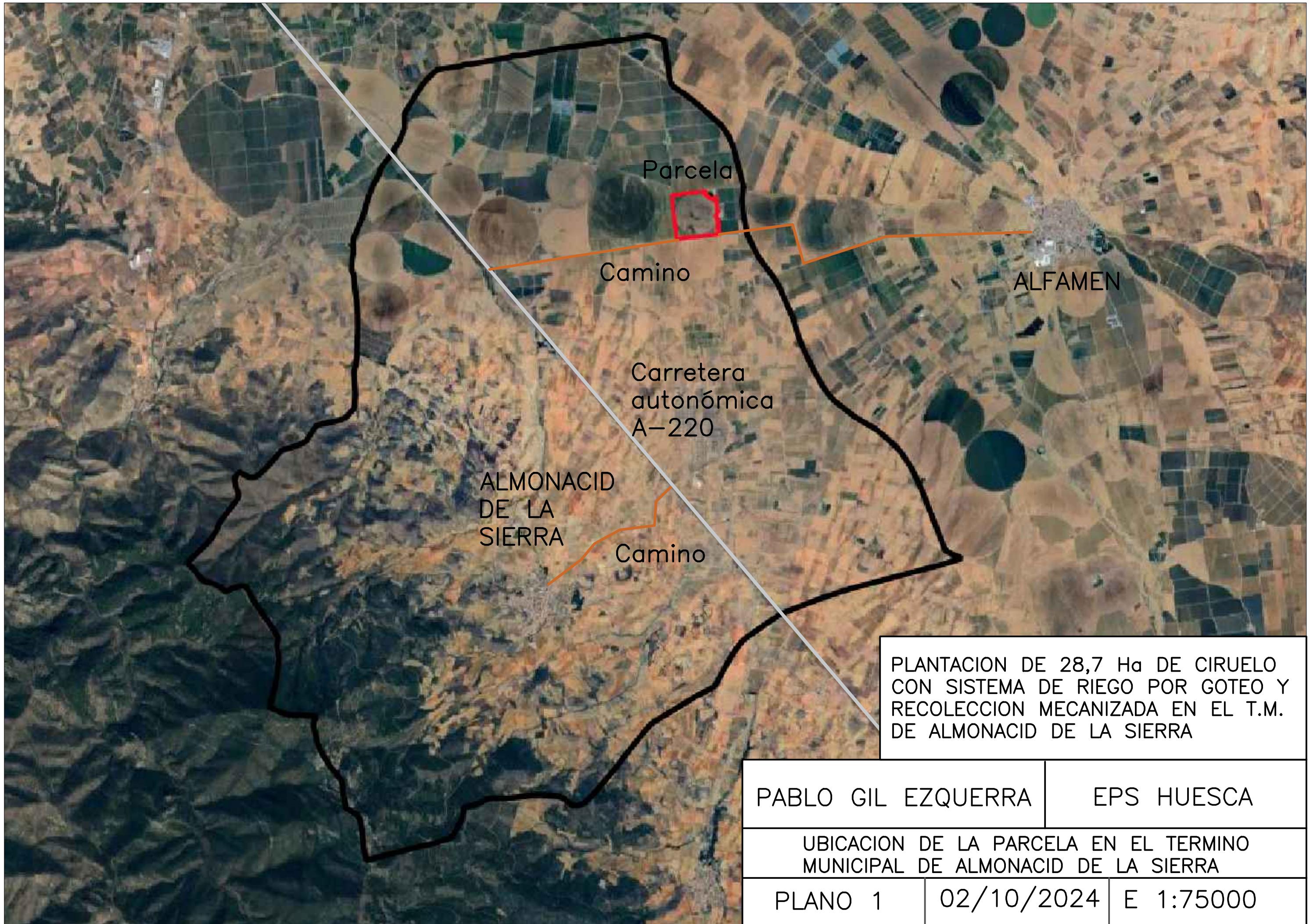
Diseño de una plantación de 28,7 ha. de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza)

Autor

Pablo Gil Ezquerra

## **RELACIÓN DE PLANOS**

- Plano 1: Ubicación de la parcela en el término municipal de Almonacid de la Sierra
- Plano 2: Vista de satélite, perímetro, referencias catastrales y superficie de la parcela
- Plano 3: Plano topográfico, curvas de nivel en metros
- Plano 4: Líneas de plantación, marco 3,5 x 1,2
- Plano 5: Diferenciación de sectores de riego definiendo superficie (A) y caudal (Q)
- Plano 6: Representación de los diámetros de tubo utilizados en la instalación del riego
- Plano 7: Diseño del cabezal de riego y los elementos que lo conforman





POLIGONO 2  
PARCELA 11  
RECINTO 34  
SUPERFICIE 28,7 HECTAREAS

PLANTACION DE 28,7 Ha DE CIRUELO  
CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y  
RECOLECCION MECANIZADA EN EL T.M.  
DE ALMONACID DE LA SIERRA

PABLO GIL EZQUERRA

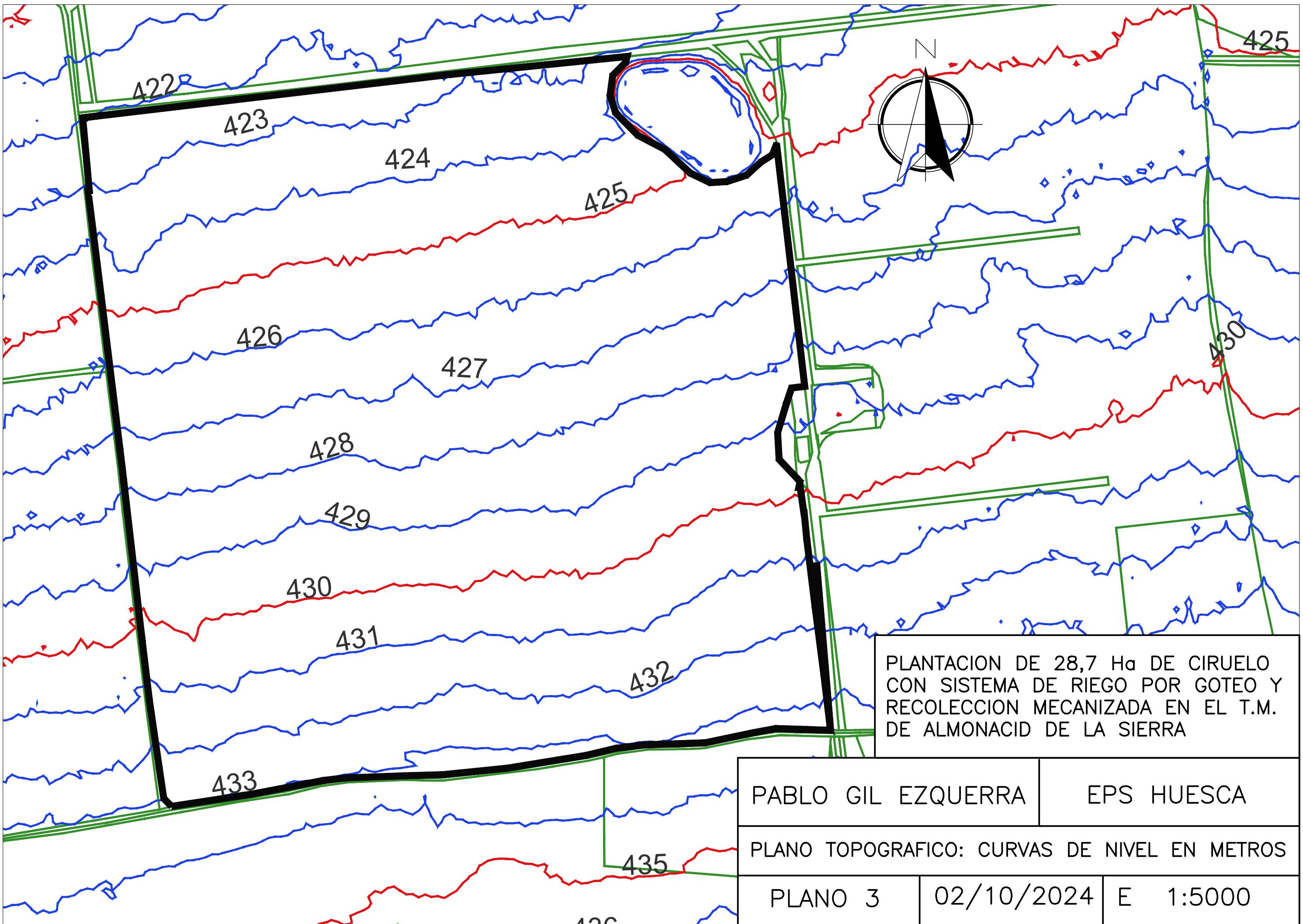
EPS HUESCA

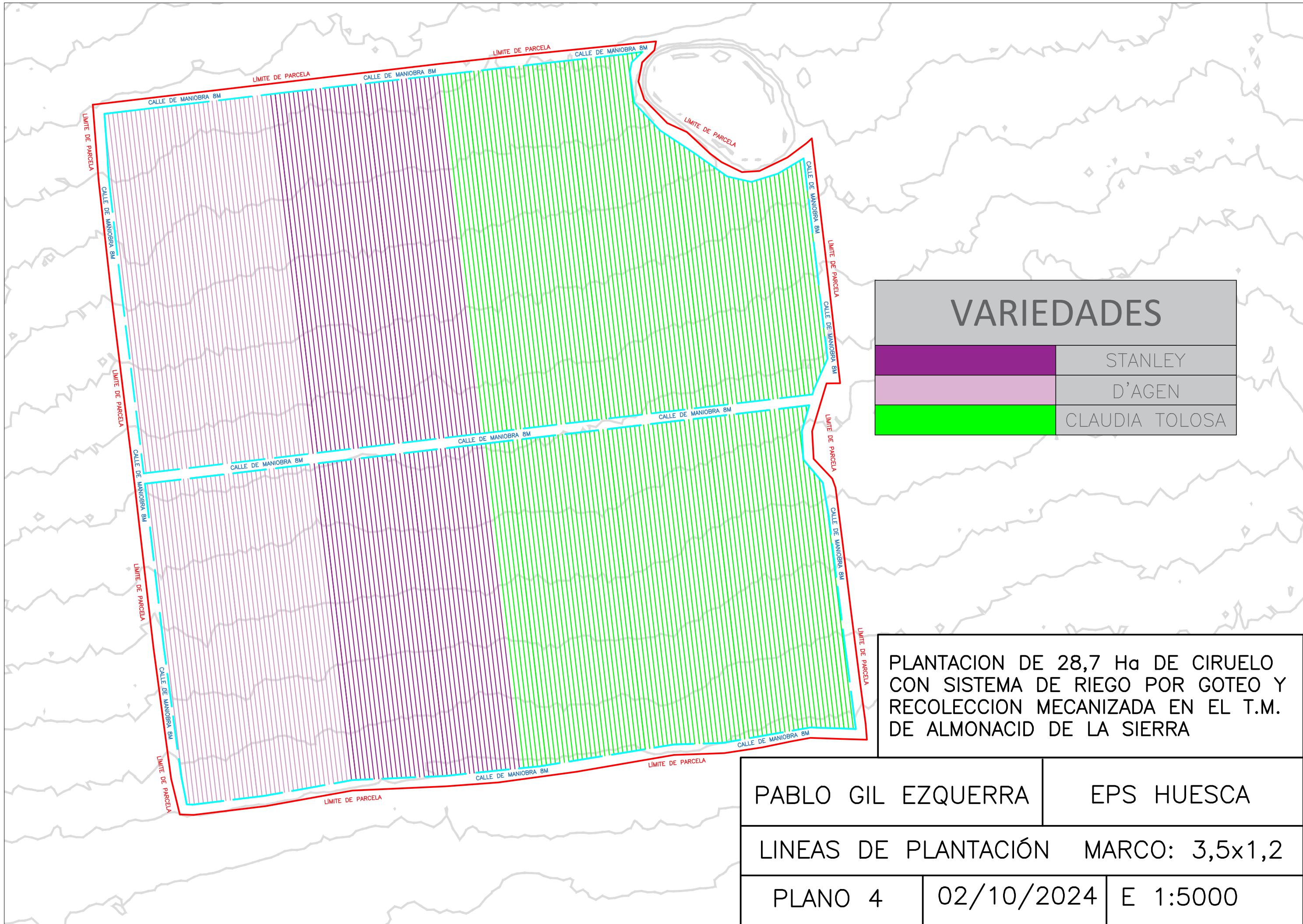
VISTA DE SATELITE, PERIMETRO, REFERENCIAS  
CATASTRALES Y SUPERFICIE DE LA PARCELA

PLANO 2

02/10/2024

E 1:5000







## SECTORES

SECTOR 1
SECTOR 2
SECTOR 3
SECTOR 4

PLANTACION DE 28,7 Ha DE CIRUELO  
CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y  
RECOLECCION MECANIZADA EN EL T.M.  
DE ALMONACID DE LA SIERRA

PABLO GIL EZQUERRA

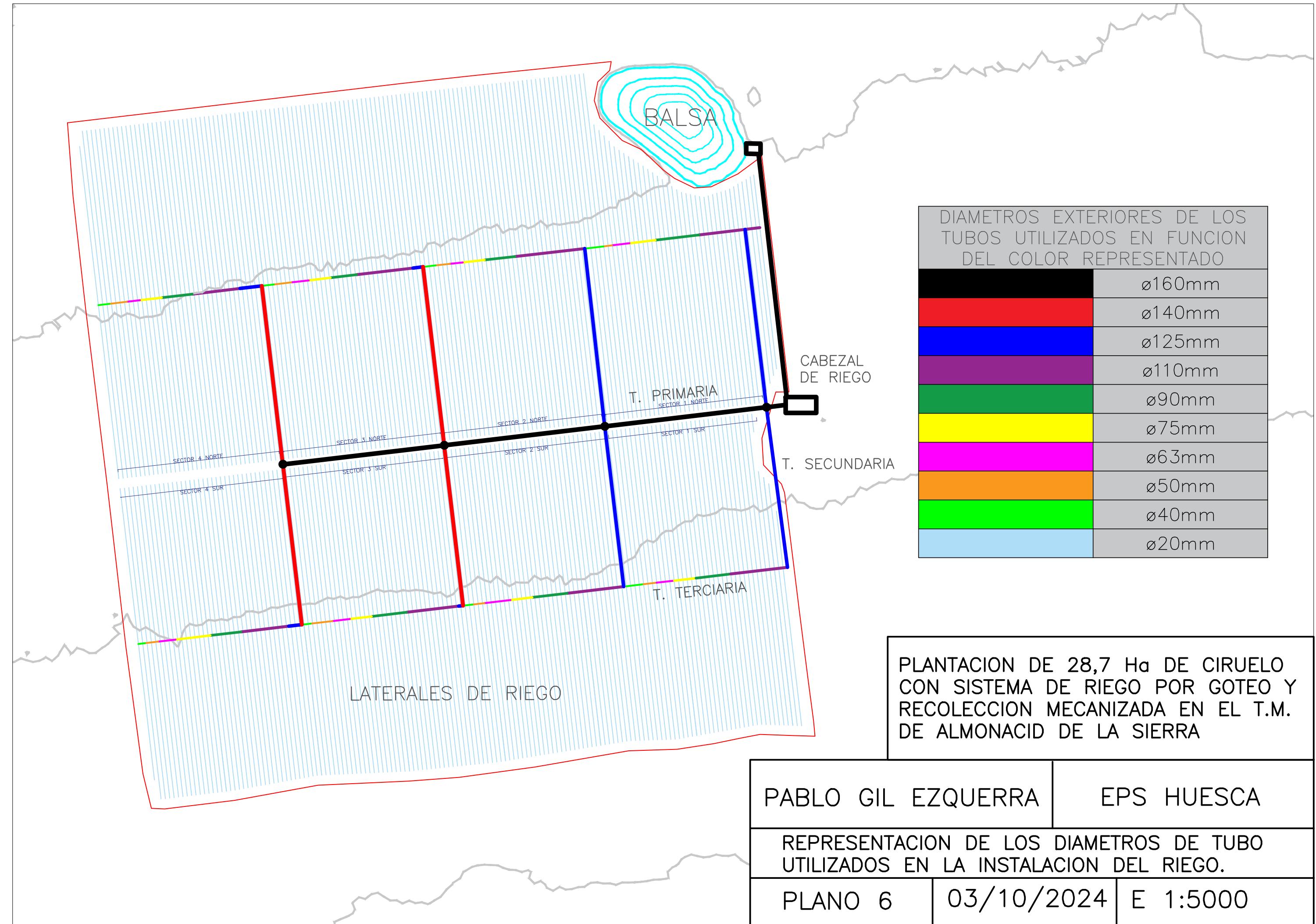
EPS HUESCA

DIFERENCIACION DE SECTORES DE RIEGO DEFINIENDO  
SUPERFICIE (A) Y CAUDAL DE RIEGO (Q)

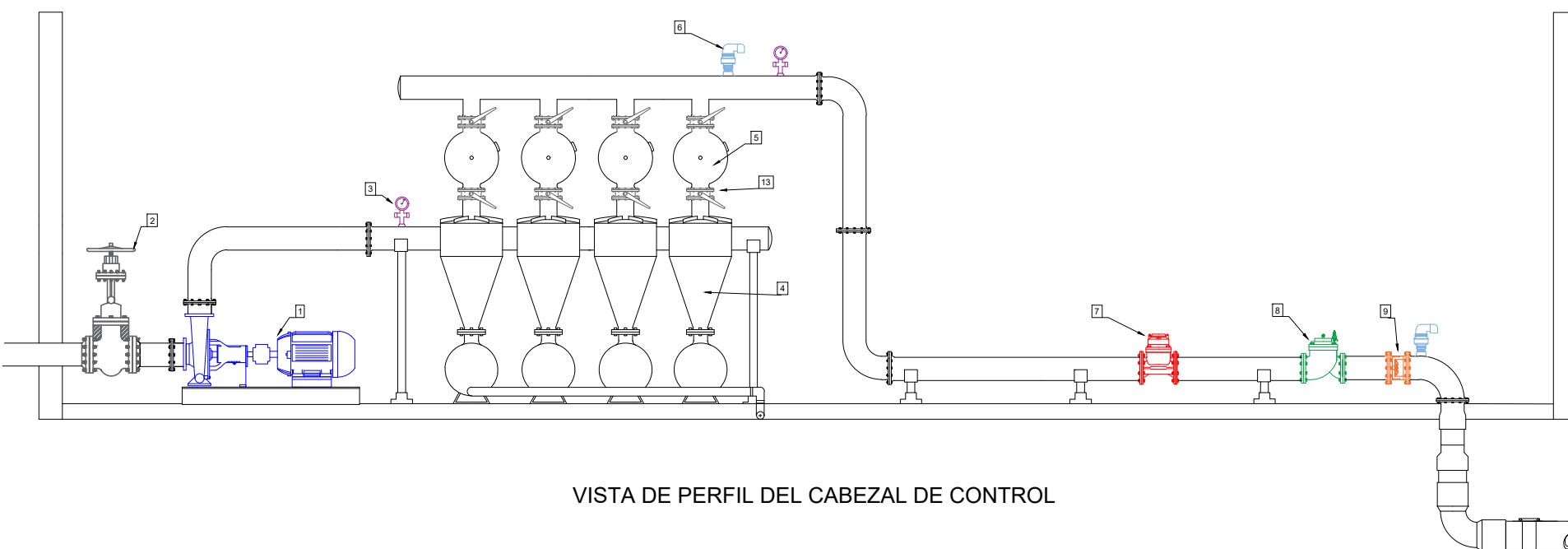
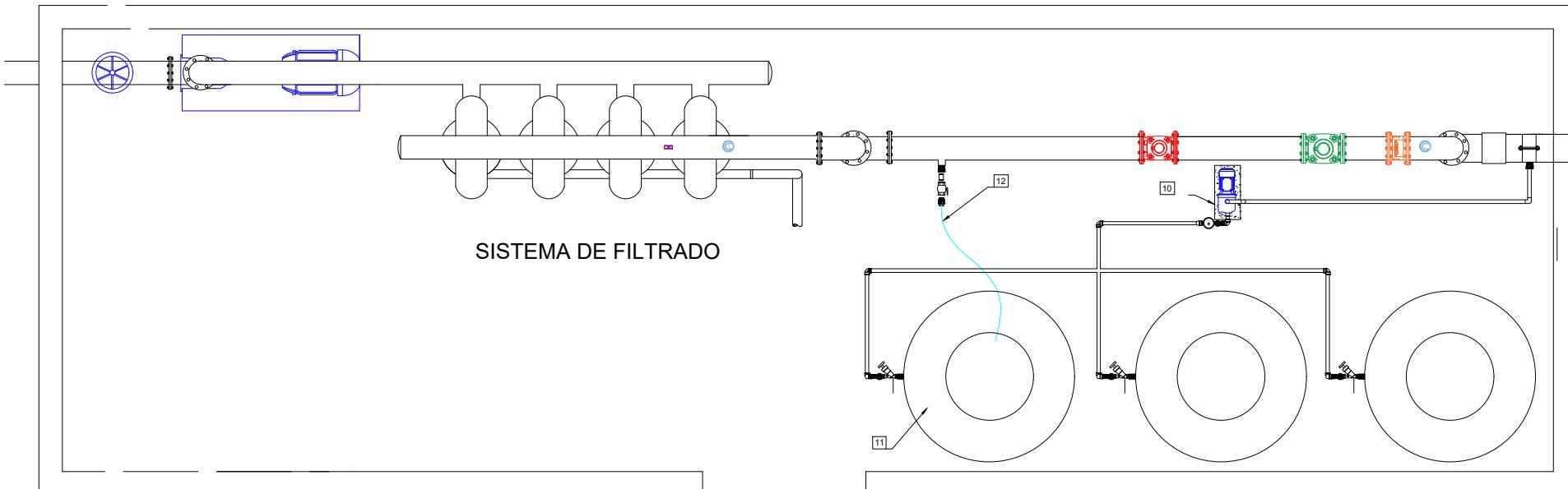
PLANO 5

03/10/2024

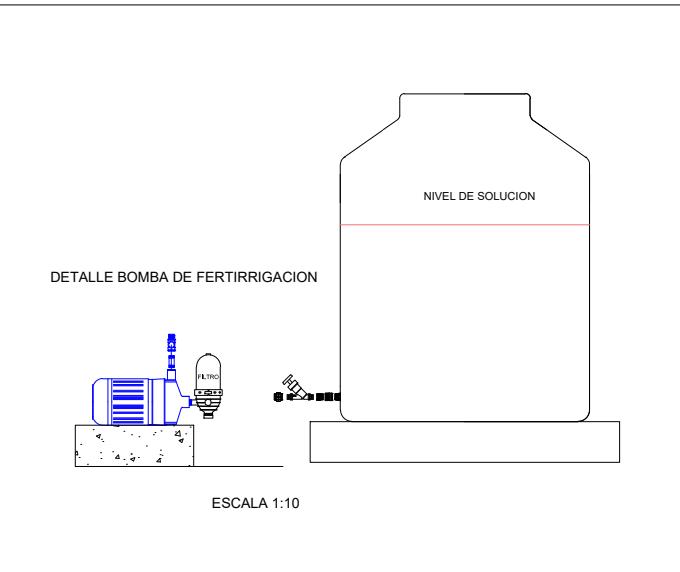
E 1:5000



VISTA DE PLANTA DEL CABEZAL DE CONTROL



VISTA DE PERFIL DEL CABEZAL DE CONTROL



ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN:

1. BOMBA DE IMPULSION
2. VÁLVULA DE CORTE MANUAL DE COMPUERTA
3. MANÓMETRO
4. FILTRO HIDROCLÓN
5. FILTRO DE ANILLOS
6. VÁLVULA DE AIRE DOBLE EFECTO
7. CAUDALÍMETRO
8. VÁLVULA SOSTENEDORA DE PRESIÓN
9. VÁLVULA ANTIRRETORNO
10. BOMBA INYECTORA DE FERTIRRIGACIÓN
11. DEPÓSITO DE MEZCLA DE ABONOS
12. MANGUERA DE LLENADO DE DEPÓSITOS
13. VÁLVULAS DE MARIPOSA

PLANTACION DE 28,7 Ha DE CIRUELO  
CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y  
RECOLECCION MECANIZADA EN EL T.M.  
DE ALMONACID DE LA SIERRA

PABLO GIL EZQUERRA

EPS HUESCA

DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO Y LOS ELEMENTOS  
QUE LO CONFORMAN.

PLANO 7

09/10/2024

E 1:20



## Pliego de condiciones

Diseño de una plantación de 28,7 ha. de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza)

Autor

Pablo Gil Ezquerra

## CAPÍTULO I: DISPOSICIONES GENERALES

### **Artículo 1. Obras objeto del presente proyecto.**

Se considerarán sujetas a las condiciones de este Pliego, todas las obras cuyas características, planos y presupuestos, se adjuntan en las partes correspondientes del presente proyecto, así como todas las obras necesarias para dejar completamente terminada la instalación de la red de riego por goteo y la plantación con arreglo a los planos y documentos adjuntos. Se entiende por obras accesorias, aquellas que, por su naturaleza, no pueden ser previstas en todos sus detalles, sino a medida que avanza la ejecución de los trabajos. Las obras accesorias, se construirán a medida que se vaya conociendo su necesidad. Cuando su importancia lo exija se construirán en base a los proyectos adicionales que se redacten. En los casos de menor importancia se llevarán a cabo conforme a la propuesta que formule el Director de la Obra.

### **Artículo 2. Obras accesorias no especificadas en el Pliego.**

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obras o instalaciones que no se encuentren descritas dentro de este Pliego de Condiciones, el Adjudicatario estará obligado a realizarlas con estricta sujeción a las órdenes que, al efecto, reciba del Director de Obra y, en cualquier caso, con arreglo a las reglas del buen arte constructivo.

El Director de Obra tendrá plenas atribuciones para sancionar la idoneidad de los sistemas empleados, los cuales estarán expuestos para su aprobación de forma que, a su juicio, las obras o instalaciones que resulten defectuosas total o parcialmente deberán ser demolidas, desmontadas o recibidas en su totalidad o en parte, sin que ello de derecho a ningún tipo de reclamación por parte del Adjudicatario.

### **Artículo 3. Documentos que definen las obras.**

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entregue al Contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo. Son documentos contractuales los Planos, Pliego de Condiciones, Cuadros de Precios y Presupuestos Parcial y Total, que se incluyen en el presente Proyecto.

Los datos incluidos en la Memoria y Anejos, así como la justificación de precios tienen carácter meramente informativo. Cualquier cambio en el planteamiento de la Obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica para que lo apruebe, y si procede, redacte el oportuno proyecto.

### **Artículo 4. Compatibilidad y relación entre los documentos.**

En caso de contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último documento. Lo mencionado en los planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

### **Artículo 5. Director de la obra.**

La propiedad nombrará en su representación a un Ingeniero Agrónomo o Ingeniero Técnico Agrícola, Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, en quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente Proyecto. El Contratista proporcionará toda clase de facilidades para que el Director, o sus subalternos, puedan llevar a

cabo su trabajo con el máximo de eficacia. No será responsable ante la propiedad de la tardanza de los Organismos competentes en la tramitación del Proyecto. La tramitación es ajena al Director, quien una vez conseguidos todos los permisos, dará orden de comenzar la obra.

## **CAPÍTULO II. CONDICIONES DE LAS PLANTAS**

### **Epígrafe I. Condiciones generales**

#### **Artículo 6. Suministro de plantas a la obra.**

El suministro de plantas a la obra está sujeto a prescripciones que se refieren a las siguientes operaciones y conceptos y se definen en los apartados que siguen:

- Especificidad del material vegetal.
- Sanidad vegetal.
- Material vegetal autóctono.
- Dimensionado del material vegetal.

#### **Artículo 7. Especificidad del material vegetal.**

Se entiende por “especificidad del material vegetal” la identidad existente en género, especie y variedad entre las plantas definidas en proyecto y las introducidas en la Obra.

#### **Artículo 8. Condiciones de los materiales.**

Toda especie y/o variedad vegetal deberá corresponderse con la definida en proyecto. Ante cualquier indefinición o duda referente a la especie será de aplicación el criterio establecido en la obra “Flora Ibérica” (Castroviejo, S. et al. 1986-1997. Flora Ibérica. Tomos I, II, III, IV, V y VIII. CSIC.) o en “Flora Europea” (Tutin, T.G. et al. 1964- 1980. Flora Europea. 5 vol. Cambridge University Press), o en su defecto, el dictamen de un centro oficial designado por el Director de la Obra.

Las plantas serán en general bien conformadas, de desarrollo normal, sin que presenten síntomas de raquitismo o retraso. No presentarán heridas en el tronco o ramas y el sistema radical será completo y proporcionado al porte. Las raíces de las plantas de cepellón o raíz desnuda presentarán cortes limpios y recientes, sin desgarrones ni heridas.

Las plantas suministradas poseerán un sistema radical en el que se hayan desarrollado las radicelas suficientes para establecer prontamente un equilibrio con la parte aérea.

Se deben corresponder el porte y desarrollo con la edad de las plantas. La edad de las plantas será la mínima necesaria para poder realizar la plantación, no admitiéndose aquellos ejemplares que, aun cumpliendo la condición de porte, sobrepasen en años la edad necesaria para alcanzarla. La planta estará bien conformada y su desarrollo estará en consonancia con la altura. Los fustes serán derechos y no presentarán torceduras ni abultamientos anormales o antiestéticos.

En todas las plantas habrá equilibrio entre la parte aérea y su sistema radical. Este último estará perfectamente constituido y desarrollado en razón a la edad del ejemplar, presentando de manera sostenible las características de haber sido replicado en vivero.

### **Artículo 9. Control de calidad.**

Recepción: Todo material vegetal introducido en obra deberá estar etiquetado con indicación de género, especie, autor y variedad. El material de las etiquetas deberá ser biodegradable. Identidad del material vegetal: cuando el Director lo estime oportuno se procederá a un muestreo para la identificación de las especies y variedades suministradas. En caso de duda el Director designará el centro oficial de referencia.

Criterios de aceptación y rechazo: serán rechazadas las plantas:

- Que en cualquiera de sus órganos o en su madera sufran o puedan ser portadoras de plagas o enfermedades.
- Que hayan sido cultivadas sin espaciamiento suficiente.
- Que hayan tenido crecimientos desproporcionados, por haber sido sometidas a tratamientos especiales o por otras causas.
- Que lleven en el cepellón plántulas de malas hierbas.
- Que durante el arranque o el transporte hayan sufrido daños que afecten a estas especificaciones.
- Que no vengan protegidas por el oportuno embalaje.

Independientemente del momento en el que se detectara y verificara la falta de identidad entre una especie introducida en obra respecto a la definida en proyecto, ésta será objeto de rechazo.

En cualquier caso, la aceptación de la Unidad de Obra bajo el supuesto de incumplimiento de condiciones de muestreo quedará condicionada a su viabilidad futura, a evidenciar en el período de garantía de las obras.

### **Artículo 10. Sanidad vegetal.**

Se entiende por "Sanidad Vegetal" la ausencia de daños y alteraciones en la planta producidos por parásitos vegetales y animales, enfermedades y afecciones no parasitarias.

### **Artículo 11. Condiciones de los materiales.**

Documentación exigible. Todas las especies objeto de plantación serán originarias o procedentes de empresas o viveros inscritos en el Registro Oficial de Productores de Plantas de Vivero.

Además, se exigirá su inscripción en el Registro de Comerciantes, Productores e Importadores y en su circulación por el territorio serán portadores de Pasaporte Fitosanitario.

### **Artículo 12. Sintomatología.**

En las diferentes partes de las plantas no podrán observarse los siguientes síntomas:

- Raíces: nódulos, tumores, pudrimientos, necrosis, esclerosis.

-Tallos: chancros, pudrimientos, malformaciones, tumores, necrosis, galerías, alteraciones de pigmentación.

-Hojas: manchas, decoloraciones, malformaciones, agallas, marchitez, galerías, picaduras de insectos.

Ante cualquier síntoma que haga sospechar la existencia de patología o presencia de organismos nocivos, el Director adoptará las medidas oportunas para su diagnóstico.

La planta debe presentar una relación proporcionada entre el tamaño de su parte aérea, el diámetro de cuellos de la raíz, el tamaño y densidad de las raíces, y la edad de la planta, teniendo en cuenta que posteriormente habrá que realizar el injerto en la misma.

La forma de la planta se debe ajustar a la normal de cada especie. De igual manera el color del follaje, así como la estructura del ramaje y su significación deben ser normales.

La forma y aspecto del sistema radicular será normal y no presentará raíces excesivamente espirilizadas o amputadas, para lo cual se empleará el envase adecuado. Las raíces y las tierras y sustratos unidos a la planta deberán estar exentos de nemátodos fitoparásitos.

A la recepción de la planta se podrá tomar muestra (tamaño de muestra definido por Director) de raíces y/o sustratos para su remisión al Centro Oficial de Sustratos para su remisión al Centro

Oficial de Análisis y se procederá a verificar la ausencia de nemátodos fitoparasitarios conforme a la metodología descrita en el "Manual de Laboratorio. Diagnóstico de Hongos, Bacterias y Nemátodos Fitopatógenos" del "Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación". La Dirección Ambiental de Obra podrá ordenar controles complementarios atendiendo a los Avisos fitosanitarios emitidos por Organismos Oficiales en condiciones climáticas singulares.

### **Artículo 13. Material vegetal autóctono.**

#### **DEFINICIÓN**

A efectos del presente proyecto se entiende por “material vegetal autóctono” a aquellas especies o variedades que se hallen en la zona bien por tratarse de plantas pertenecientes a los ecosistemas locales, bien por tratarse de especies cultivadas habitualmente en dicho punto.

#### **CONDICIONES DE LOS MATERIALES**

Procedencia.

Las especies vegetales autóctonas procederán de viveros cuyas condiciones climáticas, fisiográficas, edáficas, etc. hagan prever una adaptación correcta a la localización en que se realizará la plantación definitiva.

Especies objeto de revegetación “autóctona”.

Las especies objeto de revegetación autóctona son las definidas en el epígrafe Definición.

Especies no identificadas como autóctonas.

Se admitirá la plantación de especies no identificadas como autóctonas únicamente bajo autorización explícita y debidamente documentada del Director, atendiendo a criterios de ubicación.

## CONTROL DE CALIDAD

Serán objeto de seguimiento e inspección todas aquellas actividades destinadas a conseguir propágulos con categoría de autóctonas. Cualquiera de las actividades seguidamente indicadas será notificada a la Dirección de Obra con la suficiente antelación para posibilitar su correcta inspección:

- Recolección
- Almacenamiento
- Proceso de germinación
- Formación de plántula
- Formación de lotes
- Criterios de aceptación y rechazo

Será objeto de aplicación lo expuesto en los apartados Dimensionado del Material Vegetal y Sanidad Vegetal.

### **Artículo 14. Dimensionado del material vegetal.**

Se entiende por "dimensionado del material vegetal" la información que incluye tanto el proceso de producción de la planta como el dimensionado de los parámetros que definen sus condiciones de suministro a obra.

### **Artículo 15. Proceso de producción.**

Para todo tipo de planta (a raíz desnuda, en cepellón o en contenedor), las condiciones climáticas, régimen térmico e higrométrico del vivero de procedencia deberán ser similares o en su caso más rigurosas que las de la zona objeto de la plantación.

### **Artículo 16. Condiciones de recepción.**

La planta en contenedor sólo se podrá admitir cuando así lo especifique el Proyecto y en cualquier caso pasará el último año de producción en contenedor sujeto a lo especificado en el párrafo anterior.

### **Artículo 17. Planta en raíz desnuda.**

Se verificará, en el momento de su suministro, la existencia de una abundante masa de raíces secundarias que aseguren su supervivencia. El tiempo desde su arranque en vivero hasta su entrega en obra (vivero o corte) no ha de exceder las 48 horas y sus raíces vendrán debidamente protegidas contra el estrés hídrico (sacos humectados, etc.).

### **Artículo 18. Planta en cepellón.**

Se verificará, en el momento de su suministro, la inexistencia de raíces secundarias que traspasan el cepellón. Se comprobará que el perímetro, medido a un metro del cuello de raíz, las alturas máximas/mínimas y el dimensionado del cepellón se encuentra dentro de los intervalos definidos en el Proyecto. En ningún caso se admitirá planta en bolsa. El tiempo desde su arranque en vivero a su entrega en obra (vivero o corte) no ha de exceder las 48 horas. No

se admitirán riegos antes del arranque, como mínimo en un periodo de dos meses, sin orden expresa de la Dirección Ambiental de Obra.

### **Artículo 19. Planta en contenedor.**

Se verificará, en el momento de su suministro, la existencia de raíces secundarias en las caras internas del contenedor. No se admitirán plantas con raíces espiralizadas. Se comprobará que el perímetro medido a un metro del cuello de raíz, las alturas máximas/mínimas, el dimensionado de los contenedores y el estado de ramificación se encuentra dentro de los intervalos definidos en el Proyecto. El tiempo desde su arranque en vivero hasta su entrega en obra (vivero o corte) no ha de exceder las 48 horas.

### **Artículo 20. Documentación adjunta al suministro.**

Las plantas se suministrarán etiquetadas por lotes, entendiéndose éstos como los conjuntos de plantas definidos en origen por la Dirección de Obra a partir de la similitud en los siguientes parámetros: especie, variedad, edad, proceso de producción y zona de cultivo en vivero.

En cada lote se definirán, como mínimo, los siguientes parámetros:

- Especie
- Variedad
- Tamaño
- Edad
- Procedencia del propágulo
- Número de repicados
- Fecha del último repicado
- Número de plantas
- Nombre del vivero y nombre de registro en el organismo de control

### **Artículo 21. Control de calidad.**

Control de calidad a la recepción.

A la recepción se verificará el dimensionado de la planta (tamaño de muestra definido por la Dirección de Obra). Todo esto quedará reflejado en la correspondiente ficha de Seguimiento y Recepción del Material Vegetal.

Criterio de aceptación y rechazo.

Se aceptará el lote de plantas si todas las muestras cumplen las condiciones establecidas en el epígrafe Condiciones de los materiales. En caso de que algunas muestras incumplan las condiciones definidas en el presente Artículo, quedará a criterio de la Dirección de Obra el rechazo del lote, sin que en ningún caso las plantas ni las operaciones necesarias para su correcta y total restitución sean objeto de abono.

**Artículo 22. Medición y abono.**

Se medirá y abonará por unidades de planta según queden definidas en el proyecto. El precio de la planta incluye el suministro, transporte y descarga a pie de obra, así como cuantas operaciones se deriven de su conservación en obra hasta su definitiva plantación.

No serán objeto de abono ninguna de las operaciones, materiales o actividades realizadas en Vivero de Obra sobre las plantas, cualquiera que sea su procedencia. El rechazo de una planta debido a su falta de identidad con la definida en proyecto comportará la pérdida de los derechos de abono de ésta, así como de cuantos materiales y operaciones hayan sido consumidos y ejecutados hasta el momento de su rechazo y sean necesarios para su retirada de obra.

**Artículo 23. Ejecución de las plantaciones.**

Se entiende por Unidad de Obra "de ejecución de plantaciones", el conjunto de operaciones necesarias para el correcto establecimiento y el enraizamiento en el lugar definido en el proyecto de las especies objeto de revegetación procedentes de vivero.

No se podrá iniciar la plantación, sin la previa aprobación por la Dirección de Obra, del replanteo y de la concreta ubicación de cada especie.

**Epígrafe II. Condiciones generales y del proceso de ejecución****Artículo 24. Planta en raíz desnuda.**

El dimensionado del hoyo de plantación se definirá en el Proyecto o, en su defecto, quedará a criterio de la Dirección de Obra de acuerdo con la especie y las dimensiones de la misma.

En la ejecución de la plantación se mantendrá la posición original de la raíz y se prestará especial atención a la raíz principal. En todo momento, la profundidad de enterrado de cuello será análoga a la de su situación en vivero. Cualquier enmienda orgánica o mineral se encontrará definida en el Proyecto o, en su defecto, quedará a criterio de la Dirección de Obra.

**Artículo 25. Planta con cepellón.**

Si no viniese especificado en el Proyecto, el dimensionado del hoyo de plantación será como mínimo 10 cm superior a las superficies externas del cepellón. Al realizar la plantación se mantendrá la posición originaria de la planta en vivero. Una vez situada en el correspondiente agujero, se procederá a la rotura y retirada de todos los componentes que forman el cepellón (escayola, tela metálica, sacos, etc.). Cualquier enmienda orgánica o mineral se encontrará definida en el Proyecto o, en su defecto, quedará a criterio de la Dirección de Obra.

**Artículo 26. Planta en contenedor.**

Si no viniese especificado en el Proyecto, para los contenedores cuyo diámetro sea inferior a 20 cm, el hoyo de plantación deberá poseer un diámetro de como mínimo el doble del diámetro nominal del contenedor y una profundidad que supere la del contenedor en, como mínimo, 10 cm.

Para los contenedores cuyo diámetro sea superior a 20 cm, el dimensionado del hoyo de plantación será, como mínimo, 10 cm superior a las superficies externas de la mota. Al realizar la plantación se mantendrá la posición originaria de la planta de vivero. Cualquier enmienda

orgánica o mineral habrá de estar definida en el Proyecto o, en su defecto, quedará a criterio de la Dirección de Obra.

### **Artículo 27. Período de plantaciones.**

El período de plantación para cada especie y/o presentación de planta quedará definido en el Proyecto. El Director de Obra, atendiendo a las condiciones climáticas de la zona, podrá modificar este intervalo. Este período debe coincidir con el reposo vegetativo, pero evitando los días de heladas fuertes.

### **Artículo 28. Precauciones de las plantaciones.**

Cuando lleguen las plantas se cuidará de que no se sequen las raíces y se tomarán las máximas precauciones para evitar magulladuras, roturas u otros daños físicos a las raíces, tallos o ramas de las plantas. Las plantas dañadas serán retiradas y repuestas.

Cuando la plantación no pueda efectuarse inmediatamente después de recibir las plantas, hay que proceder a depositarlas. El depósito sólo afecta a las plantas que se reciban a raíz desnuda o en cepellón cubierto con envoltura porosa (paja, maceta de barro, yeso, etc.). No es necesario en cambio cuando se reciban en cepellón cubierto de material impermeable (maceta de plástico, lata, etc.). La operación de depósito consistirá en colocar las plantas en una zanja u hoyo, y en cubrir las raíces con una capa de tierra de diez centímetros al menos, distribuida de modo que no se queden intersticios en su interior, para protegerlas de la desecación o de las heladas hasta el momento de su plantación definitiva. Excepcionalmente, y sólo cuando no sea posible tomar precauciones antes señaladas, se recurrirá a colocar las plantas en un lugar cubierto, tapando las raíces con un material como hojas, tela, papel, etc., que las aíslle de alguna manera del contacto con el aire.

No se apilarán en ningún caso unas plantas sobre otras, o tan apretadamente que puedan resultar dañadas por la compresión o el calor.

No deben realizarse plantaciones en época de heladas. Si las plantas se reciben en obra en una de esas épocas deberán depositarse hasta que cesen las heladas. Si las plantas han sufrido durante el transporte temperaturas inferiores a 0°C no deben plantarse (ni siquiera desembalarse), y se colocarán así embaladas en un lugar bajo cubierta, donde puedan deshelarse lentamente. Si presentan síntomas de desecación, se introducirán en un recipiente con agua o con una mezcla de tierra y agua, durante unos días, hasta que los síntomas desaparezcan, o bien se depositarán en una zanja, cubriendo con tierra húmeda la totalidad de la planta (no sólo las raíces). Siempre se tendrá en cuenta el efecto de drenaje producido por la capa del suelo que rellena la parte más inferior del hoyo de plantación. Si se considera que el efecto de drenaje producido por esta capa no es suficiente, por estar formada por elementos muy finos, se colocará una capa filtrante de grava en el fondo de los hoyos.

Antes de “presentar” la planta, se echará en el hoyo la cantidad precisa de tierra para que el cuello de la raíz quede luego a nivel del suelo o ligeramente más bajo.

Sobre este particular, que depende de la condición del suelo y de los cuidados que puedan proporcionarse después, se seguirán las indicaciones de la Dirección de Obra, y se tendrá en cuenta el asiento posterior del aporte de tierra, que puede establecerse como término medio, alrededor del quince por cien.

En la orientación de las plantas se seguirán las normas que a continuación se indican: Los ejemplares de gran tamaño se colocarán con la misma que tuvieron en origen.

En las plantaciones aisladas, la parte menos frondosa se orientará hacia el sudeste para favorecer el crecimiento del ramaje al recibir el máximo de luminosidad.

Las plantaciones continuas (pantallas, cerramientos) se harán de modo que la cara menos vestida sea la más próxima al exterior.

#### **Artículo 29. Condiciones de las instalaciones.**

Toda planta ya sea en raíz desnuda, cepellón o contenedor de la que, en el momento de su recepción, no se prevea su plantación en un plazo máximo de 12 horas deberá ser depositada en la zona del Vivero de obra destinada a su mantenimiento. Se asegurará que se suministre suficiente agua para el adecuado mantenimiento de las plantaciones. Los lotes de distinta procedencia no se mezclarán y, a efectos de su plantación en el vivero, serán de aplicación las condiciones establecidas en el Artículo Ejecución de plantaciones.

El área de mantenimiento dispondrá de una zona destinada al endurecimiento de la planta.

Quedará a criterio de la Dirección de Obra ordenar el trasplante de lotes, bien procedan del área interior del Vivero de obra, bien si a su recepción en obra se estimarán unas condiciones de vegetación no aptas para su plantación definitiva.

#### **Artículo 30. Criterios de aceptación y rechazo.**

La planta de paso por Vivero de obra se aceptará o rechazará a su recepción en obra. Serán de obligado cumplimiento todas las condiciones de control de calidad recogidas en los Apartados

Dimensionado del Material Vegetal y Sanidad Vegetal. La Dirección de Obra, en función del grado de cumplimiento de dichas condiciones, decidirá la aceptación o el rechazo del lote en origen. En cualquier caso, la aceptación de la Unidad de Obra bajo el supuesto de incumplimiento de condiciones de muestreo quedará condicionada a su viabilidad futura.

#### **Artículo 31. Control de calidad de la plantación.**

Con posterioridad a la plantación se podrá proceder a un muestreo de la ejecución definiéndose para cada Unidad de muestra como mínimo la calificación de los siguientes parámetros:

- Verticalidad
- Dimensionado
- Situación del cuello
- Grado de destrucción de la mota
- Integridad del sistema radicular

La valoración de los mencionados parámetros por parte de la Dirección de Obra decidirá el rechazo o la aceptación de la Unidad de muestra.

Criterios de aceptación y rechazo

Se aceptará el lote de plantación si todas las muestras cumplen las condiciones establecidas en el presente Artículo. En caso de que alguna muestra incumpla las condiciones establecidas en el Artículo en un porcentaje superior al 5% de las plantas, quedará a criterio de la Dirección Ambiental de Obra el rechazo de esta Unidad de Obra o, en su defecto, ordenar las enmiendas oportunas, sin que en ningún caso éstas o la nueva ejecución sean objeto de abono.

En cualquier caso, la aceptación de la Unidad de Obra bajo el supuesto del incumplimiento de condiciones de muestreo quedará condicionada a su viabilidad futura.

### **Artículo 32. Salida del vivero hacia el área de plantación.**

La preparación de la planta para su transporte al lugar de plantación, se efectuará de acuerdo con las exigencias de la especie, edad de la planta y sistema de transporte elegido. Las especies trasplantadas a raíz desnuda se protegerán en su zona radicular mediante material orgánico adecuado. Las plantas en maceta se dispondrán de manera que ésta quede fija y aquellas suficientemente separadas unas de otras, para que no se molesten entre sí.

El transporte se organizará de manera que sea lo más rápido posible, tomando las medidas oportunas contra los agentes atmosféricos, y en todo caso la planta estará convenientemente protegida. El número de plantas transportadas desde el Vivero de obra al lugar de la plantación, debe ser el que diariamente pueda plantarse. Cuando no sea así, se depositarán las plantas en zanjas, cubriendo el sistema radicular convenientemente y protegiendo toda la planta. Si el terreno no tuviera tempero, se efectuará un riego de la zanja manteniendo ésta con la suficiente humedad.

### **Artículo 33. Reposición de marras.**

Se define como reposición de marras la resiembra y sustitución de plantas que el Contratista deberá efectuar durante la ejecución de las obras y durante el período de garantía, hasta su recepción definitiva, cuando las especies correspondientes no hayan tenido el desarrollo previsto, a juicio de la Dirección de Obra, o hayan sido dañadas por accidentes. Se tolerará, en el control anterior a transcurrir el período de garantía, una mortandad máxima del 5% del volumen total de la plantación. Si se observara un porcentaje superior, se sustituirá la planta muerta, por encima de ese límite, sin cargo alguno al propietario.

## **CAPÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

### **Epígrafe I: Obligaciones y derechos del contratista**

#### **Artículo 34. Remisión de solicitud de ofertas.**

Por la Dirección Técnica se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones específicas en el presente Proyecto para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado Proyecto o un extracto con los datos suficientes. En el caso de que el ofertante lo estime de su interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación. El plazo máximo fijado para la recepción de ofertas será de un mes.

#### **Artículo 35. Residencia del contratista.**

Desde que se dé principio a las obras, hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado deberán residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento del Director y notificándole expresamente, la persona que, durante su ausencia le ha de representar en todas sus funciones. Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados y operarios de cualquier ramo que, como dependientes de la contrata, intervengan en las obras y, en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia, designada como oficial de la Contrata en los documentos del reformado del proyecto, aún en ausencia o negativa de recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

#### **Artículo 36. Reclamaciones contra las órdenes de dirección.**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas del Director, solo podrá presentarlas a través del mismo ante la propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes; contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Director, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno mediante exposición razonada, dirigida al Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

#### **Artículo 37. Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe.**

Por falta del cumplimiento de las instrucciones del Director o sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras; por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el Contratista tendrá la obligación de sustituir a sus dependientes y operarios, cuanto el Director lo reclame.

#### **Artículo 38. Copia de los documentos.**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Pliegos de condiciones, presupuestos y demás documentos de la contrata. El Director de la Obra, si el Contratista solicita estos, autorizará las copias después de contratadas las obras.

### **Epígrafe II. - Trabajos, material y medios auxiliares**

#### **Artículo 39. Libro de órdenes.**

En la casilla y oficina de la obra, tendrá el Contratista el Libro de Órdenes, en el que se anotarán las que el Director de Obra precise dar en el transcurso de la obra.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es tan obligatorio para el Contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

#### **Artículo 40. Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución.**

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación: previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el artículo 7 de este Pliego.

El adjudicatario comenzará las obras dentro del plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación.

Dará cuenta el Director, mediante oficio, del día que se propone iniciar los trabajos, debiendo éste dar acuse de recibo. Las obras quedarán terminadas dentro de los meses establecidos por el

Director. El Contratista está obligado al cumplimiento de todo cuanto se dispone en el Reglamento Oficial del Trabajo.

#### **Artículo 41. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.**

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales de índole Técnica" y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho 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 Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

#### **Artículo 42. Trabajos defectuosos.**

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o en los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajo, o finalizados estos y antes de verificar la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la contrata.

#### **Artículo 43. Obras y vicios ocultos.**

Si el Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos de la demolición y de la reconstrucción que se ocasionen, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente; en caso contrario correrán a cargo del propietario.

**Artículo 44. Materiales no utilizables o defectuosos.**

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los apartados sin que antes sean examinados y aceptados por el Director, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de condiciones, vigente en la obra. Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicados serán a cargo del Contratista.

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Director dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los Pliegos o, a falta de estos, a las órdenes del Director.

**Artículo 45. Medios auxiliares.**

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras aun cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Director y dentro de los límites de posibilidad.

Serán de cuenta del Contratista, los medios auxiliares de protección y señalización de la obra, tales como vallado, elementos de protección provisionales, señales de tráfico adecuadas, señales luminosas nocturnas, etc. y todas las necesarias para evitar accidentes previsibles en función del estado de la obra y de acuerdo con la legislación vigente.

**Epígrafe III: Recepción y liquidación.****Artículo 46. Recepciones provisionales**

Para proceder a la recepción provisional de las obras será necesaria la asistencia del Propietario, del Director de la Obra y del Contratista o su representante debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía, que se considerará de un año.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Director debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder a la recepción provisional de la obra. Después de realizar un escrupuloso reconocimiento y si la obra estuviese conforme con las condiciones de este Pliego, se levantará un acta por duplicado, a la que acompañarán los documentos justificantes de la liquidación final. Una de las actas quedará en poder de la propiedad y la otra se entregará al Contratista.

**Artículo 47. Plazo de garantía.**

Desde la fecha en que la recepción provisional quede hecha, comienza a contarse el plazo de garantía que será de un año. Durante este periodo, el Contratista se hará cargo de todas aquellas reparaciones de desperfectos imputables a defectos y vicios ocultos.

**Artículo 48. Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente.**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que las instalaciones no hayan sido ocupadas por el Propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuere menester para su buena conservación, abonándose todo aquello por cuenta de la contrata. Al abandonar el Contratista las instalaciones, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión de contrato, está obligado a dejarlo desocupado y de forma correcta en el plazo que el Director fije. Después de la recepción provisional de las instalaciones y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, etc., que los indispensables para los trabajos que fuere preciso realizar. En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y repasar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

El Contratista se obliga a destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará su servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Dirección Facultativa.

**Artículo 49. Recepción definitiva.**

Terminado el plazo de garantía, se verificará la recepción definitiva con las mismas condiciones que la provisional, y si las obras están bien conservadas y en perfectas condiciones, el contratista quedará relevado de toda responsabilidad económica; en caso contrario se retrasará la recepción definitiva hasta que, a juicio del Director de Obra, y dentro del plazo que se marque, queden las obras del modo y forma que se determinen en este Pliego. Si en nuevo reconocimiento resultase que el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de la fianza, a no ser que la propiedad crea conveniente conceder un nuevo plazo.

**Artículo 50. Liquidación final.**

Terminadas las obras, se procederá a la liquidación fijada, que incluirá el importe de las unidades de obra realizadas y las que constituyen modificaciones del Proyecto, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección Técnica con sus precios. De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Entidad propietaria con el visto bueno del Director.

**Artículo 51. Liquidación en caso de rescisión.**

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatario, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la rescisión.

**Epígrafe IV. - Facultades de la dirección de obras****Artículo 52. Facultades de la dirección de obras.**

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al Director, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen bien por sí o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, sobre las personas y cosas situadas en la obra y en

relación con los trabajos que para la ejecución de los embalses y obras anejas se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar al Contratista, si considera que el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

## **CAPÍTULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍDOLE ECONÓMICA**

### **Epígrafe I.- Base fundamental**

#### **Artículo 53. Base fundamental.**

Como base fundamental de estas "Condiciones de Ídole Económica", se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y particulares que rijan la construcción de lo expuesto en el proyecto y obra aneja contratada.

### **Epígrafe II. - Garantías de cumplimiento y fianzas**

#### **Artículo 54. Garantías.**

El Director podrá exigir al contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del contrato.

#### **Artículo 55. Fianzas.**

Se podrá exigir al Contratista, para que responda del cumplimiento de lo contratado, una fianza del 15% del presupuesto de las obras adjudicadas.

#### **Artículo 56. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza.**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Director, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

#### **Artículo 57. Devolución de la fianza.**

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el contratista haya acreditado, por medio de certificado del Alcalde del Distrito Municipal en cuyo término se halla emplazada la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra él por daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

### **Epígrafe III.- Precios y revisiones**

#### **Artículo 58. Precios contradictorios.**

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma: El Adjudicatario formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad.

La Dirección Técnica estudiará el que, según su criterio, deba utilizarse Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección Técnica el Acta de Avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio. Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, el Sr. Director propondrá a la propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Adjudicatario o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto. La fijación del precio contradictorio habrá de preceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Adjudicatario estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle el Sr. Director y a concluir la satisfacción de éste.

#### **Artículo 59. Reclamaciones de aumento de precios.**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error y omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución de las obras. Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no servir este documento de base a la contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las "Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa", sino en el caso de que el Director o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

#### **Artículo 60. Revisión de precios.**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello, que no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante, y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que es característica de determinadas épocas anormales, se admite, durante ellas, la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en anomalía con las oscilaciones de los precios en el mercado.

Por ello y en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración de precio, que repercuta, aumentando los contratos.

Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado, y por causa justificada, especificándose y acordándose, también, previamente, la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta y cuando así proceda, el acopio de materiales de obra, en el caso de que estuviesen total o parcialmente abonados por el propietario.

Si el propietario o el Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transporte, etc., que el Contratista desea percibir como normales en

el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores a los pedidos por el contratista, en cuyo caso lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transporte, etc., adquiridos por el Contratista merced a la nueva información del propietario. Cuando el propietario o el Director, en su representación, no estuviese conforme a los nuevos precios de los materiales, transporte, etc., concertará entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad por la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y fecha en que empezarán a regir los precios revisados. Cuando, entre los documentos aprobados por ambas partes, figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

#### **Artículo 61. Elementos comprendidos en el presupuesto.**

Al fijar los precios de las diferentes unidades de obra en el presupuesto, se ha tenido en cuenta el importe de andamios, vallas, elevación y transporte de material, es decir, todos los correspondientes a medios auxiliares de la construcción, así como toda suerte de indemnizaciones, impuestos, multas o pagos que tengan que hacerse por cualquier concepto, con los que se hallen gravados o se graven los materiales o las obras por el Estado, Provincia o Municipio. Por esta razón no se abonará al Contratista cantidad alguna por dichos conceptos. En el precio de cada unidad también van comprendidos los materiales accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra completamente y en disposición de recibirse.

#### **Epígrafe IV.- Valoración y abono de los trabajos**

#### **Artículo 62. Valoración de la obra.**

La medición de la obra concluida se hará por el tipo de unidad fijada en el correspondiente presupuesto.

La valoración deberá obtenerse aplicando a las diversas unidades de obra, el precio que tuviese asignado en el Presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que correspondan al beneficio industrial y descontando el tanto por ciento que corresponda a la baja en la subasta hecha por el contratista.

#### **Artículo 63. Mediciones parciales y finales.**

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de cuyo acto se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, de haberse verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del contratista o de su representación legal. En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

#### **Artículo 64. Equivocaciones en el presupuesto.**

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios de tal suerte, que la obra ejecutada con arreglo al Proyecto contiene mayor

número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna. Si, por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

#### **Artículo 65. Valoración de las obras incompletas.**

Cuando por consecuencia de la rescisión u otras causas fuera preciso valorar las obras incompletas, se aplicarán los precios del presupuesto, sin que pueda pretenderse hacer la valoración de la unidad de obra fraccionándola en forma distinta a la establecida en los cuadros de descomposición de precios.

#### **Artículo 66. Carácter provisional de las liquidaciones parciales.**

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden. La propiedad se reserva en todo momento y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, a cuyo efecto deberá presentar el contratista los comprobantes que se exijan.

#### **Artículo 67. Pagos.**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá precisamente, al de las Certificaciones de obra expedidas por el Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

#### **Artículo 68. Suspensión por retraso de pagos.**

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo del que les corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

#### **Artículo 69. Indemnización por retraso de los trabajos.**

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista por causas de retraso no justificado, en el plazo de terminación de las obras contratadas, será el importe de la suma de perjuicios materiales causados.

#### **Artículo 70. Indemnización por daños de causa mayor al contratista.**

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas, averías o perjuicio ocasionadas en las obras, sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se considerarán como tales casos únicamente los que siguen:

- 1.- Los incendios causados por electricidad atmosférica.
- 2.- Los daños producidos por terremotos y maremotos.
- 3.- Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de ríos superiores a las que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que el Contratista tomó las medidas posibles, dentro de sus medios, para evitar o atenuar los daños.
- 4.- Los que provengan de movimientos del terreno en que estén construidas las obras.

5.- Los destrozos ocasionados violentamente, a mano armada, en tiempo de guerra, movimientos sediciosos populares o robos tumultuosos.

La indemnización se referirá, exclusivamente, al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá los medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc., propiedad de la Contrata.

### **Epígrafe V.- Varios**

#### **Artículo 71. Mejora de obras.**

No se admitirán mejora de obra, más en el caso en que el Director haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

#### **Artículo 72. Seguro de los trabajos.**

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada, durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá, en todo momento, con el valor que tengan, por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará a cuenta, a nombre del propietario, para que, con cargo a ella, se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos de la construcción.

En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecha en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la construcción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero solo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Director.

En las obras de reforma o reparación se fijará, previamente, la proporción de la obra que se debe asegurar y su cuantía, y si nada se previese, se entenderá que el seguro ha de comprender toda parte de embalse afectado por la obra. Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguros, los pondrá el contratista antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

### **CAPÍTULO V: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍDOLE LEGAL**

#### **Artículo 73. Jurisdicción.**

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrados en número igual por ellas y presidido por el Director de la Obra y, en último término, a los Tribunales de Justicia del lugar en que radique la propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto (la Memoria no tendrá la consideración de documento de Proyecto). El contratista se obliga a lo establecido en la Ley de contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de Accidentes de Trabajo, Subsidio Familiar y Seguros Sociales.

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado, cuidando de la conservación de sus líneas de lideo y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realicen durante las obras actos que mermen o modifiquen la propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Director.

#### **Artículo 74. Accidentes de trabajo y daños a terceros.**

En caso de accidentes ocurridos con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atendrá a lo dispuesto a estos respectos, en la legislación vigente, y siendo, en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que, por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los trabajadores, en todos los lugares peligrosos de la obra. De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la construcción donde se efectúen las obras como en las contiguas. Serán por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.

#### **Artículo 75. Pagos de arbitrios.**

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras por concepto inherente a los propios trabajos que se realizan correrá a cargo de la Contrata, siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, el Contratista deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que el Director considere justo hacerlo.

#### **Artículo 76. Causas de rescisión del contrato.**

Se considerarán causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1. La muerte o incapacidad del Contratista.

2. La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos se ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquello derecho a indemnización alguna.

3. Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:

a). La modificación del Proyecto en forma tal que presente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Director y, en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente aproximadamente el 40%, como mínimo, de algunas unidades del Proyecto modificadas.

b). La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o en menos, del 40%, como mínimo de las unidades del Proyecto modificadas.

4. La suspensión de la obra comenzada y, en todo caso, siempre que, causas ajenas a la

Contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de quince días, a partir de la adjudicación, en este caso, la devolución de la fianza será automática.

5. La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido un año.

6. El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.

7. El incumplimiento de las condiciones del Contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.

8. La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a ésta.

9. El abandono de la obra sin causa justificada.

10. La mala fe en la ejecución de los trabajos.

Huesca, a 19 de agosto de 2024,

LA PROPIEDAD

LA GRADUADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

Pablo Gil Ezquerra



## Presupuesto

Diseño de una plantación de 28,7 ha. de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza)

Autor

Pablo Gil Ezquerra

## Relación de documentos

- Cuadro de Precios Unitarios.
- Cuadro de Precios Descompuestos.
- Cuadro de Precios nº1.
- Cuadro de Precios nº2.
- Presupuesto con Medición Detallada.
- Resumen de Presupuesto.

## Cuadro de mano de obra

Nº	Designación	Importe		
		Precio (euros)	Cantidad (Horas)	Total (Euros)
1	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción de obra civil	21,000	161,910 h	3.400,11
2	Ayudante de construcción de obra civil	22,000	161,910 h	3.562,02
3	Peón ordinario de construcción	21,000	138,780 h	2.914,38
			Importe total:	9.876,51

## Cuadro de maquinaria

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad	Total (Euros)
1	Retrocargadora sobre neumáticos de 70 kW	45,500	138,780 h Importe total:	6.314,49 6.314,49

## Cuadro de Precios Descompuestos

N.º	Código	Ud	Descripción	Total
<b>1 Realización de la plantación</b>				
<b>1.1 Planta</b>				
1.1.1 01.1.1	ud		<b>Ciruelo de variedad Claudia de Tolosa sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				4,500 4,500
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>4,64</b>
				<b>Son cuatro Euros con sesenta y cuatro céntimos</b>
1.1.2 01.1.2	ud		<b>Ciruelo de variedad De Agen sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				4,500 4,500
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>4,64</b>
				<b>Son cuatro Euros con sesenta y cuatro céntimos</b>
1.1.3 01.1.3	ud		<b>Ciruelo de variedad Stanley sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				4,500 4,500
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>4,64</b>
				<b>Son cuatro Euros con sesenta y cuatro céntimos</b>
<b>1.2 Plantación</b>				
1.2.1 01.2.1	ud		<b>Tutor de caña de bambú de 0,7mm de espesor y 1 m de altura</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				0,400 0,400
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>0,41</b>
				<b>Son cuarenta y un céntimos</b>
1.2.2 01.2.2	ud		<b>Protector definitivo</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				0,150 0,150
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>0,15</b>
				<b>Son quince céntimos</b>
1.2.3 01.2.3	ud		<b>colocación de la planta, con maquina arrastrada por el tractor que a la vez que abre el surco y pone la planta se distribuyen los laterales de riego.</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				0,250 0,250
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>0,26</b>
				<b>Son veintiséis céntimos</b>
<b>1.3 Actividades posteriores</b>				
1.3.1 01.3.1	Ha		<b>Riego de asentamiento: aportación de 5 litros aproximadamente por ciruelo</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				48,544 48,544
				<b>Precio total redondeado por Ha .....</b>
				<b>50,00</b>
				<b>Son cincuenta Euros</b>

## Cuadro de Precios Descompuestos

N.º	Código	Ud	Descripción	Total	
1.3.2	01.3.2	Ha	Supervisión de las plantas (comprobar que se han enterrado correctamente), colocar el tutor y atado de la planta al tutor.		
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	97,087 2,91
				<b>Precio total redondeado por Ha .....</b>	<b>100,00</b>
					<b>Son cien Euros</b>
1.4.1	01.4.1	Ha	<b>1.4 Preparación del terreno</b> Enmienda orgánica 4 toneladas de estiércol por hectárea		
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	120,000 3,60
				<b>Precio total redondeado por Ha .....</b>	<b>123,60</b>
					<b>Son ciento veintitrés Euros con sesenta céntimos</b>
1.4.2	01.4.2	Ha	Se trabajará el terreno a una profundidad de 60-70 cm, con pasadas cruzadas para asegurar una descompactación eficaz antes de la plantación.		
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	80,000 2,40
				<b>Precio total redondeado por Ha .....</b>	<b>82,40</b>
					<b>Son ochenta y dos Euros con cuarenta céntimos</b>
1.4.3	01.4.3	Ha	Pase de cultivador de 21 brazos, que permite afinar y allanar el terreno más superficial. Para ello, se van a ejecutar dos labores cruzadas de cultivador a una profundidad de 15-25cm.		
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	30,800 0,92
				<b>Precio total redondeado por Ha .....</b>	<b>31,72</b>
					<b>Son treinta y un Euros con setenta y dos céntimos</b>
1.4.4	01.4.4	Ha	Una labor de rulado que permite dejar el suelo liso y uniforme para ejecutar el plantado, gracias a un rulo liso con cuchilla de 7,7 metros.		
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	45,000 1,35
				<b>Precio total redondeado por Ha .....</b>	<b>46,35</b>
					<b>Son cuarenta y seis Euros con treinta y cinco céntimos</b>
1.5.1	01.5.1	ud	<b>1.5 Replanteo</b> Replantación de posibles marras que se ubican por la plantación, en este caso se estima un 1%. Cada una de las marras repuestas será regada con 5 litros de agua en el momento, para ayudar a su viabilidad.		
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	6,796 0,20
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>	<b>7,00</b>
					<b>Son siete Euros</b>

## Cuadro de Precios Descompuestos

N.º	Código	Ud	Descripción	Total
<b>2 Riego</b>				
<b>2.1 Programador de riego</b>				
2.1.1 02.1.1		ud	<b>Programador de riego</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				510,000 510,000
				15,30
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>525,30</b>
				<b>Son quinientos veinticinco Euros con treinta céntimos</b>
<b>2.2 Material de riego</b>				
2.2.1 02.2.1		ud	<b>Manguito unión tubería PE 20 mm</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				2,500 2,500
				0,08
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>2,58</b>
				<b>Son dos Euros con cincuenta y ocho céntimos</b>
2.2.2 02.2.2		ud	<b>Final de ramal PE</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				3,100 3,100
				0,09
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>3,19</b>
				<b>Son tres Euros con diecinueve céntimos</b>
2.2.3 02.2.3		ud	<b>Solenoide de 3 vías, 12 YDC</b>	
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				50,000 50,000
				1,50
				<b>Precio total redondeado por ud .....</b>
				<b>51,50</b>
				<b>Son cincuenta y un Euros con cincuenta céntimos</b>
<b>2.3 Tuberías principales</b>				
2.3.1 02.3.1		m	<b>Tubo PE ø160mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</b>	
				<b>Suministrado en barras de longitud 6 m y 12m.</b>
				<b>Espesor de pared 6,2 mm.</b>
				<b>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</b>
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				9,790 9,790
				0,29
				<b>Precio total redondeado por m .....</b>
				<b>10,08</b>
				<b>Son diez Euros con ocho céntimos</b>
<b>2.4 Tuberías terciarias</b>				
2.4.1 02.4.1		m	<b>Tubo PE ø140mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</b>	
				<b>Suministrado en barras de longitud 6 m y 12m.</b>
				<b>Espesor de pared 5,4 mm.</b>
				<b>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2</b>
			3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos
				7,530 7,530
				0,23
				<b>Precio total redondeado por m .....</b>
				<b>7,76</b>
				<b>Son siete Euros con setenta y seis céntimos</b>

## Cuadro de Precios Descompuestos

N.º	Código	Ud	Descripción	Total												
2.4.2	02.4.2	m	<p>Tubo PE ø125mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 4.8 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">3,000 %</td> <td style="width: 40%;">Sin descomposición Costes indirectos</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">5,940 0,18</td> <td style="width: 20%; text-align: right; border-top: 1px solid black;">5,940 0,18</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Precio total redondeado por m .....</b></td> <td style="text-align: right; border-top: 1px solid black; border-bottom: 3px double black;">6,12</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right; font-size: small;">Son seis Euros con doce céntimos</td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	5,940 0,18	5,940 0,18	<b>Precio total redondeado por m .....</b>		6,12		Son seis Euros con doce céntimos			
3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	5,940 0,18	5,940 0,18													
<b>Precio total redondeado por m .....</b>		6,12														
Son seis Euros con doce céntimos																
2.4.3	02.4.3	m	<p>Tubo PE ø110mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 4.2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">3,000 %</td> <td style="width: 40%;">Sin descomposición Costes indirectos</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">4,640 0,14</td> <td style="width: 20%; text-align: right; border-top: 1px solid black;">4,640 0,14</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Precio total redondeado por m .....</b></td> <td style="text-align: right; border-top: 1px solid black; border-bottom: 3px double black;">4,78</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right; font-size: small;">Son cuatro Euros con setenta y ocho céntimos</td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	4,640 0,14	4,640 0,14	<b>Precio total redondeado por m .....</b>		4,78		Son cuatro Euros con setenta y ocho céntimos			
3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	4,640 0,14	4,640 0,14													
<b>Precio total redondeado por m .....</b>		4,78														
Son cuatro Euros con setenta y ocho céntimos																
2.4.4	02.4.4	m	<p>Tubo PE ø90mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 3.5 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">3,000 %</td> <td style="width: 40%;">Sin descomposición Costes indirectos</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">4,400 0,13</td> <td style="width: 20%; text-align: right; border-top: 1px solid black;">4,400 0,13</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Precio total redondeado por m .....</b></td> <td style="text-align: right; border-top: 1px solid black; border-bottom: 3px double black;">4,53</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right; font-size: small;">Son cuatro Euros con cincuenta y tres céntimos</td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	4,400 0,13	4,400 0,13	<b>Precio total redondeado por m .....</b>		4,53		Son cuatro Euros con cincuenta y tres céntimos			
3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	4,400 0,13	4,400 0,13													
<b>Precio total redondeado por m .....</b>		4,53														
Son cuatro Euros con cincuenta y tres céntimos																
2.4.5	02.4.5	m	<p>Tubo PE ø75mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 2.9 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">3,000 %</td> <td style="width: 40%;">Sin descomposición Costes indirectos</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">2,950 0,09</td> <td style="width: 20%; text-align: right; border-top: 1px solid black;">2,950 0,09</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Precio total redondeado por m .....</b></td> <td style="text-align: right; border-top: 1px solid black; border-bottom: 3px double black;">3,04</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right; font-size: small;">Son tres Euros con cuatro céntimos</td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	2,950 0,09	2,950 0,09	<b>Precio total redondeado por m .....</b>		3,04		Son tres Euros con cuatro céntimos			
3,000 %	Sin descomposición Costes indirectos	2,950 0,09	2,950 0,09													
<b>Precio total redondeado por m .....</b>		3,04														
Son tres Euros con cuatro céntimos																

## Cuadro de Precios Descompuestos

N.º	Código	Ud	Descripción	Total												
2.4.6	02.4.6	m	<p>Tubo PE ø63mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en rollos de longitud 100 m.</p> <p>Espesor de pared: 2,5 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">3,000 %</td> <td style="width: 60%;">Sin descomposición</td> <td style="width: 25%; text-align: right;">2,370</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Costes indirectos</td> <td style="text-align: right;">0,07</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Precio total redondeado por m .....</b></td> <td style="text-align: right;"><b>2,44</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;"><b>Son dos Euros con cuarenta y cuatro céntimos</b></td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición	2,370		Costes indirectos	0,07	<b>Precio total redondeado por m .....</b>		<b>2,44</b>	<b>Son dos Euros con cuarenta y cuatro céntimos</b>		
3,000 %	Sin descomposición	2,370														
	Costes indirectos	0,07														
<b>Precio total redondeado por m .....</b>		<b>2,44</b>														
<b>Son dos Euros con cuarenta y cuatro céntimos</b>																
2.4.7	02.4.7	m	<p>Tubo PE ø50mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Espesor de pared: 2 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">3,000 %</td> <td style="width: 60%;">Sin descomposición</td> <td style="width: 25%; text-align: right;">1,380</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Costes indirectos</td> <td style="text-align: right;">0,04</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Precio total redondeado por m .....</b></td> <td style="text-align: right;"><b>1,42</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;"><b>Son un Euro con cuarenta y dos céntimos</b></td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición	1,380		Costes indirectos	0,04	<b>Precio total redondeado por m .....</b>		<b>1,42</b>	<b>Son un Euro con cuarenta y dos céntimos</b>		
3,000 %	Sin descomposición	1,380														
	Costes indirectos	0,04														
<b>Precio total redondeado por m .....</b>		<b>1,42</b>														
<b>Son un Euro con cuarenta y dos céntimos</b>																
2.4.8	02.4.8	m	<p>Tubo PE ø40mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Espesor de pared: 1,7 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">3,000 %</td> <td style="width: 60%;">Sin descomposición</td> <td style="width: 25%; text-align: right;">0,810</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Costes indirectos</td> <td style="text-align: right;">0,02</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Precio total redondeado por m .....</b></td> <td style="text-align: right;"><b>0,83</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;"><b>Son ochenta y tres céntimos</b></td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición	0,810		Costes indirectos	0,02	<b>Precio total redondeado por m .....</b>		<b>0,83</b>	<b>Son ochenta y tres céntimos</b>		
3,000 %	Sin descomposición	0,810														
	Costes indirectos	0,02														
<b>Precio total redondeado por m .....</b>		<b>0,83</b>														
<b>Son ochenta y tres céntimos</b>																
2.5.1	02.5.1		<p><b>2.5 Tuberías laterales</b></p> <p>Tubería fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en rollos de longitud 100 m. (precio en euros por metro)</p> <p>Espesor de pared: 2 mm.</p> <p>Gotero autocompensante cada 80 cm a 2 litros /hora</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">3,000 %</td> <td style="width: 60%;">Sin descomposición</td> <td style="width: 25%; text-align: right;">0,408</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Costes indirectos</td> <td style="text-align: right;">0,01</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Precio total redondeado por m .....</b></td> <td style="text-align: right;"><b>0,42</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;"><b>Son cuarenta y dos céntimos</b></td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición	0,408		Costes indirectos	0,01	<b>Precio total redondeado por m .....</b>		<b>0,42</b>	<b>Son cuarenta y dos céntimos</b>		
3,000 %	Sin descomposición	0,408														
	Costes indirectos	0,01														
<b>Precio total redondeado por m .....</b>		<b>0,42</b>														
<b>Son cuarenta y dos céntimos</b>																
2.6.1	02.6.1	ud	<p><b>2.6 Válvulas</b></p> <p>válvula de diafragma auto-operada con la propia presión de la red. Fabricada en nylon reforzado con fibra de vidrio.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">3,000 %</td> <td style="width: 60%;">Sin descomposición</td> <td style="width: 25%; text-align: right;">120,000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Costes indirectos</td> <td style="text-align: right;">3,60</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Precio total redondeado por ud .....</b></td> <td style="text-align: right;"><b>123,60</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;"><b>Son ciento veintitrés Euros con sesenta céntimos</b></td> </tr> </table>	3,000 %	Sin descomposición	120,000		Costes indirectos	3,60	<b>Precio total redondeado por ud .....</b>		<b>123,60</b>	<b>Son ciento veintitrés Euros con sesenta céntimos</b>		
3,000 %	Sin descomposición	120,000														
	Costes indirectos	3,60														
<b>Precio total redondeado por ud .....</b>		<b>123,60</b>														
<b>Son ciento veintitrés Euros con sesenta céntimos</b>																

## Cuadro de Precios Descompuestos

N.º	Código	Ud	Descripción	Total
2.6.2	02.6.2	ud	<b>Se conectan a un collarín en la tubería de PE o con accesorio conector roscado para tubería de goteo. Presión mínima de trabajo 0,3 bar Presión máxima de trabajo 5 bar</b>	
			3,000 % Sin descomposición	2,524
			Costes indirectos	0,08
			<b>Precio total redondeado por ud .....</b>	<b>2,60</b>
			<b>Son dos Euros con sesenta céntimos</b>	
2.7.1	02.7.1	ud	<b>2.7 Cabezal de riego y fertirrigación</b> <b>Deposito de polietileno enriquecido con aditivos anti-rayos ultravioleta y tratado para mantener la calidad alimentaria y evitar corrosiones por los abonos. Diseñado en color blanco translucido natural, con lectura de nivel en el cuerpo.</b>	
			3,000 % Sin descomposición	430,000
			Costes indirectos	12,90
			<b>Precio total redondeado por ud .....</b>	<b>442,90</b>
			<b>Son cuatrocientos cuarenta y dos Euros con noventa céntimos</b>	
2.7.2	02.7.2	ud	<b>El inyector de fertilizantes facilita el proceso de fertirrigación. El caudal de inyección se ajusta con la regulación mediante una válvula manual de 3/4" instalada en la tubería de alimentación.</b>	
			3,000 % Sin descomposición	575,000
			Costes indirectos	17,25
			<b>Precio total redondeado por ud .....</b>	<b>592,25</b>
			<b>Son quinientos noventa y dos Euros con veinticinco céntimos</b>	
2.7.3	02.7.3	ud	<b>Bomba presurizadora tipo RFI 65-16/20 que funcione a 2900 rpm, normalizada según DIN 24255. Con un variador de frecuencia para mejorar el rendimiento en el arranque.</b>	
			3,000 % Sin descomposición	3.660,00
			Costes indirectos	109,80
			<b>Precio total redondeado por ud .....</b>	<b>3.769,8</b>
			<b>Son tres mil setecientos sesenta y nueve Euros con ochenta céntimos</b>	
2.7.4	02.7.4	ud	<b>Grupo electrógeno D71: DEUTZ BF4M2012C que suministra línea trifásica de 400V y 50Hz, con funcionamiento por combustión de diesel.</b>	
			3,000 % Sin descomposición	18.000,0
			Costes indirectos	540,0
			<b>Precio total redondeado por ud .....</b>	<b>18.540,0</b>
			<b>Son dieciocho mil quinientos cuarenta Euros</b>	
2.8.1	02.8.1	m	<b>2.8 Instalación y enterrado</b> <b>Excavado e instalación de tubos</b>	
	02.8.1.1		0,070 h Oficial 1ª construcción de obra civil	21,000
	02.8.1.2		0,070 h Ayudante de construcción de obra civil	22,000
	02.8.1.3		0,060 h Retrocargadora sobre neumáticos de 7...	45,500
	02.8.1.4		0,060 h Peón ordinario de construcción	21,000
			3,000 % Costes indirectos	7,000
			<b>Precio total redondeado por m .....</b>	<b>7,21</b>
			<b>Son siete Euros con veintiún céntimos</b>	

## Cuadro de Precios Descompuestos

N.º	Código	Ud	Descripción	Total		
<b>3 Seguridad y salud</b>						
3.1 Estudio de seguridad y salud						
3.1.1 03.1.1	ud		Incluye todas las medidas de seguridad e higiene necesarias para la correcta realización de la obra, ha sido calculado aplicando como norma el 2 % del total presupuestado para la realización del proyecto de la finca.			
			Sin descomposición 3,000 %	9.106,796		
			Costes indirectos	273,20		
			<b>Precio total redondeado por ud .....</b>	<b>9.380,00</b>		
			<b>Son nueve mil trescientos ochenta Euros</b>			
<b>4 Gestión de residuos</b>						
4.1 Gestión de residuos generados en la obra y excavación						
4.1.1 04.1.1	ud		Incluye una estimación de los tipos y cantidades de residuos generados, así como el coste esperado de los servicios de retirada de estos. Principalmente serán los residuos generados en el enterrado de las tuberías y construcción de arquetas.			
			Sin descomposición 3,000 %	5.384,77		
			Costes indirectos	161,54		
			<b>Precio total redondeado por ud .....</b>	<b>5.546,31</b>		
			<b>Son cinco mil quinientos cuarenta y seis Euros y treinta y un céntimos</b>			

## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	<b>1 realización de la plantación</b>		
1.1.1	<b>1.1 Planta</b> ud Ciruelo de variedad Claudia de Tolosa sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.	4,64	CUATRO EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.1.2	ud Ciruelo de variedad De Agen sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.	4,64	CUATRO EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.1.3	ud Ciruelo de variedad Stanley sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.	4,64	CUATRO EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
	<b>1.2 Plantación</b>		
1.2.1	ud Tutor de caña de bambú de 0,7mm de espesor y 1 m de altura	0,41	CUARENTA Y UN CÉNTIMOS
1.2.2	ud Protector definitivo	0,15	QUINCE CÉNTIMOS
1.2.3	ud colocación de la planta, con maquina arrastrada por el tractor que a la vez que abre el surco y pone la planta se distribuyen los laterales de riego.	0,26	VEINTISÉIS CÉNTIMOS
	<b>1.3 Actividades posteriores</b>		
1.3.1	Ha Riego de asentamiento: aportación de 5 litros aproximadamente por ciruelo	50,00	CINCUENTA EUROS
1.3.2	Ha Supervisión de las plantas (comprobar que se han enterrado correctamente), colocar el tutor y atado de la planta al tutor.	100,00	CIEN EUROS
	<b>1.4 Preparación del terreno</b>		
1.4.1	Ha Enmienda orgánica 4 toneladas de estiércol por hectárea	123,60	CIENTO VEINTITRÉS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
1.4.2	Ha Se trabajará el terreno a una profundidad de 60-70 cm, con pasadas cruzadas para asegurar una descompactación eficaz antes de la plantación.	82,40	OCHENTA Y DOS EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS
1.4.3	Ha Pase de cultivador de 21 brazos, que permite afinar y allanar el terreno más superficial. Para ello, se van a ejecutar dos labores cruzadas de cultivador a una profundidad de 15-25cm.	31,72	TREINTA Y UN EUROS CON SETENTA Y DOS CÉNTIMOS
1.4.4	Ha Una labor de rulado que permite dejar el suelo liso y uniforme para ejecutar el plantado, gracias a un rulo liso con cuchilla de 7,7 metros.	46,35	CUARENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS
	<b>1.5 Replanteo</b>		
1.5.1	ud Replantación de posibles marras que se ubican por la plantación, en este caso se estima un 1%. Cada una de las marras repuestadas será regada con 5 litros de agua en el momento, para ayudar a su viabilidad.	7,00	SIETE EUROS
	<b>2 Riego</b>		
	<b>2.1 Programador de riego</b>		

**Cuadro de precios Nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.1.1	ud Programador de riego	525,30	QUINIENTOS VEINTICINCO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
2.2.1	2.2 Material de riego ud Manguito unión tubería PE 20 mm	2,58	DOS EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
2.2.2	ud Final de ramal PE	3,19	TRES EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS
2.2.3	ud Solenoide de 3 vías, 12 YDC	51,50	CINCUENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
2.3.1	2.3 Tuberías principales m Tubo PE ø160mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 m y 12m. Espesor de pared 6.2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.	10,08	DIEZ EUROS CON OCHO CÉNTIMOS
2.4.1	2.4 Tuberías terciarias m Tubo PE ø140mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 m y 12m. Espesor de pared 5.4 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2	7,76	SIETE EUROS CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS
2.4.2	m Tubo PE ø125mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 4.8 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.	6,12	SEIS EUROS CON DOCE CÉNTIMOS
2.4.3	m Tubo PE ø110mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 4.2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.	4,78	CUATRO EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS

Cuadro de precios Nº 1			
Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.4.4	m Tubo PE ø90mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 3,5 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.	4,53	CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.4.5	m Tubo PE ø75mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 2,9 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.	3,04	TRES EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
2.4.6	m Tubo PE ø63mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en rollos de longitud 100 m. Espesor de pared: 2,5 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.	2,44	DOS EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
2.4.7	m Tubo PE ø50mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Espesor de pared: 2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.	1,42	UN EURO CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS
2.4.8	m Tubo PE ø40mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Espesor de pared: 1,7 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.	0,83	OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.5.1	<b>2.5 Tuberías laterales</b> m Tubería fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en rollos de longitud 100 m. (precio en euros por metro) Espesor de pared: 2 mm. Gotero autocompensante cada 80 cm a 2 litros /hora Norma de fabricación UNE-EN 12201-2	0,42	CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS
2.6.1	<b>2.6 Válvulas</b> ud válvula de diafragma auto-operada con la propia presión de la red. Fabricada en nylon reforzado con fibra de vidrio.	123,60	CIENTO VEINTITRÉS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS

**Cuadro de precios Nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.6.2	ud Se conectan a un collarín en la tubería de PE o con accesorio conector roscado para tubería de goteo. Presión mínima de trabajo 0,3 bar Presión máxima de trabajo 5 bar	2,60	DOS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
2.7.1	<b>2.7 Cabezal de riego y fertirrigación</b> ud Deposito de polietileno enriquecido con aditivos anti-rayos ultravioleta y tratado para mantener la calidad alimentaria y evitar corrosiones por los abonos. Diseñado en color blanco translucido natural, con lectura de nivel en el cuerpo.	442,90	CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
2.7.2	ud El inyector de fertilizantes facilita el proceso de fertirrigación. El caudal de inyección se ajusta con la regulación mediante una válvula manual de 3/4" instalada en la tubería de alimentación.	592,25	QUINIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS
2.7.3	Ud Bomba presurizadora tipo RFI 65-16/20 que funcione a 2900 rpm, normalizada según DIN 24255. Con un variador de frecuencia para mejorar el rendimiento en el arranque.	3769,80	TRES MIL SETECIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS
2.7.4	Ud Grupo electrógeno D71: DEUTZ BF4M2012C que suministra línea trifásica de 400V y 50Hz, con funcionamiento por combustión de diésel.	18.540,00	DIECIOCHO MIL QUINIENTOS CUARENTA EUROS
2.8.1	<b>2.8 Instalación y enterrado</b> m Excavado e instalación de tubos	7,21	SIETE EUROS CON VEINTIÚN CÉNTIMOS
2.9.1	<b>2.9 Sistema de filtrado</b> ud Filtro polimérico y autolimpiante, con múltiples mallas. El agua cruda ingresa desde la entrada del filtro y pasa a través de las múltiples mallas. El agua limpia fluye a través de la salida del filtro. La acumulación gradual de suciedad en la superficie interna de las mallas genera el desarrollo de una torta de filtración, con el correspondiente aumento de la presión diferencial a través del sistema de filtración. Un interruptor de presión diferencial (DP) mide la diferencia de presión y cuando ésta alcanza un valor prefijado, comienza el proceso de autolimpieza.	6.401,45	SEIS MIL CUATROCIENTOS UN EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

	<p><b>3 Seguridad y salud</b></p> <p><b>3.1 Estudio de seguridad y salud</b></p> <p>Ind Incluye todas las medidas de seguridad e higiene necesarias para la correcta realización de la obra, ha sido calculado aplicando como norma el 2 % del total presupuestado para la realización del proyecto de la finca.</p>	9.380,00	NUEVE MIL TRESCIENTOS OCIENTA EUROS
4.1.1	<p><b>3 Gestión de residuos</b></p> <p><b>4.1 Gestión de residuos generados en la obra</b></p> <p>Incluye una estimación de los tipos y cantidades de residuos generados, así como el coste esperado de los servicios de retirada de estos. Principalmente serán los residuos generados en el enterrado de las tuberías y construcción de arquetas</p>	5.546,31	CINCO MIL QUINIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS

## Cuadro de precios Nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	<b>1 Realización de la plantación</b>		
1.1.1	<b>1.1 Planta</b> ud Ciruelo de variedad Claudia de Tolosa sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado. <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	4,50 0,14	4,64
1.1.2	ud Ciruelo de variedad De Agen sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado. <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	4,50 0,14	4,64
1.1.3	ud Ciruelo de variedad Stanley sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado. <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	4,50 0,14	4,64
	<b>1.2 Plantación</b>		
1.2.1	ud Tutor de caña de bambú de 0,7mm de espesor y 1 m de altura <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	0,40 0,01	0,41
1.2.2	ud Protector definitivo <i>Sin descomposición</i>	0,15	0,15
1.2.3	ud colocación de la planta, con maquina arrastrada por el tractor que a la vez que abre el surco y pone la planta se distribuyen los laterales de riego. <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	0,25 0,01	0,26
	<b>1.3 Actividades posteriores</b>		
1.3.1	Ha Riego de asentamiento: aportación de 5 litros aproximadamente por ciruelo <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	48,54 1,46	50,00
1.3.2	Ha Supervisión de las plantas (comprobar que se han enterrado correctamente), colocar el tutor y atado de la planta al tutor. <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	97,09 2,91	100,00
	<b>1.4 Preparación del terreno</b>		
1.4.1	Ha Enmienda orgánica 4 toneladas de estiércol por hectárea <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	120,00 3,60	123,60
1.4.2	Ha Se trabajará el terreno a una profundidad de 60-70 cm, con pasadas cruzadas para asegurar una descompactación eficaz antes de la plantación. <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	80,00 2,40	82,40
1.4.3	Ha Pase de cultivador de 21 brazos, que permite afinar y allanar el terreno más superficial. Para ello, se van a ejecutar dos labores cruzadas de cultivador a una profundidad de 15-25cm. <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	30,80 0,92	31,72

**Cuadro de precios Nº 2**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.4.4	Ha Una labor de rulado que permita dejar el suelo liso y uniforme para ejecutar el plantado, gracias a un rulo liso con cuchilla de 7,7 metros.  <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	45,00 1,35	46,35
1.5.1	<b>1.5 Replanteo</b> ud Replantación de posibles marras que se ubican por la plantación, en este caso se estima un 1%. Cada una de las marras repuestas será regada con 5 litros de agua en el momento, para ayudar a su viabilidad.  <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	6,80 0,20	7,00
2.1.1	<b>2 Riego</b> <b>2.1 Programador de riego</b> ud Programador de riego  <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	510,00 15,30	525,30
2.2.1	<b>2.2 Material de riego</b> ud Manguito unión tubería PE 20 mm  <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	2,50 0,08	2,58
2.2.2	ud Final de ramal PE  <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	3,10 0,09	3,19
2.2.3	ud Solenoide de 3 vías, 12 YDC  <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	50,00 1,50	51,50
2.3.1	<b>2.3 Tuberías principales</b> m Tubo PE ø160mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 m y 12m. Espesor de pared 6.2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.  <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	9,79 0,29	10,08
2.4.1	<b>2.4 Tuberías terciarias</b> m Tubo PE ø140mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 m y 12m. Espesor de pared 5.4 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2  <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	7,53 0,23	7,76

**Cuadro de precios Nº 2**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
2.4.2	<p>m Tubo PE ø125mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables.</p> <p>Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m.</p> <p>Espesor de pared 4.8 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>	5,94 0,18	6,12
2.4.3	<p>m Tubo PE ø110mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables.</p> <p>Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m.</p> <p>Espesor de pared 4.2 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>	4,64 0,14	4,78
2.4.4	<p>m Tubo PE ø90mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables.</p> <p>Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m.</p> <p>Espesor de pared 3.5 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>	4,40 0,13	4,53
2.4.5	<p>m Tubo PE ø75mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables.</p> <p>Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m.</p> <p>Espesor de pared 2.9 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>	2,95 0,09	3,04
2.4.6	<p>m Tubo PE ø63mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables.</p> <p>Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en rollos de longitud 100 m.</p> <p>Espesor de pared: 2.5 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>	2,37 0,07	2,44
2.4.7	<p>m Tubo PE ø50mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables.</p> <p>Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Espesor de pared: 2 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>	1,38 0,04	1,42

**Cuadro de precios Nº 2**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
2.4.8	<p>m Tubo PE ø40mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables.</p> <p>Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Espesor de pared: 1,7 mm.</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>		
		0,81 0,02	0,83
2.5.1	<p><b>2.5 Tuberías laterales</b></p> <p>m Tubería fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables.</p> <p>Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.</p> <p>Suministrado en rollos de longitud 100 m. (precio en euros por metro)</p> <p>Espesor de pared: 2 mm.</p> <p>Gotero autocompensante cada 80 cm a 2 litros /hora</p> <p>Norma de fabricación UNE-EN 12201-2</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>		
		0,41 0,01	0,42
2.6.1	<p><b>2.6 Válvulas</b></p> <p>ud válvula de diafragma auto-operada con la propia presión de la red. Fabricada en nylon reforzado con fibra de vidrio.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>		
		120,00 3,60	123,60
2.6.2	<p>ud Se conectan a un collarín en la tubería de PE o con accesorio conector roscado para tubería de goteo.</p> <p>Presión mínima de trabajo 0,3 bar</p> <p>Presión máxima de trabajo 5 bar</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>		
		2,52 0,08	2,60
2.7.1	<p><b>2.7 Cabezal de riego y fertirrigación</b></p> <p>ud Deposito de polietileno enriquecido con aditivos anti-rayos ultravioleta y tratado para mantener la calidad alimentaria y evitar corrosiones por los abonos. Diseñado en color blanco translucido natural, con lectura de nivel en el cuerpo.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>		
		430,00 12,90	442,90
2.7.2	<p>ud El inyector de fertilizantes facilita el proceso de fertirrigación. El caudal de inyección se ajusta con la regulación mediante una válvula manual de 3/4" instalada en la tubería de alimentación.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>		
		575,00 17,25	592,25
2.7.3	<p>Ud Bomba presurizadora tipo RFI 65-16/20 que funcione a 2900 rpm, normalizada según DIN 24255. Con un variador de frecuencia para mejorar el rendimiento en el arranque.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>		
		3.660,0 109,80	3.769,8
2.7.4	<p>Ud Grupo eléctrico D71: DEUTZ BF4M2012C que suministra línea trifásica de 400V y 50Hz, con funcionamiento por combustión de diésel.</p> <p><i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos</p>		
		18.000,0 540,0	18.540,0
	<b>2.8 Instalación y enterrado</b>		

**Cuadro de precios Nº 2**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
2.8.1	m Excavado e instalación de tubos  <i>Mano de obra</i> <i>Maquinaria</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	4,27 2,73 0,21	7,21
2.9.1	<b>2.9 Sistema de filtrado</b>  ud Filtro polimérico y autolimpiante, con múltiples mallas. El agua cruda ingresa desde la entrada del filtro y pasa a través de las múltiples mallas. El agua limpia fluye a través de la salida del filtro. La acumulación gradual de suciedad en la superficie interna de las mallas genera el desarrollo de una torta de filtración, con el correspondiente aumento de la presión diferencial a través del sistema de filtración. Un interruptor de presión diferencial (DP) mide la diferencia de presión y cuando ésta alcanza un valor prefijado, comienza el proceso de autolimpieza.  <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	6.215,00 186,45	6.401,45
	<b>3 Seguridad y salud</b>		
3.1.1	<b>3.1 Estudio de seguridad y salud</b>  ud Incluye todas las medidas de seguridad e higiene necesarias para la correcta realización de la obra, ha sido calculado aplicando como norma el 2 % del total presupuestado para la realización del proyecto de la finca.  <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	9.106,80 273,20	9.380,00
	<b>4 Gestión de residuos</b>		
4.1.1	<b>4.1 Gestión de residuos generados en la obra de excavación</b>  Incluye una estimación de los tipos y cantidades de residuos generados, así como el coste esperado de los servicios de retirada de estos. Principalmente serán los residuos generados en el enterrado de las tuberías y construcción de arquetas.  <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	5.384,77 161,54	5.546,31

## PRESUPUESTO Y MEDICIÓN

## PRESUPUESTO PARCIAL N.º 1 Realización de la plantación

N.º	DESCRIPCIÓN	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>1.1 Planta</b>								
1.1.1	Ud. Ciruelo de variedad Claudia de Tolosa sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.					30.491,000	4,64	125.478,24
1.1.2	Ud. Ciruelo de variedad De Agen sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.					16.205,000	4,64	70.191,20
1.1.3	Ud. Ciruelo de variedad Stanley sobre patrón Rootpac 20, en formato smarttree. Material vegetal sano, sin enfermedades ni plagas, certificado.					16.254,000	4,64	70.418,56
<b>1.2 Plantación</b>								
1.2.1	Ud. Tutor de caña de bambú de 0,7mm de espesor y 1 m de altura					62.950,000	0,41	25.809,50
1.2.2	Ud. Protector definitivo					62.950,000	0,15	9.442,50
1.2.3	Ud. colocación de la planta, con maquina arrastrada por el tractor que a la vez que abre el surco y pone la planta se distribuyen los laterales de riego.					62.950,000	0,26	16.367,00
<b>1.3 Actividades posteriores</b>								
1.3.1	Ha. Riego de asentamiento: aportación de 5 litros aproximadamente por ciruelo					28.700	50,00	1.435,00
1.3.2	Ha. Supervisión de las plantas (comprobar que se han enterrado correctamente), colocar el tutor y atado de la planta al tutor.					28.700	100,00	2.870,00
<b>1.4 Preparación del terreno</b>								
1.4.1	Ha. Enmienda orgánica 4 toneladas de estiércol por hectárea					28.700	123,60	3.547,32
1.4.2	Ha. Se trabajará el terreno a una profundidad de 60-70 cm, con pasadas cruzadas para asegurar una descompactación eficaz antes de la plantación.					28.700	82,40	2.364,88
1.4.3	Ha. Pase de cultivador de 21 brazos, que permite afinar y allanar el terreno más superficial. Para ello, se van a ejecutar dos labores cruzadas de cultivador a una profundidad de 15-25cm.					28.700	31,72	910,36
1.4.4	Ha. Una labor de rulado que permite dejar el suelo liso y uniforme para ejecutar el plantado, gracias a un rulo liso con cuchilla de 7,7 metros.					28.700	46,35	1.330,25
<b>1.5 Replanteo</b>								
1.5.1	Ud. Replantación de posibles marras que se ubican por la plantación, en este caso se estima un 1%. Cada una de las marras repuestas será regada con 5 litros de agua en el momento, para ayudar a su viabilidad.					629,000	7,00	4.403,00

N.º	DESCRIPCIÓN	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>2.1 Programador de riego</b>								
2.1.1	Ud. Programador de riego					1,000	525,30	525,30
<b>2.2 Material de riego</b>								
2.2.1	Ud. Manguito unión tubería PE 20 mm					850,000	2,58	2.193,00
2.2.2	Ud. Final de ramal PE					600,000	3,19	1.914,00
2.2.3	Ud. Solenoide de 3 vías, 12 YDC					8,000	51,50	412,00
<b>2.3 Tuberías principales</b>								
2.3.1	M. Tubo PE ø160mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.							
	Suministrado en barras de longitud 6 m y 12m.							
	Espesor de pared 6.2 mm.							
	Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.							
						402,000	10,08	4.052,16
<b>2.4 Tuberías terciarias</b>								
2.4.1	M. Tubo PE ø140mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.							
	Suministrado en barras de longitud 6 m y 12m.							
	Espesor de pared 5.4 mm.							
	Norma de fabricación UNE-EN 12201-2							
						395,000	7,76	3.065,20
2.4.2	M. Tubo PE ø125mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.							
	Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m.							
	Espesor de pared 4.8 mm.							
	Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.							
						693,500	6,12	4.244,22
2.4.3	M. Tubo PE ø110mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.							
	Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m.							
	Espesor de pared 4.2 mm.							
	Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.							
						357,000	4,78	1.706,46
2.4.4	M. Tubo PE ø90mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.							
	Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m.							
	Espesor de pared 3.5 mm.							
	Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.							
						213,500	4,53	967,16

N.º	DESCRIPCIÓN	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.4.5	M. Tubo PE ø75mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en barras de longitud 6 y 12 m. Espesor de pared 2,9 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.					154,000	3,04	468,16
2.4.6	M. Tubo PE ø63mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en rollos de longitud 100 m. Espesor de pared: 2,5 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.					115,500	2,44	281,82
2.4.7	M. Tubo PE ø50mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Espesor de pared: 2 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.					98,000	1,42	139,16
2.4.8	M. Tubo PE ø40mm 6 atmósferas, fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Espesor de pared: 1,7 mm. Norma de fabricación UNE-EN 12201-2.					66,500	0,83	55,20
<b>2.5 Tuberías laterales</b>								
2.5.1	M. Tubería fabricada en polietileno de alta densidad. Unión mediante soldadura a tope o accesorios electrosoldables. Color negro con bandas azules, para conducción de agua potable a presión.  Suministrado en rollos de longitud 100 m. (precio en euros por metro) Espesor de pared: 2 mm. Gotero autocompensante cada 80 cm a 2 litros /hora Norma de fabricación UNE-EN 12201-2					158.630,000	0,42	66.624,60
<b>2.6 Válvulas</b>								
2.6.1	Ud. válvula de diafragma auto-operada con la propia presión de la red. Fabricada en nylon reforzado con fibra de vidrio.					8,000	123,60	988,80
2.6.2	Ud. Se conecta a un collarín en la tubería de PE o con accesorio conectorroscado para tubería de goteo. Presión mínima de trabajo 0,3 bar Presión máxima de trabajo 5 bar					600,000	2,60	1.560,00
<b>2.7 Cabezal de riego y fertirrigación</b>								
2.7.1	Ud. Deposito de polietileno enriquecido con aditivos anti-rayos ultravioleta y tratado para mantener la calidad alimentaria y evitar corrosiones por los abonos. Diseñado en color blanco translucido natural, con lectura de nivel en el cuerpo.					2,000	442,90	885,80
2.7.2	Ud. El inyector de fertilizantes facilita el proceso de fertirrigación. El caudal de inyección se ajusta con la regulación mediante una válvula manual de 3/4" instalada en la tubería de alimentación.					2,000	592,25	1.184,50

## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 Riego

N.º	DESCRIPCIÓN	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.7.3	Ud. Bomba presurizadora tipo RFI 65-16/20 que funcione a 2900 rpm, normalizada según DIN 24255. Con un variador de frecuencia para mejorar el rendimiento en el arranque.					1,000	3.769,8	3.769,8
2.7.4	Ud. Grupo eléctrico D71: DEUTZ BF4M2012C que suministra línea trifásica de 400V y 50Hz, con funcionamiento por combustión de diésel.					1,000	18.540,0	18.540,0
2.8 Instalación y enterrado								
2.8.1	M. Excavado e instalación de tubos					2.313,000	7,21	16.676,73
2.9 Sistema de filtrado								
2.9.1	Ud. Filtro polimérico y autolimpiante, con múltiples mallas. El agua cruda ingresa desde la entrada del filtro y pasa a través de las múltiples mallas. El agua limpia fluye a través de la salida del filtro. La acumulación gradual de suciedad en la superficie interna de las mallas genera el desarrollo de una torta de filtración, con el correspondiente aumento de la presión diferencial a través del sistema de filtración. Un interruptor de presión diferencial (DP) mide la diferencia de presión y cuando ésta alcanza un valor prefijado, comienza el proceso de autolimpieza.					1	6.401,45	6.401,45

N.º	DESCRIPCIÓN	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>3.1 Estudio de seguridad y salud</b>								
3.1.1	Ud. Incluye todas las medidas de seguridad e higiene necesarias para la correcta realización de la obra, ha sido calculado aplicando como norma el 2 % del total presupuestado para la realización del proyecto de la finca.					1,000	9.380,00	9.380,00

**4.1 Gestión de residuos generados en obra y excavación**

4.1.1 Ud. Incluye una estimación de los tipos y cantidades de residuos generados, así como el coste esperado de los servicios de retirada de estos. Principalmente serán los residuos generados en el enterrado de las tuberías y construcción de arquetas.

1,000	5.546,31	5.546,31
-------	----------	----------

RESUMEN POR CAPÍTULOS

---

CAPITULO REALIZACIÓN DE LA PLANTACIÓN	334.567,81
CAPITULO RIEGO	129.922,77
CAPITULO SEGURIDAD Y SALUD	9.380,00
CAPITULO GESTIÓN DE RESIDUOS	5.546,31
REDONDEO.....	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	<u>478.870,58</u>

EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL ASCIENDE A LAS EXPRESADAS CUATROCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS SETENTA EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

<b>Capítulos</b>	<b>Importe</b>
<b>Capítulo 1 Realización de la plantación</b>	
Capítulo 1.1 Planta	266.088,0
Capítulo 1.2 Plantacion	51.619,00
Capítulo 1.3 Actividades posteriores	4.305,00
Capítulo 1.4 Preparacion del terreno	8.152,81
Capítulo 1.5 Replanteo	4.403,00
<b>Capítulo 2 Riego</b>	
Capítulo 2.1 Programador de riego	525,30
Capítulo 2.2 Material de riego	4.519,00
Capítulo 2.3 Tuberias principales	4.052,16
Capítulo 2.4 Tuberias terciarias	10.927,38
Capítulo 2.5 Tuberias laterales	66.624,60
Capítulo 2.6 Valvulas	2.548,80
Capítulo 2.7 Cabezal de riego y fertirrigacion	23.048,80
Capítulo 2.8 Instalacion y enterrado	16.676,73
<b>Capítulo 3 Seguridad y salud</b>	
Capítulo 3.1 Estudio de seguridad y salud	9.380,00
<b>Capítulo 4 Gestión de residuos</b>	
Capítulo 4.1 Gestión de residuos producidos en obra y excavación	5.546,31
Presupuesto de ejecución material	478.870,5
13% de gastos generales	62.253,10
6% de beneficio industrial	28.732,20
Suma	569.855,8
21% IVA	99.938,2
Presupuesto de ejecución por contrata	669.794,2

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de SEISCIENTOS SESENTA Y NUEVE MILSETECIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.



## Estudio de seguridad y salud

Diseño de una plantación de 28,7 ha. de ciruelo (*Prunus domestica*), con sistema de riego por goteo y recolección mecanizada en el término municipal de Almonacid de la Sierra (Zaragoza)

Autor

Pablo Gil Ezquerra

## ÍNDICE

### 1. MEMORIA INFORMATIVA

1.1 DATOS DE LA OBRA Y ANTECEDENTES

1.1.1 EMPLAZAMIENTO

1.1.2 USO ANTERIOR DEL SOLAR

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y PROBLEMÁTICA DE SU ENTORNO

1.2.1 TIPO DE OBRA

1.2.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

1.2.3 EXISTENCIA DE ANTIGUAS INSTALACIONES

1.2.4 CIRCULACIÓN DE PERSONAS AJENAS A LA OBRA

1.2.5 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1.2.6 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

### 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 APLICACIÓN DE LA SEGURIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

2.1.1 EXCAVACIÓN

2.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

2.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

2.2.2 RIESGOS MÁS FRECUENTES

2.2.3 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

2.2.4 PROTECCIONES PERSONALES

2.2.5 PROTECCIONES COLECTIVAS

2.2.6 ACABADOS E INSTALACIONES

2.2.7 ALBAÑILERÍA

2.3 COLOCACIÓN DE TUBERÍAS

2.3.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

2.3.2 NORMAS PREVENTIVAS

2.3.3 EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

2.4 MONTAJE DE PREFABRICADOS

2.4.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

2.4.2 NORMAS PREVENTIVAS

2.4.3 EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

2.5 INSTALACIONES SANITARIAS

2.5.1 DOTACIÓN DE ASEO

2.5.2 DOTACIÓN DE VESTUARIO

2.5.3 DOTACIÓN DE ALMACÉN

2.5.4 DOTACIÓN DE OFICINA

2.6 INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

2.7 MAQUINARIA PARA MOVIMIENTOS DE TIERRAS

2.7.1 RETROEXCAVADORA

2.8 MAQUINARIA DE ELEVACIÓN

2.8.1 CAMIÓN GRÚA

2.9 MAQUINAS – HERRAMIENTAS

2.9.1 HERRAMIENTAS MANUALES

2.10 MEDIOS AUXILIARES

2.10.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MEDIOS AUXILIARES

**3. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS TRABAJOS DE REPARACIÓN,  
CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO**

3.1 MANTENIMIENTO

## 1. MEMORIA INFORMATIVA

### ***1.1. Datos de la obra y antecedentes.***

#### ***1.1.1. Emplazamiento.***

Los trabajos del presente Estudio de Seguridad y Salud se desarrollan en el término municipal de Almonacid de la Sierra en la provincia de Zaragoza. Se trata de una finca geográficamente situada en las faldas de la cara norte de la Sierra de Algairén, en el paraje denominado como Las Matas.

#### ***1.1.1.1. Denominación.***

En la finca anteriormente citada, se pretende llevar a cabo la plantación de 28,7 ha de ciruelo en sistema intensivo cuya recolección sea mecanizable. También se realizará la instalación de riego localizado por goteo.

#### ***1.1.1.2. Presupuesto estimado.***

El presupuesto estimado es de 669.794,20 euros.

#### ***1.1.1.3. Plazo de ejecución.***

Se tiene programado un plazo de ejecución inicial de 6 meses.

#### ***1.1.1.4. Número de trabajadores.***

En base a los estudios de planeamiento de la ejecución de la obra, se estima que el número máximo de trabajadores alcanzará la cifra de 8 operarios.

#### ***1.1.1.5. Parcelas colindantes.***

Las parcelas colindantes que existen pertenecen a diferentes fincas de otros propietarios y del promotor del presente proyecto, las cuales son usadas para el cultivo de diferentes tipos de frutales, cereales y en ocasiones hortalizas.

#### ***1.1.1.6. Accesos.***

El acceso a la obra por parte de los transportes de material a la misma no presenta dificultades, se realiza directamente por un camino que parte de la carretera A-220 que une Cariñena con La Almunia de Doña Godina, exactamente el cruce con el camino se encuentra en el Km 6.

#### ***1.1.1.7. Topografía.***

La superficie de la parcela tiene una orografía con poco desnivel.

#### ***1.1.1.8. Climatología del lugar.***

Climatológicamente la zona es muy fría en invierno y con veranos calurosos, existe la posibilidad de que se den heladas tardías los meses primaverales por lo que se deben tomar medidas para evitar que sean muy dañinas para la producción del cultivo, eligiendo variedades de floración tardía.

#### ***1.1.1.9. Lugar del centro asistencial más próximo en caso de accidente.***

La ubicación del Centro Asistencial de la Seguridad Social más próximo a la obra se encuentra a 5 Km en Alfamén.

**1.1.2. *Uso anterior del solar.***

El uso anterior también era agrícola, se cultivaban cereales extensivos.

**1.2. *Descripción de la obra y problemática de su entorno.***

**1.2.1. *Tipo de obra.***

Se pretende realizar una instalación de riego localizado por goteo, realizando todas las zanjas necesarias para su desarrollo.

**1.2.2. *Movimiento de tierras.***

Las obras de explanación de tierras, y aperturas de zanjas y pozos se llevarán a cabo de acuerdo con los espesores y profundidades señalados en la documentación del proyecto.

Por las zanjas cavadas circularán las tuberías generales, y de estas saldrán sus respectivas secundarias y terciarias de las cuales saldrá dos líneas de goteros para cada línea de ciruelos.

**1.2.3. *Existencia de antiguas instalaciones.***

Existe en la parcela una nave que será usada como caseta de riego y como almacén de maquinaria y materiales. También existe una balsa comunitaria de regulación del riego que será utilizada para almacenar agua para la plantación.

**1.2.4. *Circulación de personas ajenas a la obra.***

Como la obra se realiza en una zona sin tránsito, no será necesaria ninguna medida de seguridad en este apartado, ya que todas las personas que se encuentren cerca de obra pertenecerán a ella.

**1.2.5. *Suministro de energía eléctrica.***

Toda la energía usada tanto para la construcción de los riegos y parcela será obtenida mediante el generador eléctrico de gasoil principal y un generador auxiliar más pequeño y móvil.

**1.2.6. *Suministro de agua potable.***

El suministro de agua potable será facilitado por la empresa que ejecute la obra, ya sea para consumo humano o para otros fines ligados a la obra.

## **2. MEMORIA DESCRIPTIVA**

### ***2.1. Aplicación de la seguridad en el proceso constructivo.***

#### ***2.1.1. Excavación.***

##### ***2.1.1.1. Descripción de los trabajos.***

La excavación será necesaria para colocar las tuberías de PVC que llevarán el agua a los laterales de riego. Antes de iniciar estos trabajos, se habrán realizado las Instalaciones higiénicas provisionales.

##### ***2.1.1.2. Riesgos más frecuentes.***

- Caídas al mismo nivel, a consecuencia del estado del terreno.
- Heridas punzantes, causadas por las armaduras.
- Caídas de objetos desde la maquinaria.
- Atropellos causados por la maquinaria.

##### ***2.1.1.3. Normas básicas de seguridad.***

- Realización del trabajo por personal cualificado.
- Clara delimitación de las áreas para acopio de tubos, depósito de lodos, etc.
- Las armaduras antes de su colocación, estarán totalmente terminadas, eliminándose así el acceso del personal al fondo de las zanjas, estas las usaremos en la construcción de la caseta de riego.
- Durante el izado de los tubos, estará prohibida la permanencia de personal, en el radio de acción de la máquina.
- Mantenimiento en el mejor estado posible de limpieza, de la zona de trabajo, habilitando para el personal, caminos de acceso a cada lugar de trabajo.

##### ***2.1.1.4. Protecciones personales.***

- Casco homologado, en todo momento.
- Guantes de cuero para el manejo de juntas y hormigonado, ferralla, etc.
- Mono de trabajo, trajes de agua.
- Botas de goma.

##### ***2.1.1.5. Protecciones colectivas.***

- Perfecta delimitación de la zona de trabajo de la maquinaria.
- Organización del tráfico y señalización.
- Adecuado mantenimiento de la maquinaria.
- Protección de la zanja, mediante barandilla resistente con rodaje.

## **2.2. Movimiento de tierras.**

### **2.2.1. Descripción de los trabajos.**

Se iniciarán con un subsolado profundo para enterrar el estiércol y eliminar compactaciones de los diferentes horizontes del suelo. El siguiente paso será abrir zanjas para la instalación de las tuberías principales del riego.

### **2.2.2. Riesgos más frecuentes.**

- Atropellos y colisiones, originados por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamientos de las máquinas.
- Caídas en altura.
- Generación de polvo.
- Explosiones e incendio.

### **2.2.3. Normas básicas de seguridad.**

- Las maniobras de la maquinaria, estarán dirigidas por persona distinta al conductor.
- Las paredes de la excavación, se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo más de un día, por cualquier circunstancia.
- Se cumplirá, la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Al realizar trabajos en zanja la distancia mínima entre los trabajadores será de 1 m.
- La salida al camino de camiones, será avisada por personal distinto al conductor, para prevenir a los posibles usuarios de la vía.
- Mantenimiento correcto de la maquinaria.

### **2.2.4. Protecciones personales.**

- Casco homologado.
- Mono de trabajo y en su caso trajes de agua y botas.
- Empleo del cinturón de seguridad, por parte del conductor de la maquinaria, si estaba dotada de cabina antivuelco.

### **2.2.5. Protecciones colectivas.**

- Recipientes que contengan productos tóxicos o inflamables herméticamente cerrados.
- No apilar materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso.
- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla.

### **2.2.6. Acabados e instalaciones.**

#### **2.2.6.1. Descripción de los trabajos.**

Instalaciones de electricidad:

- Caídas de personal al mismo nivel, por uso indebido de las escaleras.
- Electrocuciones.
- Cortes en extremidades superiores.

#### **2.2.6.2. Aspectos a llevar a cabo:**

Pinturas y barnices:

- Ventilación adecuada en los lugares donde se realizan los trabajos.
- Estarán cerrados los recipientes que contengan disolventes y alejados del calor y del fuego.

Instalaciones de electricidad:

- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión.
- Las pruebas que se tengan que realizar con tensión se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica.
- La herramienta manual se revisará con periodicidad para evitar cortes en su uso.

Protecciones personales:

- Mono de trabajo.
- Casco aislante homologado.

Protecciones colectivas:

- La zona de trabajo estará siempre limpia y ordenada, e iluminada adecuadamente.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijera; si son de mano serán de madera con elementos antideslizantes en su base.
- Se señalizarán convenientemente las zonas donde se esté trabajando.

#### **2.2.7. Albañilería.**

##### **2.2.7.1. Descripción de los trabajos.**

Los trabajos de albañilería que se pueden realizar en la obra no son muy abundantes. Se llevan a adaptación de la nueva maquinaria a la caseta de riego y la construcción de arquetas prefabricadas en los puntos donde marque el proyecto.

##### **2.2.7.2. Riesgos más frecuentes.**

- Salpicaduras a los ojos sobre todo en trabajos realizados en los techos.
- Dermatosis; por contacto con las pastas y morteros.
- Proyección de partículas al cortar los materiales
- Corte y heridas
- Aspiración de polvo al usar máquinas para cortar o lijar.

- Sobreesfuerzos.
- Caídas de altura a diferente nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Golpes en extremidades superiores e inferiores.

#### ***2.2.7.3. Normas básicas de seguridad.***

Hay una norma básica para todos estos trabajos, es el orden y la limpieza en cada uno de los trabajos, estando las superficies de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros) los cuales pueden provocar golpes o caídas, obteniéndose de esta forma un mayor rendimiento y seguridad.

#### ***2.2.7.4. Protecciones personales.***

- Mono de trabajo.
- Casco de seguridad homologado para todo el personal.
- Guantes de goma fina o caucho natural.
- Uso de dediles reforzados con cota de malla para trabajos de apertura de rozas manualmente.
- Manoplas de cuero.
- Gafas de seguridad.
- Gafas protectoras.
- Mascarillas antipolvo.

#### ***2.2.7.5. Protecciones colectivas.***

Coordinación de todos los oficios que intervienen en la obra.

### ***2.3. Colocación de tuberías.***

#### ***2.3.1. Riesgos más frecuentes.***

- Caídas o desprendimientos de materiales situados en las proximidades de las zanjas.
- Golpes o choques con objetos dentro de las zanjas.
- Caída o vuelco de vehículos.
- Caídas de altura.
- Caída de la propia tubería al ser bajada a la zanja, con peligro de golpes y atrapamiento.
- Atrapamientos.
- Aplastamiento de extremidades.
- Sobre-esfuerzos.
- Heridas y cortes por objetos, máquinas y herramientas manuales.

- Quemaduras con los elementos de soldadura en las tuberías de PEAD.
- Polvo.
- Dermatitis por contactos con lubricantes.

### ***2.3.2. Normas preventivas.***

- Todo el personal que se dedique al montaje de tuberías será especialista en ello.
- Las tuberías nunca se acopiarán en los límites de la zanja, puesto que se pueden deslizar y provocar golpes y atrapamientos. En caso de tener que situarse en proximidades, se sujetarán mediante cuñas para evitar su deslizamiento.
- Con tiempo lluvioso se evitará la soldadura de las tuberías de PEAD.
- En todo momento los tajos estarán limpios y ordenados en prevención de tropiezos y pisadas sobre objetos punzantes.
- El acceso y salida de una zanja se efectuará por medios sólidos y seguros.
- Nunca se colocarán las manos en la zona de enchufe de las tuberías de fundición para evitar atrapamientos.
- Se utilizarán guantes de goma para la aplicación de lubricantes a las campanas hembras de enchufe de tuberías de fundición.
- El tractel para el enchufe de tuberías será sólidamente sujetado para evitar deslizamientos.
- Para no mantener grandes tramos de zanjas abiertas se procurará que se monten los tubos a medida que se va abriendo la zanja.
- La eslinga, gancho o balancín empleado para elevar y colocar tubos, estará en perfectas condiciones y será capaz de soportar los esfuerzos a los que estará sometido.
- Se les ordenará a los trabajadores que estén recibiendo los tubos en el fondo de la zanja que se retiren lo suficiente hasta que la grúa lo sitúe, para evitar que una falsa maniobra del gruista puedan resultar atrapados entre el tubo y la zanja.
- El gancho de la grúa debe tener el pestillo de seguridad.
- Se deberán paralizar los trabajos de montaje de tubos bajo regímenes de viento superiores a 60 km/h.

### ***2.3.3. Equipo de protección individual.***

- Guantes de cuero
- Guantes de PVC o goma para la aplicación del lubricante a las tuberías de fundición.
- Botas de puntera.
- Uso de casco protector.
- Gafas de protección antipartículas.
- Mascarillas antipolvo.

- Cinturón / arnés de seguridad.

#### ***2.4. Montaje de prefabricados.***

##### ***2.4.1. Riesgos más frecuentes.***

- Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas.
- Atropellos.
- Caídas de las personas.
- Vuelco o desplome de piezas prefabricadas.
- Cortes o golpes por manejo de máquinas-herramientas.
- Aplastamiento de manos o pies al recibir las piezas.

##### ***2.4.2. Normas preventivas.***

- Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos, en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de recibir al borde de los forjados, las piezas prefabricadas servidas mediante grúa. La pieza prefabricada, será izada del gancho de la grúa mediante auxilio de balancines.
- Una vez presentado en el sitio de instalación el prefabricado, se procederá, sin descolgarlo del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos, al montaje definitivo.

Concluido el cual, podrá desprenderse del balancín.

Los trabajos de recepción e instalación del prefabricado se realizarán desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm montados sobre andamios.

- Se instalarán señales de “peligro, paso de cargas suspendidas” sobre los pies derechos bajo los lugares destinados a su paso.
- Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado.
- Si alguna pieza prefabricada llegara a su sitio de instalación girando sobre sí misma, se la intentará detener utilizando exclusivamente los cabos de gobierno.
- Se vigilará cuidadosamente el estado de la maquinaria y elementos auxiliares que se empleen para el izado de los prefabricados.
- No se izarán elementos prefabricados para su colocación bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h.
- Las plantas permanecerán limpias de obstáculos para las maniobras de instalación.
- Para el manejo de los prefabricados se seguirán siempre las indicaciones del fabricante.

##### ***2.4.3. Equipo de protección individual.***

- Uso obligatorio de casco de protección craneal

- Calzado de seguridad
- Guantes de cuero
- Cinturón de seguridad

### **2.5. Instalaciones sanitarias.**

Se colocarán durante la ejecución de la obra en la caseta de riego. Serán suficientes, ya que durante la ejecución de estos trabajos, la cifra de operarios no superarán las diez personas.

#### **2.5.1. Dotación de aseo.**

- Unos retretes con carga y descarga automática de agua corriente, papel higiénico y percha, en la vivienda, con puerta y cierre interior.
- Dos lavabos con secador de manos por aire caliente, de parada automática y existencias de jabón. Se instalará un espejo de dimensiones 1,00 x 0,50 m.
- Una duchas con puerta.

#### **2.5.2. Dotación del vestuario.**

- 4 taquillas metálicas individuales provistas de llave.
- Un banco de madera corrido.
- Un espejo de dimensiones 1,00 x 0,50 m.

En el vestuario se instalará el botiquín de urgencias con agua oxigenada, alcohol de 90o, tintura de yodo, mercurio-cromo, amoniaco, algodón hidrófilo, gasa estéril, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos y termómetro clínico. Todas las estancias, estarán convenientemente dotadas de luz eléctrica.

#### **2.5.3. Dotación del almacén.**

- Ningún elemento reseñable.

#### **2.5.4. Dotación de la oficina.**

- Una mesa con su silla correspondiente
- Dos sillas
- Un armario

### **2.6. Instalación contra incendios.**

Las causas que propician la aparición de un incendio en una instalación al aire libre no son distintas de las que lo generan en otro lugar: existencia de una fuente de ignición (hogueras, braseros, energía solar, trabajos de soldaduras, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.), junto a una sustancia combustible (encofrados de madera, carburante para la maquinaria, pintura etc.), puesto que el comburente (oxígeno), está presente en todos los casos. Por todo ello, se realizará una revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional así como el correcto acopio de sustancias combustibles con los envases perfectamente cerrados e identificados, a lo largo de la ejecución de la obra, situando este acopio en planta baja,

almacenando en las plantas superiores los materiales de cerámica, sanitarios, etc. Los medios de extinción serán los siguientes: extintores portátiles, instalando dos de dióxido de carbono de 12 kg en el acopio de los líquidos inflamables; uno de 6 kg de polvo seco antigrasa en la oficina de obra; uno de 12 kg de dióxido de carbono junto al cuadro general de protección, y por último uno de 6 kg de polvo seco antigrasa en el almacén de herramientas.

Asimismo consideramos que deben tenerse en cuenta otros medios de extinción tales como el agua, la arena, herramientas de uso común, (palas, rastrillos, picos, etc.). Los caminos de evacuación estarán libres de obstáculos; de aquí la importancia del orden y limpieza en todos los aspectos.

Existirá la adecuada señalización indicando los lugares de prohibición de fumar (acopio de líquidos combustibles, situación del extintor, camino de evacuación, etc.). Todas las medidas, han sido consideradas para que el personal extinga el fuego en la fase inicial, si es posible, o disminuya sus efectos hasta la llegada de los bomberos, los cuales, en todos los casos, serán avisados inmediatamente.

## ***2.7. Maquinaria para movimientos de tierras.***

### ***2.7.1. Pala cargadora.***

- Riesgos más frecuentes.

- Atropellos y colisiones, en maniobras de marcha atrás y giros.
- Caída de material, desde la cuchara.
- Vuelco de la máquina.

-Normas básica de seguridad:

- Comprobación y conservación periódica de los elementos de la máquina.
- Empleo de la máquina por personal autorizado y cualificado.
- Si se cargan piedras de tamaño considerable, se hará una cama de arena sobre el elemento de carga, para evitar rebotes y roturas.
- Estará prohibido el transporte de personas en la máquina.
- La batería quedará desconectada, la cuchara apoyada en el suelo y la llave de contacto no quedará puesta, siempre que la máquina finalice su trabajo por descanso u otra causa.
- No se fumará durante la carga de combustible, ni se comprobará con llama el llenado del depósito.
- Se considerarán las características del terreno donde actúa la máquina para evitar accidentes por giros incontrolados al bloquearse un neumático. El hundimiento del terreno puede originar el vuelco de la máquina con grave riesgo para el personal.

#### ***2.7.1.1. Protecciones personales.***

- El operador llevará en todo momento

- Casco de seguridad homologado.
- Botas antideslizantes.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Gafas de protección contra el polvo en tiempo seco.
- Asiento anatómico.

#### ***2.7.1.2. Protecciones colectivas.***

- Estará prohibida la permanencia de personas en la zona del trabajo de la máquina.

#### ***2.7.2. Camión basculante.***

- Riesgos más frecuentes:

- Choques con elementos fijos de la obra.
- Atropellos y aprisionamiento de personas en maniobras de operaciones de mantenimiento.
- Vuelcos, al circular por la rampa de acceso.

#### ***2.7.2.1. Normas básicas de seguridad.***

- Al realizar las entradas o salidas del solar los hará con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra.
- Respetará todas las normas del código de circulación.
- Si por cualquier circunstancia, tuviera que parar en la rampa de acceso, el vehículo quedará frenado, y calzado con topes.
- Respetará en todo momento la señalización de la obra.
- Las maniobras, dentro del recinto de obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas, auxiliándose del personal de la obra.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.

#### ***2.7.2.2. Protecciones personales.***

El conductor del vehículo cumplirá las siguientes normas:

- Usar casco homologado, siempre que baje del camión.
- Durante la carga, permanecerá fuera del radio de acción de las máquinas y alejado del camión.
- Antes de comenzar la descarga tendrá echado el freno de mano.

#### ***2.7.2.3. Protecciones colectivas.***

- No permanecerá nadie en las proximidades del camión, en el momento de realizar este tipo de maniobras. Si descarga material, en las proximidades de la zanja y pozo, se aproximará a una distancia máxima de 1 m., garantizando ésta mediante topes.

### **2.7.3. Retroexcavadora.**

-Riesgos más frecuentes:

- Vuelco con hundimiento del terreno.
- Golpes a personas o cosas en el movimiento de giro.

#### **2.7.3.1. Normas básicas de seguridad.**

- No se realizarán reparaciones u operaciones de mantenimiento con la máquina funcionando.
- La cabina, estará dotada de extintor de incendios, al igual que el resto de las máquinas.
- La intención de moverse se indicará con el claxon (por ejemplo: dos pitidos para andar hacia delante y, tres hacia atrás).
- El conductor no abandonará la máquina sin parar el motor y la puesta de la marcha contraria al sentido de la pendiente.
- El personal de la obra estará fuera del radio de acción de la máquina para evitar atropellos y golpes, durante los movimientos de ésta o por algún giro improvisto al bloquearse una oruga.
- Al circular, lo hará con la cuchara plegada.
- Al finalizar el trabajo de la máquina, la cuchara quedará apoyada en el suelo o plegada sobre la máquina; si la parada es prolongada se desconectará la batería y se retirará la llave de contacto.
- Durante excavación del terreno en la zona entrada al solar, la máquina estará calzada al terreno mediante sus zapatas hidráulicas.

#### **2.7.3.2. Protecciones personales.**

El operador llevará en todo momento:

- Casco de seguridad homologado.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas antideslizantes.
- Limpiará el barro adherido al calzado, para que no resbalen los pies sobre los pedales.

#### **2.7.3.3. Protecciones colectivas.**

- No permanecerá nadie en el radio de acción de la máquina.
- Al descender por la rampa el brazo de la cuchara estará situado en la parte trasera de la máquina.

### **2.8. Maquinaria de elevación.**

#### **2.8.1. Camión grúa.**

- Riesgos más frecuentes
- Rotura del cable o gancho

- Caída de la carga.
- Caídas en altura de personas, por empuje de la carga.
- Golpes y aplastamientos por la carga.
- Ruina de la máquina por viento, exceso de carga, arriostramiento deficiente, etc.

#### **2.8.1.1. Normas básicas de seguridad.**

- Todos los trabajos están condicionados por los siguientes datos: Carga máxima kg; longitud pluma 25 m; carga en punta 750 kg; contrapeso 4.000 kg.
- El gancho de izado dispondrá de limitador de ascenso, para evitar el descarrilamiento del carro de desplazamiento.
- Asimismo estará dotado de pestillo de seguridad en perfecto uso.
- El cubo de hormigonado, cerrará herméticamente, para evitar caídas de material.
- Las plataformas para elevación de material cerámico, dispondrán de rodapié de 20 cm, colocando la carga bien repartida, para evitar deslizamientos.
- En ningún momento se efectuarán tiros sesgados de la carga, ni se hará más de una maniobra a la vez.
- La maniobra de elevación de la carga será lenta, de manera que si el maquinista detectase algún defecto depositará la carga en el origen inmediatamente
- Antes de utilizar la grúa, se comprobará el correcto funcionamiento del giro, el desplazamiento del carro, y el descenso y elevación del gancho.
- La pluma de la grúa dispondrá de carteles suficientemente visibles, con las cargas permitidas.
- Todos los movimientos de la grúa, se harán desde la botonera, realizados por persona competente, auxiliado por el señalista.
- Dispondrá de un mecanismo de seguridad contra sobrecargas, y es recomendable, si se prevén fuertes vientos, instalar un anemómetro con señal acústica para 60 km/h., cortando corriente a 80 km/h.
- El ascenso a la parte superior de la grúa se hará utilizando el dispositivo de paracaídas instalado al montar la grúa.
- Si es preciso realizar desplazamientos por la pluma, ésta dispondrá de cable de visita.
- Al finalizar la jornada de trabajo, para eliminar daños a la grúa y a la obra se suspenderá un pequeño peso del gancho de ésta, elevándolo hacia arriba, colocando el carro cerca del mástil, comprobando que no se puede enganchar al girar libremente la pluma; se pondrán a cero todos los mandos de la grúa, dejándola en veleta y desconectando la corriente eléctrica.
- Comprobación de la existencia de certificación de las pruebas de estabilidad después del montaje.

#### **2.8.1.2. Protecciones personales.**

- El maquinista y el personal auxiliar llevarán casco en todo momento.
- Guantes de cuero al manejar cables u otros elementos rugosos o cortantes.
- Cinturón de seguridad, en todas las labores de mantenimiento, anclado a puntos sólidos o al cable de visita de la pluma.
- La corriente eléctrica estará desconectada si es necesario actuar en los componentes eléctricos de la grúa.

#### **2.8.1.3. *Protecciones colectivas.***

- Se evitará volar la carga sobre otras personas trabajando.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra.
- Durante las operaciones de mantenimiento de la grúa, las herramientas manuales se transportarán en bolsas adecuadas, no tirando al suelo estas, una vez finalizado el trabajo.
- El cable de elevación, y la puesta a tierra se comprobarán periódicamente.

### **2.9. *Maquinas-herramientas.***

#### **2.9.1. *Herramientas manuales.***

En este grupo incluimos las siguientes: taladro percutor, martillo rotativo, pistola clavadora, lijadora, disco radial, máquina de cortar terrazo y rozadora.

#### **2.9.1.1. *Riesgos más frecuentes.***

- Descargas eléctricas.
- Proyección de partículas.
- Caídas de altura.
- Ambiente ruidoso.
- Generación de polvos.
- Explosiones e incendios.
- Cortes en extremidades
- Normas básicas de seguridad:
- Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
- El personal que utilice estas herramientas ha de conocer las instrucciones de uso.
- Las herramientas serán revisadas periódicamente, de manera que se cumplan las instrucciones de conservación del fabricante.
- Estarán acopadas en el almacén de obra, llevándolas al mismo una vez finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.
- La desconexión de las herramientas, no se hará con un tirón brusco.

- No se usará una herramienta eléctrica sin enchufe; si hubiera necesidad de emplear mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.
- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.

#### **2.9.1.2. *Protecciones personales.***

- Casco homologado de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de la pistola clavadora.
- Cinturón de seguridad, para trabajos en altura.

#### **2.9.1.3. *Protecciones colectivas.***

- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Las mangueras de alimentación a herramientas estarán en buen uso.
- Los huecos estarán protegidos con barandillas.

### **2.10. *Medios auxiliares.***

#### **2.10.1. *Descripción de los medios auxiliares.***

Los medio auxiliares más empleados son los siguientes:

- Andamios de servicios, usados como elemento auxiliar, en los trabajos en la caseta de riego siendo:
  - Andamios de borriquetas o caballetes, constituidos por un tablero horizontal de tres tableros colocados sobre dos pies en forma de "V" invertida, sin arriostramientos.
  - Escaleras, empleadas en la obra por diferentes oficios, destacando dos tipos, aunque uno de ellos no sea un medio auxiliar propiamente dicho, pero los problemas que plantean las escaleras fijas haremos referencia de ellas aquí.
  - Escaleras de mano, se dan de dos tipos: metálicas y de madera para trabajos en altura pequeña y de poco tiempo o para acceder a algún lugar elevado sobre el nivel del suelo.

#### **2.10.1.1. *Andamios de borriquetas.***

- Vuelcos por falta de anclajes o caídas del personal por no usar tres tablones como tablero horizontal.

#### **2.10.1.2. *Escaleras fijas.***

- Caídas del personal.

#### **2.10.1.3. *Escaleras de mano.***

- Caídas de niveles inferiores, debidas a la mala colocación de las mismas, rotura de alguno de los peldaños, deslizamiento de la base por excesiva inclinación o estar el suelo mojado.
- Golpes con la escalera al manejárla de forma incorrecta.

***Normas básicas de seguridad.***

**2.10.1.4. Escaleras de mano.**

- Se colocarán apartadas de elementos móviles que puedan derribarlas.
- Estarán fuera de las zonas de paso.
- Los largueros serán de una sola pieza con los peldaños ensamblados.
- El apoyo inferior se realizará sobre superficies planas, llevando en pie elementos que impidan el desplazamiento
- El apoyo superior se hará sobre elementos resistentes y planos.
- Los ascensos y descensos se harán siempre de frente a ellas.
- Se prohíben manejar en las escaleras pesos superiores a 25 kg.
- Nunca se efectuará trabajos sobre las escaleras que obliguen al uso de las dos manos
- Las escaleras dobles o de tijeras estarán protegidas de cadenas o cables que impidan que éstas se abran al utilizarse.
- La indicación de las escaleras será aproximadamente de 75° que equivalen a estar separadas de la vertical la cuarta parte de su longitud entre los apoyos.

**2.10.1.5. Protecciones personales.**

- Mono de trabajo.
- Casco de seguridad homologado.

**2.10.1.6. Protecciones colectivas.**

- Se delimitará la zona de trabajo en los andamios colgados, evitando el paso del personal por trabajo de éstos, así como éste coincida con zonas de acopio de materiales.
- Se colocarán viseras o marquesinas de protección debajo de la zona de trabajo principalmente cuando se esté trabajando con los andamios en los cerramientos de fachada.
- Se señalizará la zona de influencia mientras duren las operaciones de montaje y desmontaje de los andamios.

### **3. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS TRABAJOS DE REPARACIÓN, CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO**

#### ***3.1. Mantenimiento.***

La dificultad para desarrollar esta parte del Estudio de Seguridad estriba en que la mayoría de los casos no existe una planificación para el mantenimiento, conservación y entretenimiento. La experiencia demuestra que los riesgos que aparecen en las operaciones de mantenimiento, entretenimiento y conservación son muy similares a los que aparecen en el proceso constructivo, por ello remitimos a cada uno de los epígrafes de los desarrollados en este Estudio de Seguridad e Higiene, en los que se describen los riesgos específicos para cada fase de la obra:

- Albañilería
- Instalaciones

Hacemos especial mención de los riesgos correspondientes a la conservación, mantenimiento y reparación de las instalaciones de saneamiento en la que los riesgos más frecuentes son:

- Inflamaciones y explosiones.
- Intoxicaciones y contaminaciones.
- Pequeños hundimientos.
- Zapatos con suela antideslizantes

Para paliar estos riesgos se adoptarán las siguientes medidas de prevención:

##### ***3.1.1.1. Inflamaciones y explosiones.***

Antes de iniciar los tajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo. Es fundamental tener en cuenta ese aspecto ya que estamos trabajando con un pozo a varios metros de profundidad. En caso de encontrar canalizaciones de gas o de electricidad, se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados. Se establecerá el programa de trabajos claro, que faciliten un movimiento ordenado en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales; es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de prevención que hay que adoptar. En todo caso, el contratista ha de tener en cuenta que los riesgos de explosión en un espacio subterráneo se incrementan con la presencia de:

- Canalizaciones de alimentación de agua.
- Conducciones eléctricas para iluminación y fuerza.
- Conducciones de línea telefónica
- Conducciones para iluminación de vías públicas.

Para paliar los riesgos citados, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se establecerá una ventilación forzada que obligue a la evacuación de los posibles vapores inflamables. No se encenderán máquinas eléctricas, ni sistemas de iluminación antes de tener constancia de que ha desaparecido el peligro.
- En casos muy peligrosos se realizarán mediciones de la concentración de los vapores en el aire.

### ***3.1.1.2. Intoxicaciones y contaminaciones.***

Estos riesgos se presentan cuando se localizan en lugares subterráneos concentraciones de aguas residuales por rotura de canalizaciones que las transportan a los puntos de evacuación y son de tipo biológico. Ante la sospecha de un riesgo de este tipo, debe contarse con servicios especializados en detección de agente contaminante y realizarse una limpieza profunda del mismo antes de iniciar los trabajos de mantenimiento o reparación que resulten necesarios. Es por ello que al usar el pozo para bombear agua al embalse, cada mes deberá revisarse que todo este correcto y no haya ningún tipo de rotura por mínima que sea.

### ***3.1.1.3. Pequeños hundimientos.***

En todo caso, ante la imposibilidad de que se produzcan atrapamientos del personal que trabaja en zonas subterráneas, se usarán las medidas de entibación en trabajos de mina convenientemente sancionadas por la práctica constructiva (avance en galerías estrechas, pozos, etc.), colocando protecciones cuajadas y convenientemente acodaladas; vigilando a diario la estructura resistente de la propia entibación para evitar que los movimientos de tierras incontrolados hubiera piezas que no trabajaran correctamente y se pudiera provocar la desestabilización del sistema de entibación.