

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA

## ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



### PROYECTO DE NUEVA IMPLANTACIÓN DE CULTIVO DE PISTACHO EN EL T. M. DE MONTEALEGRE DEL CASTILLO (ALBACETE)

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA  
AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

*Autor: Ciges Tomás, Javier.*

*Tutora: Lull Noguera, Cristina.*

*Curso académico: 2018/2019*

*Valencia, abril de 2019*

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

El presente documento recoge un Trabajo de Fin de Grado (TFG) de tipo proyecto de ingeniería consistente en una nueva implantación de cultivo de pistacho (*Pistacia vera L.*) en Castilla-La Mancha. Concretamente, la nueva plantación, se ubica en el término municipal de Montealegre del Castillo (Albacete). Este TFG recoge la información recopilada sobre el cultivo (naturaleza, fisiología, necesidades, fructificación, recolección, etc.), la descripción de la zona donde se implantará el cultivo, los resultados del estudio realizado en dicha zona así como del análisis de suelo de la parcela, la justificación de cómo se procederá en la puesta en marcha del cultivo en dicha zona, el conjunto de labores previas y posteriores a la puesta del cultivo, las dotes básicas de llevado óptimo de dicho cultivo una vez implantado, el diseño de riego para dicha plantación acorde al estudio climatológico realizado en la parcela en cuestión y la construcción de una nave agrícola en la cual se ubicará el cabezal de riego, así como el almacenaje de maquinaria y productos fitosanitarios. También incluye planos en los que se representa de forma gráfica todo lo que se proyecta, así como un pliego de condiciones que regulará las relaciones entre las partes contratantes en la ejecución del proyecto, desde un punto de vista técnico, facultativo, económico y legal; y por último, incluye el presupuesto del proyecto, con el total de la inversión de la ejecución de la implantación a la que se refiere el TFG.

Palabras clave: Cultivo, *Pistacia vera*, pistacho, riego, Castilla-La Mancha.

## **ABSTRACT**

This document includes a Bachelor's Degree Final Project (BDFP) consisting in an engineering project type of a new implantation of pistachio cultivation (*Pistacia vera* L.) in Castilla-La Mancha. Specifically, it is located in the village of Montealegre del Castillo (Albacete). This BDFP includes information about the crop (nature, physiology, requirements, fruiting, harvesting, etc.), the description of the area where the crop will be implanted, the results of the study carried out in this area as well as the soil analysis of the field, the justification of how to proceed in the setting up of the crop in this area, the whole taks prior and subsequent to the implementation of the crop, the key aspects of maintenance of the crop once has been implanted, the design of the irrigation system taking into account the climatological study carried out in the area, and the building of an agricultural warehouse in which the irrigation head unit will be located, as well as the storage of agricultural machinery and phytosanitary products. It also includes the construction plans in which are represented graphically all that is projected, as well as a list of specifications that will regulate the relations between the contracting parties in the execution of the project, from a technical, facultative, economic and legal point of view; and finally, it includes the project budget with the total investment of the implementation referred to in the BDFP.

Keywords: Crop, *Pistacia vera*, pistachio, irrigation, Castilla-La Mancha.

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS**

A mis compañeros, por su amistad, compañía y ayuda durante estos años.

En especial a mi tutora Cristina, por su paciencia, ánimos, consejos y ayuda constante, lo cual ha hecho posible mi realización de este proyecto.

Por supuesto, a los profesores que no han dudado en prestarme su ayuda con este proyecto cuando así la he necesitado: Francisco Javier Sánchez Romero, Ibán Balbastre Peralta y Francisco Javier Martínez Cortijo.

Muchas gracias.

“El hombre moderno vive ajeno a esas  
sensaciones inscritas en lo profundo  
de nuestra biología y que sustentan  
el placer de salir al campo”

Miguel Delibes

*A mis padres.*

# **ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO**

## **DOCUMENTO N° 1: MEMORIA**

### **DOCUMENTO N° 1: ANEXOS A LA MEMORIA**

- Anexo 1 Entorno y justificación del proyecto.
- Anexo 2 Características del cultivo del pistachero.
- Anexo 3 Estudio Climatológico.
- Anexo 4 Estudio Edafológico.
- Anexo 5 Elección del Material Vegetal.
- Anexo 6 Diseño de la plantación.
- Anexo 7 Preparación del terreno.
- Anexo 8 Plantación.
- Anexo 9 Manejo del suelo.
- Anexo 10 Poda.
- Anexo 11 Programa de fertilización.
- Anexo 12 Protección fitosanitaria.
- Anexo 13 Recolección y postcosecha.
- Anexo 14 Diseño del riego.
- Anexo 15 Ingeniería de las obras.
- Anexo 16 Marco geológico-geotécnico.
- Anexo 17 Estudio Básico de Seguridad y Salud.

**DOCUMENTO N° 2: PLANOS**

**DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES**

**DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO**

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA

## ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



### PROYECTO DE NUEVA IMPLANTACIÓN DE CULTIVO DE PISTACHO EN EL T. M. DE MONTEALEGRE DEL CASTILLO (ALBACETE)

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

*Autor: Ciges Tomás, Javier.*

*Tutora: Lull Noguera, Cristina.*

*Curso académico: 2018/2019*

*Valencia, abril de 2019*

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	4
3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EXPLOTACIÓN.....	5
3.1.	Situación y comunicación.....	5
3.2.	Orografía y topografía .....	5
3.3.	Características climáticas y consecuencias agronómicas .....	5
3.4.	Características edafológicas.....	7
3.5.	Vegetación espontánea .....	7
3.6.	Disponibilidad y equipo.....	8
4.	ASPECTOS AGRONÓMICOS .....	9
4.1.	Condicionantes edafo-climáticos.....	9
4.2.	Elección del portainjerto y variedades.....	9
4.3.	Elección del marco de plantación .....	10
4.4.	Polinización.....	11
4.5.	Elección del sistema de mantenimiento .....	11
4.6.	Plantación.....	11
4.7.	Poda.....	12
4.8.	Fertilización .....	13
4.9.	Protección del cultivo.....	14
4.10.	Recolección.....	14
5.	DISEÑO DEL RIEGO .....	15
5.1.	Diseño agronómico.....	15
5.2.	Diseño hidráulico.....	16
6.	INGENIERÍA DE LAS OBRAS.....	19
7.	SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA .....	23
8.	SEGURIDAD Y SALUD.....	24
9.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje del cultivo del pistacho en regadío y en secano en España.....	2
Figura 2. Distribución del cultivo del pistacho en España por CCAA. ....	3
Figura 3. Distribución de tuberías en los dos sectores de riego. ....	17
Figura 4. Distribución de tuberías en el sector 1.....	17
Figura 5. Distribución de tuberías en el sector 2.....	18
Figura 6. Estructura principal de la caseta de riego. ....	20
Figura 7. Características y valores estáticos de los perfiles IPE.....	21
Figura 8. Perfiles de tubo cuadrado hueco y sus características .....	21
Figura 9. Valores estáticos de los perfiles HEB.....	22
Figura 10. Diseño de la estructura de la zapata y el enano .....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución del cultivo del pistacho en España por CCAA.....	2
Tabla 2. Cantidades de unidades de macronutrientes por árbol (g) aconsejadas en Turquía en función de la concentración de los elementos principales en hoja (% de materia seca) a partir del décimo año. ....	14
Tabla 3. Número de riegos semanales, intervalo y tiempo de riego para una temporada anual de cultivo. ....	16
Tabla 4. Cuadro resumen de las tuberías de la red de distribución primaria, secundaria y terciaria. ...	18
Tabla 5. Perfiles elegidos para el dimensionamiento de la cercha.....	22

# 1. INTRODUCCIÓN

“Los pistachos han formado parte de la dieta humana desde, al menos, finales del paleolítico” (Couceiro y col., 2013).

El pistacho es uno de los frutos secos más apreciados a nivel mundial debido a sus cualidades organolépticas y nutritivas.

Se introdujo por primera vez en la península ibérica durante la ocupación árabe, siendo eliminado tras la reconquista. Según Couceiro y col. (2013), en la década de los 80 tuvo una nueva introducción a través de Cataluña.

El pistachero (*Pistacia vera L.*) es una especie leñosa que pertenece a la familia de las anacardiáceas. Es un árbol caducifolio, dioico, de tamaño medio y porte abierto, de crecimiento lento y muy longevo. Es un cultivo de veranos secos, cálidos y largos, que soporta bien el frío invernal y es resistente a la sequía. Todo el género *Pistacea* posee raíz pivotante y se adapta bien a distintos tipos de suelos, excepto a aquellos compactos con fácil encharcamiento.

Las flores, pequeñas y agrupadas en inflorescencias en forma de racimos, nacen antes de la brotación de las hojas. Las femeninas presentan un mayor tamaño y mayor ramificación que las masculinas.

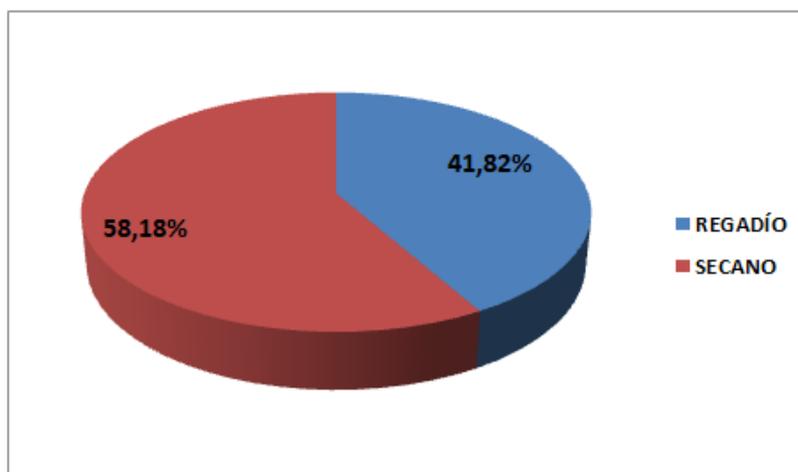
El fruto es una drupa ovoide, más o menos alargada que puede ser dehiscente o indehiscente según su cáscara. La parte comestible la forman dos cotiledones voluminosos cuya coloración puede variar desde verde hasta verde-amarillento.

La época de floración del pistachero es en el mes de abril y la de recolección en septiembre. La polinización del mismo es anemófila, teniendo un importante papel las condiciones ambientales en la época de floración.

El cultivo del pistacho es una buena alternativa en España por su gran demanda y adaptación al clima continental, siendo aquí un cultivo creciente que, se ha plantado y se planta, mayoritariamente en seco. La resistencia del pistachero a la sequía, su adaptabilidad a diversos suelos y sus necesidades de calor durante el verano lo hacen un cultivo idóneo para los ambientes semiáridos españoles. Sin embargo, la posible área de cultivo de esta especie se ve limitada por las condiciones medioambientales, ya que, requiere de un periodo de frío para completar su periodo de reposo invernal y presenta una gran sensibilidad a las heladas primaverales tardías, debido a que su periodo de floración se da en el mes de abril. En los últimos años, esta última condición que impedía la viabilidad de este cultivo en la mayor parte del territorio español, se ha visto paliada debido a los efectos del cambio climático, pues la

temperatura en los meses de primavera se ha incrementado, disminuyendo así las heladas primaverales, haciendo así posible que el cultivo del pistacho sea una alternativa rentable.

Según la “Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivo” del Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente (MAPAMA), en 2017, la superficie total dedicada al cultivo del pistacho en España fue de 15.847 hectáreas, siendo 9.219 hectáreas en secano y 6.628 hectáreas en regadío (Figura 1).



**Figura 1. Porcentaje del cultivo del pistacho en regadío y en secano en España.**  
Fuente: Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivo (MAPAMA, 2017).

Las Comunidades Autónomas mayoritarias en este cultivo son Castilla-La Mancha, Andalucía y Murcia, respectivamente (Tabla 1).

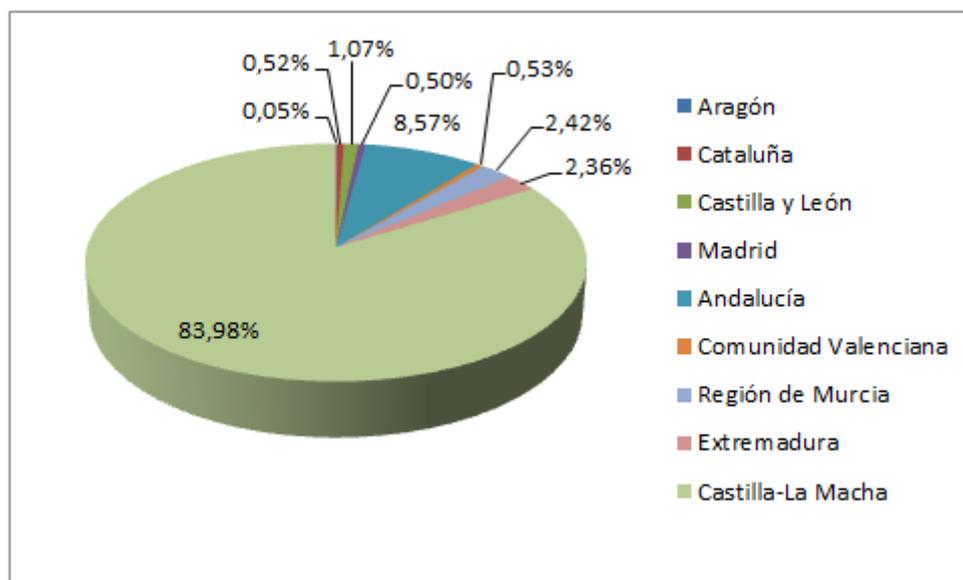
En la Tabla 1 se puede apreciar el número de hectáreas de pistacho presentes en cada Comunidad Autónoma:

**Tabla 1. Distribución del cultivo del pistacho en España por CCAA.**

<b>DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO DEL PISTACHO EN ESPAÑA POR CCAA (hectáreas)</b>			
<b>Comunidad Autónoma</b>	<b>Secano</b>	<b>Regadío</b>	<b>Total</b>
Aragón	0	8	8
Cataluña	60	23	83
Castilla y León	63	107	170
Madrid	80	0	80
Castilla-La Mancha	7.961	5.347	13.309
Comunidad Valenciana	0	84	84
Región de Murcia	42	343	385
Extremadura	87	286	373
Andalucía	926	431	1.357

**Fuente: Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivo (MAPAMA, 2017).**

En la Figura 2 se puede apreciar la distribución del cultivo del pistacho en porcentaje en las distintas Comunidades Autónomas de España. Como se puede apreciar, Castilla-La Mancha es la Comunidad Autónoma con mayor superficie dedicada a este cultivo, suponiendo alrededor del 84% de la superficie de España dedicada al pistacho.



**Figura 2. Distribución del cultivo del pistacho en España por CCAA.**  
**Fuente: Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivo (MAPAMA, 2017).**

El uso principal del pistacho es el de consumo directo como fruto seco tostado, aunque también se utiliza como acompañante en ensaladas, carnes y pescados. Resalta también su importante uso en pastelería y confitería y, en menor medida, el aceite extraído de sus semillas es empleado en productos de cosmética.

En cuanto a producción, en 2015, la producción mundial de pistacho superó las 600.000 toneladas (Muñoz y Sánchez, 2016). Tradicionalmente, Irán ha sido el principal país productor de pistacho pero Estados Unidos ha pasado a ocupar este puesto recientemente, aunque la producción de ambos países se encuentra muy equiparada en la actualidad. Turquía ocupa el tercer lugar en la producción mundial de pistacho, seguida de Siria y de la Unión Europea respectivamente.

## HISTORIA DEL PISTACHO

El pistachero es un cultivo procedente de Oriente Medio, cuyo origen se remonta a miles de años atrás. El pistacho ha sido considerado un manjar en esta región, llegando a ser citado en la Biblia, y su consumo y propiedad signo de alto estatus social (Muñoz y Sánchez, 2016).

Su cultivo se extendió por Europa llegando en el siglo III a.C. a Grecia y cuatro siglos después a Italia y España. Durante la Edad Media, el pistacho era utilizado en pastelería y repostería. Fue tras la Segunda Guerra Mundial cuando se extendió su consumo como aperitivo.

Sobre 1930 llegaron los primeros frutos, procedentes de Irán, a Estados Unidos, estableciéndose en California los primeros cultivos. El Valle Central de California dispone de las condiciones medioambientales idóneas para el cultivo del pistacho, por su cálido y seco clima con un frío invernal moderado y un suelo fértil. Esto ha hecho que, en la actualidad, Estados Unidos se haya convertido en el primer país productor a nivel mundial y el segundo en volumen de exportación, por detrás de Irán.

## **2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

El objetivo principal de este proyecto es el de diseñar una plantación de pistacheros en secano en una superficie de 6,76 hectáreas cuyo estado actual es barbecho y con anterioridad se dedicó al cultivo del cereal. En el **Anexo 1** de este proyecto se recoge la justificación del proyecto con mayor detalle.

Otros fines que se persiguen con este proyecto es el de aumentar la rentabilidad de dicha superficie, disminuir la erosión que pudiera causarse con cultivos sucesivos de cereales y aumentar la diversidad de cultivos del agricultor, reduciendo así el riesgo que supone la limitación a cultivos tradicionales extensivos como el cereal, debido a la baja e inestable rentabilidad de los mismos.

Se ha optado por el cultivo del pistacho por ser en la actualidad una alternativa joven, plenamente consolidada en Castilla-La Mancha, presentando una perfecta adaptación a la zona de estudio. Las características del cultivo del pistacho se recogen con mayor detalle en el **Anexo 2** del presente proyecto. Couceiro y col. (2013) dicen que este cultivo leñoso, sostenible incluso en las condiciones de máxima acidez de Castilla-La Mancha, posee una gran resistencia a la sequía y a la salinidad y su respuesta al riego es muy eficiente.

El pistachero es actualmente un cultivo en expansión en Castilla-La Mancha y la primera región productora de España, con alrededor del 84% de la superficie dedicada a este cultivo en toda España.

Además, Castilla-La Mancha, cuenta con ciertas instituciones dedicadas a la investigación y experimentación de este cultivo como el centro de investigación agroambiental “El Chaparrillo” en Ciudad Real, dependiente de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

### **3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EXPLOTACIÓN**

#### **3.1. Situación y comunicación**

La parcela en la cual se implantará el cultivo se encuentra ubicada en el término municipal de Montealegre del Castillo (Albacete), polígono 1, parcela 111, situada en el paraje conocido como “Casa de la Tía María”.

Presenta una extensión total de 6,76 hectáreas y actualmente se encuentra en barbecho.

La parcela objeto del proyecto se encuentra ubicada a 4,75 kilómetros de la localidad de Montealegre del Castillo. EL acceso principal a la parcela viene dado por la carretera nacional AB-302, carretera que une Montealegre del Castillo con la localidad de “La Higuera”; pudiéndose acceder a la parcela por distintos caminos salientes a dicha carretera.

Los lindes de la parcela son:

- Norte: Otra parcela agrícola con plantación de almendro.
- Sur: Otra parcela agrícola con plantación de viñedo.
- Este: Camino rural: “*Camino de la Casa de la Tía María*”.
- Oeste: Cerro Cuerda.

#### **3.2. Orografía y topografía**

La parcela se encuentra ubicada a los pies del llamado “Cerro Cuerda”, debido a esto está afectada notablemente por la escorrentía debida a la pluviometría, sobre todo en la zona oeste de la parcela, ya que dicho cerro tiene una altitud de 897 metros.

La topografía de la finca cuenta con pendientes comprendidas entre 4,9 y 14,3%, siendo su pendiente mayoritaria del 4,9%, pues es la pendiente en 6,15 hectáreas de las 6,76 hectáreas totales.

#### **3.3. Características climáticas y consecuencias agronómicas**

Los resultados relativos al estudio climatológico de la zona vienen expuestos en el **Anexo 3** del siguiente proyecto.

Los datos meteorológicos se han obtenido de la estación meteorológica de Albacete Base Aérea, que es la más cercana a la localidad de Montealegre del Castillo. Dicha estación pertenece a la red de estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología, perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Los datos de la estación meteorológica de Albacete Base Aérea y el periodo de datos utilizado son:

- Latitud: Norte 38° 57' 15 ''
- Longitud: Oeste 1° 51' 23''
- Altitud: 702 m
- Periodo: 1981 - 2010

Adicionalmente se han utilizado datos procedentes del Servicio de Asesoramiento al Regante de Castilla La Mancha (SIAR) que se trata de un servicio de la Consejería de Agricultura, en colaboración con la Universidad de Castilla-La Mancha.

Según la clasificación bioclimática de UNESCO-FAO se trata de un clima templado con inviernos muy fríos. En lo referente a las temperaturas, la parcela donde se instalará el cultivo es idónea para el desarrollo del mismo, ya que proporciona temperaturas favorables a lo largo del ciclo de cultivo, favoreciendo así su crecimiento y posterior producción.

En cuanto a heladas, las heladas primaverales del mes de abril se producen durante la primera quincena del dicho mes, por lo que no supondrían problema ya que la floración de las variedades elegidas tiene lugar a finales de abril. Más importancia tienen las heladas ocasionales del mes de mayo, ya que coinciden con el cuajado del fruto, que es una fase más sensible que pone en riesgo la continuidad del ciclo del cultivo. No obstante, estas heladas son de muy escasa frecuencia, por lo que el riesgo de las mismas es mínimo.

La humedad media anual en la estación más próxima a la parcela donde se implantará el cultivo es del 63%; siendo los meses de mayor humedad noviembre, diciembre y enero; y los meses de menor humedad son junio, julio y agosto, correspondiéndose con el periodo estival.

En lo referente a la pluviometría de la parcela, los meses de mayo, octubre y abril son los meses más lluviosos respectivamente, presentándose en el resto de los meses una buena distribución de la precipitación.

La evapotranspiración media anual se sitúa en 106 mm/mes, aunque cabe destacar que esta disminuye con el ciclo del cultivo debido a la sombra que proyecta él mismo conforme tiene lugar su desarrollo y crecimiento.

La iluminación desempeña un papel fundamental en el ciclo del cultivo, especialmente en el periodo de maduración del fruto. En ese periodo, desde abril hasta septiembre, tanto la radiación como el número de horas de sol que recibe la parcela de estudio son adecuados.

Los posibles problemas tanto fisiológicos como mecánicos que cabe esperar debido a los fuertes vientos son mínimos según valores obtenidos. Por otro lado, los vientos suaves son muy beneficiosos

para el cultivo ya que, como se ha comentado anteriormente, la polinización de este cultivo es anemófila.

Por último, cabe destacar que las direcciones predominantes del viento son sudeste, desde el mes de mayo hasta el mes de septiembre (periodo estival) y suroeste el resto de los meses.

### **3.4. Características edafológicas**

El análisis de suelo es una herramienta muy importante para conocer el nivel de fertilidad del suelo, sus condiciones físicas y planificar la fertilización.

En la parcela donde se implantará la plantación se ha realizado un análisis de suelo.

Las muestras para el análisis de suelo de la parcela de estudio fueron recogidas a dos profundidades distintas, superficialmente (0-20 cm) y en profundidad (20-40 cm). Se recogieron numerosas muestras juntando posteriormente las muestras de la misma profundidad y homogeneizándolas, obteniéndose así muestras compuestas. El método de muestreo seguido fue el de zig-zag. Dichas muestras se secaron al aire en laboratorio y posteriormente se procedió a su análisis. La textura del suelo de la parcela es franca, el pH es básico (8,6), la conductividad eléctrica media es 0,6 dS/m y el porcentaje de carbonatos varía entre el 27 y el 62%.

El pistachero, pese a ser una especie muy rústica, prefiere texturas franco-arenosas con buena aireación y en las cuales no existan problemas de asfixia radicular, por lo tanto, el suelo de la parcela es beneficioso para el cultivo.

El nivel medio de materia orgánica obtenido en los primeros 20 cm es bajo (1,19%), por lo que para soslayar este problema se debe incorporar abono antes de la plantación, preferiblemente en profundidad.

En el **Anexo 4** dedicado al estudio edafológico se abordan y estudian con más detenimiento las propiedades edafológicas del suelo de la parcela.

### **3.5. Vegetación espontánea**

La vegetación que se desarrolla de forma espontánea en los lindes de la parcela, y en la misma, consta de las siguientes especies:

- Grama (*Agropyrum repens L.*)
- Cardo corredor (*Eryngium campestre L.*)
- Junco de esteras (*Juncus effusus L.*)
- Amapola (*Papaver rhoeas L.*)
- Avena loca (*Avena fatua L.*)

- Caña común o caña de Castilla (*Arundo donax L.*)

Las parcelas colindantes están dedicadas al cultivo de especies leñosas en secano, almendro y viñedo, al norte y al sur respectivamente. En otras parcelas cercanas a la parcela de estudio, no colindantes, se pueden encontrar especies herbáceas anuales en secano, como cebada, trigo, avena o triticale.

### **3.6. Disponibilidad y equipo**

El propietario de la parcela cuenta con la maquinaria necesaria para realizar las labores pertinentes y necesarias en el cultivo del pistacho.

En cuanto a los recursos humanos, el propietario de la parcela cuenta con la mano de obra propia, encargándose de todas las tareas necesarias y/o pertinentes; en momentos puntuales de mayor necesidad de mano de obra, los miembros de la familia serán los que le ayuden a realizar las labores.

El propietario dispone de la siguiente relación de maquinaria:

- Tractor de 180 CV con pala cargadora
- Tractor de 80 CV
- Remolque de carga de 8 toneladas de capacidad
- Remolque esparcidor de 5 toneladas
- Abonadora de 800 kg
- Cultivador de 15 brazos
- Subsolador de 7 brazos
- Rulo alisador de 4 metros de anchura
- Grada de discos de 2 ejes
- Equipo de pulverización con cuba de 3.500 litros

También dispone de una motosierra y diversas herramientas manuales como tijeras de poda, pala y azada.

Toda la maquinaria es almacenada en naves de las que dispone el propietario con el fin de evitar el deterioro de la misma.

## 4. ASPECTOS AGRONÓMICOS

### 4.1. Condicionantes edafo-climáticos

El pistachero es un árbol con muy buena adaptación al clima mediterráneo. En este cultivo, las temperaturas marcan procesos muy importantes como la viabilidad del injerto, la época de floración, el desarrollo del fruto y la recolección.

El pistachero requiere veranos largos y muy calurosos, estando adaptados a que estos sean secos, e inviernos fríos o muy fríos, aunque sin una humedad prolongada.

La resistencia del pistachero al frío es muy similar a la de la vid y superior a la del olivo. En sus distintas variedades de injerto, existen diferentes rangos de resistencia a las bajas temperaturas.

Este cultivo requiere una acumulación de horas frío (HF) durante su periodo de reposo invernal para que su brotación sea óptima y homogénea. Esta brotación se inicia una vez cubiertas las necesidades de horas frío y comienza a ser notable el ascenso de las temperaturas debido a la salida del invierno. Si no se cubren estas necesidades de horas frío, la brotación será irregular pudiendo no llegar a florecer, lo que repercutirá directamente en la producción.

Por otro lado, el pistachero es muy sensible a las heladas primaverales ya que estas afectan gravemente a la floración. Por este motivo es muy importante la elección adecuada de las variedades según su época de floración en función de la zona donde se implante el cultivo.

En cuanto a suelos, es conocida la excelente adaptación edáfica del pistachero, siendo capaz de vegetar sin inconvenientes en terrenos muy pobres y marginales, en los cuales otros cultivos no lo harían. No obstante, los suelos más favorables para este cultivo son los francos o franco-arenosos.

Es destacable su gran resistencia a la salinidad, lo que permite utilizar aguas de riego de baja calidad, así como su elevada resistencia a la sequía, que permite obtener buenas producciones en secano. Aunque es recomendable un mínimo riego para aumentar la producción y la calidad del fruto.

### 4.2. Elección del portainjerto y variedades

Las especies del género *Pistacia* que pueden ser usadas como portainjertos vienen detalladas en el **Anexo 5**. En él, vemos que hay cinco principales porta injertos, sin embargo, los más utilizados en España con diferencia son *Pistacia terebinthus* L. y *Pistacia atlántica*.

La elección del portainjerto viene condicionada por el vigor, la resistencia a plagas y enfermedades, las características edafoclimáticas de la zona y la afinidad con la variedad que se vaya a injertar sobre él.

Con todo lo dicho, el porta injerto o patrón elegido es *P. terebinthus L.*, también conocido como cornicabra, el cual destaca por su gran rusticidad, por su elevada resistencia al frío, por su baja tendencia a la vecería y por ser la única especie de carácter autóctono de todas las empleadas como porta injerto del pistachero.

En lo referente a las variedades, la elección de estas viene determinada por diferentes factores según sea el caso de la variedad femenina o masculina.

La elección de la variedad femenina viene determinada fundamentalmente por el riesgo de heladas primaverales y por el número de horas frío de la zona concreta. Dada la zona concreta en la que se encuentra la parcela objeto de la plantación, los dos cultivares más idóneos para la misma serían el cv. *Kerman* y el cv. *Kastel*, ya que ambos presentan las características más adecuadas como floración tardía, tamaño de fruto grande, buen rendimiento productivo y vigor y productividad medios, sin embargo, el cv. *Kerman* sigue siendo la variedad preferida tanto por productores, procesadores y consumidores como consecuencia de su gran rendimiento, excelente calidad, fácil recolección, gran tamaño y fácil apertura. Por tanto, como consecuencia de estas causas y teniendo en cuenta los factores determinantes, el cultivar o variedad elegida para la plantación objeto del presente proyecto es la variedad *Kerman*.

En el caso de la variedad masculina, se busca que sea buena productora de polen, así como que este sea de buena calidad y alto poder germinativo. El cultivar masculino elegido ha sido el cv. *Peter* ya que, además de ser una variedad vigorosa, con buena producción y cantidad de polen con elevado poder germinativo, es una variedad que se ha utilizado tradicionalmente para polinizar el cv. *Kerman* aprovechando que su antesis suele solapar una parte muy importante del periodo de floración de esta variedad femenina.

### **4.3. Elección del marco de plantación**

El marco de plantación elegido debe proporcionar al cultivo las condiciones más favorables posibles en cuanto a desarrollo de los árboles, aireación e iluminación. En el **Anexo 6** de este proyecto se estudian con detenimiento los distintos marcos de plantación posibles, eligiéndose finalmente el marco de plantación rectangular de 6 x 7 metros, siendo por tanto la distancia entre líneas de cultivo de 7 metros (ancho de calle) y la distancia entre dos árboles consecutivos de una misma fila de 6 metros.

Esta elección se justifica en que la forma de la parcela donde se ubicará la plantación es rectangular, y por tanto, con el marco de plantación elegido se obtendrá un mayor aprovechamiento del terreno, además de una correcta mecanización del cultivo.

La densidad de plantación que se obtiene con esta distribución del cultivo es de:  $10.000 \text{ m}^2 / (7\text{m} \times 6 \text{ m}) = 238$  árboles/ hectárea.

Finalmente, con el fin de facilitar la mecanización en la parcela se guardará una distancia de 5 metros con respecto a los linderos.

#### **4.4. Polinización**

En el cultivo del pistacho, al tratarse de una especie dioica, la plantación estará formada por ejemplares masculinos y femeninos. De la distribución de los mismos dependerá la polinización del cultivo, y por ende, la producción.

La polinización en el cultivo del pistacho es anemófila (por viento), razón por la que es fundamental un buen diseño y distribución de los árboles en busca de que dicha polinización sea la máxima posible.

La polinización entomófila, mediante la introducción de insectos como las abejas, no es provechosa debido a que estos insectos únicamente son atraídos por las flores masculinas, pero no posteriormente por las femeninas. Por lo que suponen un inconveniente ya que se produce pérdida de polen.

#### **4.5. Elección del sistema de mantenimiento**

Con las labores de mantenimiento se pretende proporcionar al cultivo un medio óptimo para su desarrollo con acciones como la mejora de las propiedades del suelo o evitando la competencia de la vegetación espontánea.

Tras el estudio de los distintos tipos de manejo de suelo realizado en el **Anexo 9**, se ha elegido el laboreo convencional como sistema de manejo para la plantación objeto de este proyecto, consistiendo éste en 3 o 4 pases de labor al año con el fin de eliminar vegetación e incorporar los abonos necesarios sin ocasionar un excesivo desgaste del suelo.

Respecto a cubiertas vegetales, en los primeros años del cultivo no se introducirán con el fin de evitar posibles enfermedades y daños causados por roedores que podrían ocasionar la muerte de las plantas como consecuencia de su escasa edad. Una vez el cultivo sea adulto y no se presenten problemas en su producción, se optará por establecer en la parte central de las calles una cubierta vegetal de especies espontáneas, la cual conllevará la siega de las mismas para evitar la competencia entre malas hierbas y cultivo, pero manteniendo el terreno vestido de vegetación.

#### **4.6. Plantación**

Las operaciones de preparación del terreno y plantación se recogen en los **Anexos 7 y 8**, respectivamente.

Puesto que la parcela donde se implantará el cultivo se encuentra en barbecho, no será necesario el alzado de ningún cultivo anterior. La primera labor que se realizará será el desfonde o subsolado con el fin de facilitar el desarrollo del sistema radicular, conseguir un terreno más permeable, eliminar raíces existentes, aumentar la aireación e incorporar enmiendas o abonos de fondo. Para conseguir óptimos resultados se aconseja realizarla en tempero, es decir, con suelo suficientemente húmedo pero no mojado en exceso.

En segundo lugar se realizará un despedregado superficial del terreno de forma manual para eliminar las posibles piedras emergidas en el desfonde así como existentes con anterioridad con el fin de favorecer las labores de cultivo y mecanización.

Tras el despedregado se dará un pase ligero con un rulo alisador para conseguir un alisado del terreno así como una compactación parcial del mismo para evitar excesivas pérdidas de suelo por contacto aéreo.

Un par de meses antes de que tenga lugar la plantación del cultivo, se llevará a cabo el abonado de fondo con el fin de que éste se encuentre disponible cuando se establezca la plantación.

Finalmente, se realizarán en un mismo pase las operaciones de gradeo y alisado con rulo, consiguiendo así desterronar superficialmente el terreno y alisarlo de cara al posterior marcaje de la plantación.

Una vez realizado el conjunto de labores de preparación del terreno nombrado anteriormente, se realizará el marcaje de la plantación, lo que consiste en señalar físicamente mediante cañas el lugar donde deberán ir situados los árboles. Es importante señalar de forma distinta los lugares donde se deberá injertar la variedad femenina y la masculina.

La plantación, por decisión del propietario, se realizará de forma manual. Para ello será necesaria una determinada mano de obra para la que se prestarán familiares del propietario. Una vez finalizada la plantación se dará un riego postplantación para favorecer el arraigo de las plantas.

#### **4.7. Poda**

La poda es una operación fundamental y determinante en el desarrollo de una plantación para poder dar la forma deseada al árbol.

A la hora de proceder a la poda en un cultivo, es necesario tener en cuenta las características del mismo como el vigor, el tipo de crecimiento de la especie y su ramificación y fructificación para poder realizarla de forma que se favorezca su desarrollo y fructificación, sin causar daños en su funcionamiento.

En el cultivo objeto de este proyecto se procederá inicialmente a la poda de formación del conjunto de árboles que componen la plantación, con el fin de obtener en ellos una estructura adecuada y equilibrada con óptima aireación e iluminación. Su ejecución consistirá en formar la cruz del árbol a una determinada altura del suelo, la cual estará formada por tres ramas principales, formando entre sí un ángulo de 120 grados, las cuales serán el apoyo de las ramas secundarias.

Posteriormente, alrededor del sexto año desde el injerto se ejecutará el sistema de poda de producción, eliminando todas las ramas que se dirijan hacia el interior del árbol, ramas laterales que interfieran con otras mejor situadas y aquellas que formen ángulos excesivamente agudos; además se despuntarán las ramas para eliminar la dominancia apical, favorecer la ramificación y dar mayor vigor al árbol. En el **Anexo 10** de este proyecto se recoge con más detalle el plan de poda que se llevará a cabo en la plantación objeto de este proyecto.

#### **4.8. Fertilización**

El pistachero, pese a ser una especie muy rústica capaz de desarrollarse en suelos muy pobres, responde bien a la aplicación de abonos, especialmente en suelos con niveles de fertilidad bajos.

El **Anexo 11** recogen los programas de abonado que se llevarán a cabo tanto antes de la plantación como posterior a la misma.

Previamente a la implantación del cultivo se realizará una aportación de abono orgánico de 300 U.F./ ha de fósforo y de 400 U.F./ ha de potasio. En cuanto al abonado orgánico, en el análisis del suelo se obtuvo un nivel de materia orgánica muy bajo, por lo que se aportará unos, tres meses antes de la plantación, abono orgánico a base de estiércol en una cantidad de 40 toneladas por hectárea para mejorar la estructura y fertilidad de suelo.

Una vez puesta la plantación, el abonado se realizará una vez al año, con el fin de cubrir las necesidades de reservas de nutrientes en el suelo y las necesidades de consumo del árbol.

Para saber cuáles son esas necesidades es preciso realizar análisis de suelo y análisis foliares que proporcionen información del nivel de nutrientes del suelo y de las hojas, programando el abonado en función de ellos.

El programa de abonado que se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2), es un programa recomendado en las principales áreas de cultivo de Turquía, con muchas similitudes en clima y en suelo con muchas zonas de Castilla-La Mancha. Dicho programa ofrece el número de unidades fertilizantes a incorporar a cada árbol en función de la concentración de cada nutriente principal en la hoja.

**Tabla 2. Cantidades de unidades de macronutrientes por árbol (g) aconsejadas en Turquía en función de la concentración de los elementos principales en hoja (% de materia seca) a partir del décimo año.**

N	N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O
< 1,8	500	< 0,06	500	< 0,4	750
1,8-2,2	400	0,06-0,1	400	0,4-0,8	500
2,2-2,5	300	0,1-0,13	300	> 0,8	NC
> 2,5	NC	> 0,13	NC		

NC: Necesidades Cubiertas

Fuente: “El cultivo del Pistacho” Couceiro et al., 2013.

#### 4.9. Protección del cultivo

En el cultivo del pistacho, hasta el momento, no se ha visto afectado por plagas o enfermedades importantes, probablemente debido a ser un cultivo relativamente nuevo, por lo que no se descarta la aparición futura de las mismas.

Concretamente en Castilla-La Mancha, las condiciones de baja humedad relativa en verano y las extremas temperaturas propician la reducida aparición de parásitos.

El estudio de las plagas y enfermedades del cultivo del pistacho se estudian con más esmero en el **Anexo 12** de este proyecto. Las plagas más habituales de este cultivo suelen ser pulgones y gorgojos, y en menor medida, ácaros.

Cabe destacar la sensibilidad de esta especie a la verticilosis (*Verticilium dahliae*), enfermedad que ataca a la raíz y a los tejidos basculantes de la planta causando su marchitamiento y desecamiento. Es más común la presencia de esta enfermedad en plantaciones de regadío que en secano.

#### 4.10. Recolección

En el **Anexo 13** de este proyecto, se recogen con detalle todas las operaciones relativas a la recolección y procesado del fruto, fundamentales para cualquier explotación.

En Castilla-La Mancha, la mayor parte de las variedades de pistacho adquieren el óptimo de maduración a lo largo del mes de septiembre. La madurez de los frutos se pone de manifiesto con el cambio de color de la envoltura externa (epicarpio) desde un color verde a uno rosado.

La recolección se puede realizar en una o varias pasadas. Si se realiza en un único pase con el fin de reducir costes, el momento óptimo será cuando el 50-60% de los frutos tengan en epicarpio rosado-rojizo. La recolección debe realizarse en periodos secos para evitar la contaminación de los frutos por hongos.

Durante los primeros años de cultivo (del 4º al 7º año aproximadamente) la recolección se realizará empleando una mochila vibradora a rama; a partir del séptimo/ octavo año de cultivo, la recolección se realizará utilizando un vibrador a tronco con paraguas recolector acoplados a un tractor.

Tras la recolección, el propietario de la explotación llevará a cabo el pelado del fruto en las primeras 24 horas tras la recolección, tras esto realizará el secado del fruto extendiendo la producción sobre malla permeable en naves agrícolas ventiladas durante tres/ cuatro días. Posteriormente la producción será llevada a una planta de procesado.

## **5. DISEÑO DEL RIEGO**

En el **Anexo 14** de este proyecto se recoge detalladamente todo el diseño del riego, tanto el diseño agronómico como el hidráulico, a pesar de que en un principio no se llevará a cabo su instalación, pero si es probable que se ejecute en un futuro próximo.

Cabe destacar que la puesta en marcha de este diseño de riego conllevaría la perforación previa de un pozo del que se obtendría el agua de riego, ya que es conocida la existencia de aguas subterráneas en dicha parcela.

El empleo del sistema de riego es un modelo que se implantaría con el fin de mejorar la producción del sistema agrícolas al que va asociado, ya que el riego es la práctica agronómica que más incrementa la productividad de una parcela.

El cultivo del pistacho es muy resistente frente al estrés hídrico, pudiéndose cultivar por ello en secano, sin embargo, por ese mismo motivo tiene una respuesta muy positiva al riego.

### **5.1. Diseño agronómico**

En el diseño agronómico se recogen los momentos de riego, dosis, emisores y resto de componentes necesarios para llevar a cabo la correcta instalación.

Así, tras calcular las necesidades totales de riego, se diseñó un sistema agronómico formado por emisores con un caudal unitario de 3,5 litros/hora separados a 0,5 metros entre ellos, siendo 24 el número de emisores por planta, los cuales se encontrarán repartidos en dos laterales por fila de planta separados a 0,5 metros entre laterales de una misma fila y 5,5 metros entre laterales de filas continuas de plantas.

Los momentos de riego vienen detallados en la Tabla 3, donde se muestra para cada mes las necesidades totales de riego (NTr), el número de riegos semanales (NRS), el intervalo entre riegos (I) y el tiempo que deben durar dichos riegos. En dicha tabla se ha ido jugando con el intervalo entre riegos

para adaptar el tiempo de riego a jornadas comprendidas entre 3 y 4 horas, las cuales posteriormente se harían coincidir con las horas valle con el fin de reducir los costes económicos de consumo eléctrico.

**Tabla 3. Número de riegos semanales, intervalo y tiempo de riego para una temporada anual de cultivo.**

MES	NTr (L/día/árbol)	NRS	I	Tiempo riego (horas)
Enero	0,0	1	7	0
Febrero	0,0	1	7	0
Marzo	0,0	1	7	0
Abril	12,8	1	7	1,07
Mayo	122,7	3	2,3	3,41
Junio	257,0	6	1,2	3,57
Julio	298,6	7	1	3,55
Agosto	261,6	6	1,2	3,63
Septiembre	124,2	3	2,3	3,45
Octubre	43,5	1	7	3,63
Noviembre	0,0	1	7	0
Diciembre	0,0	1	7	0

**Fuente: Elaboración propia.**

La sectorización del riego de la parcela se ha realizado teniendo en cuenta la superficie de la misma, el caudal disponible y el caudal requerido. Como el caudal requerido es superior al caudal disponible, se descarta la posibilidad de realizar un riego simultáneo a toda la plantación, siendo 2 el número de sectores en los que se dividirá el riego.

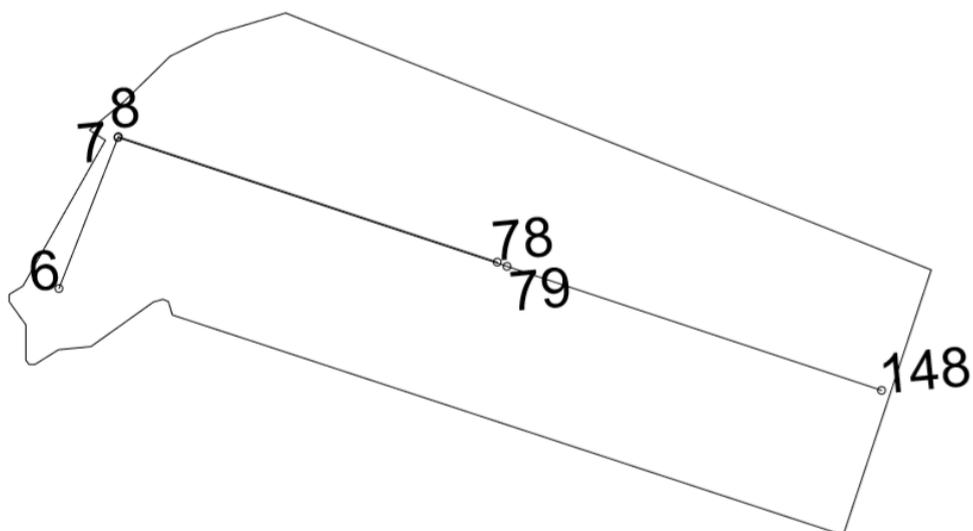
## 5.2. Diseño hidráulico

En este apartado se detallan las características del emisor elegido y de la red de riego, tanto de los ramales de riego como de las tuberías secundarias y terciarias, teniendo en cuenta el diseño agronómico anterior. También se detalla la distribución de tuberías en los sectores de riego, el cabezal de riego y la bomba elegida.

En primer lugar, se ha elegido un emisor de tipo autocompensante AZUD o similar, integrado en una tubería de polietileno de 20 mm de diámetro. Las características de este tipo de emisor se adecuan a las necesidades que se requieren en la instalación de riego.

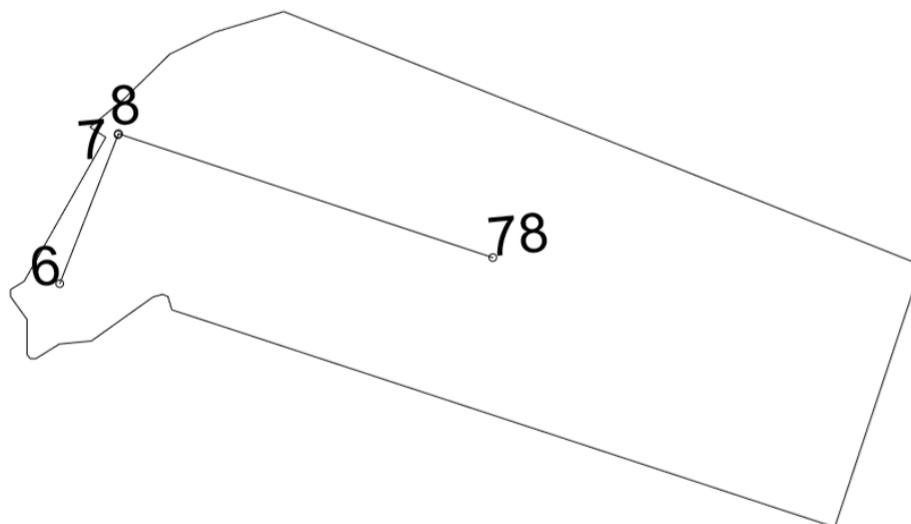
En cuanto a la distribución de las tuberías en los sectores de riego, en las Figuras 3, 4 y 5 se muestra detallada dicha distribución.

En la Figura 3 se representa un croquis general de la distribución de tuberías de los dos sectores.

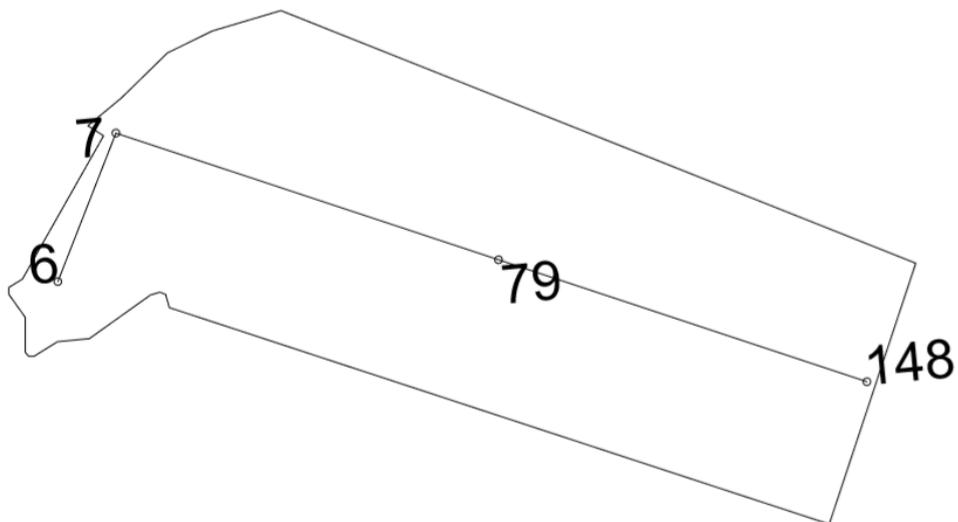


**Figura 3. Distribución de tuberías en los dos sectores de riego. Fuente: Elaboración propia.**

En la Figura 4 se muestra con más detalle la distribución de tuberías del sector 1, así como en la Figura 5 se muestra la del sector 2.



**Figura 4. Distribución de tuberías en el sector 1. Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 5. Distribución de tuberías en el sector 2. Fuente: Elaboración propia.**

La tubería portaemisores (laterales), como se ha dicho anteriormente será una tubería de polietileno de 20 mm de diámetro. Sin embargo, tanto las tuberías portilaterales (terciarias) como las tuberías de la red secundaria y primaria serán tuberías de PE100 con un diámetro nominal normalizado de 125 mm, siendo su diámetro interno de 115,4 mm.

En la Tabla 4 se muestra un cuadro resumen de las tuberías de la red de distribución primaria, secundaria y terciaria. En dicho cuadro, se ha estimado tanto la presión que debe proporcionar la bomba así como las pérdidas de carga que se producen en el equipo de filtrado.

**Tabla 4. Cuadro resumen de las tuberías de la red de distribución primaria, secundaria y terciaria.**

Sector	Línea	Tipo de línea	Nudo -	Nudo +	Caudal línea (L/h)	Caudal línea (m <sup>3</sup> /h)	Caudal línea (m <sup>3</sup> /s)	Longitud (m)	Diámetro interno teórico (mm)	Diámetro interno (mm)	Diámetro nominal (mm)	Velocidad real (m/s)	Pérdida de carga (m)
Común	1 - 2	Tubería	1	2	67620	67,62	0,0188	1,00	109,35	115,4	125	1,80	0,024
Común	2 - 3	Bomba	2	3	67620	67,62	0,0188					0,00	-35,000
Común	3 - 4	Tubería	3	4	67620	67,62	0,0188	1,00	109,35	115,4	125	1,80	0,024
Común	4 - 5	Filtrado	4	5	67620	67,62	0,0188					0,00	10,000
Común	5 - 6	Tubería	5	6	67620	67,62	0,0188	2,00	109,35	115,4	125	1,80	0,048
Común	6 - 7	Tubería	6	7	67620	67,62	0,0188	84,45	109,35	115,4	125	1,80	2,022
1	7 - 8	Tubería	7	8	67620	67,62	0,0188	0,50	109,35	115,4	125	1,80	0,012
1	8 - 78	Consumo	8	78	67620	67,62	0,0188	206,93	109,35	115,4	125	1,80	4,955
2	7 - 79	Tubería	7	79	67620	67,62	0,0188	212,46	109,35	115,4	125	1,80	5,087
2	79 - 148	Consumo	79	148	67620	67,62	0,0188	204,50	109,35	115,4	125	1,80	4,896

**Fuente: Elaboración propia.**

Para el dimensionado de la bomba, en el **Anexo 14** se trabaja con datos aproximados, puesto que no se pueden obtener exactamente dichas medidas al no estar realizado el pozo actualmente. Una vez se realice, se realizarán las medidas necesarias y se volverán a comprobar los cálculos.

Se optaría por elegir para la instalación una electrobomba sumergible de la casa comercial “Bombas Prinze” o similar, concretamente el modelo VS-46/10 que ofrece 20 CV, cumpliendo con la exigencia de caudal a la altura manométrica a la que se encontrará.

El cabezal de riego incluye, a parte de la bomba, una serie de componentes sin los cuales se dificultaría el correcto funcionamiento de la instalación. Se ubica junto al pozo, en una caseta de obra que se describe en el **Anexo 15**.

Dicho cabezal de riego estará formado en primer lugar por la bomba, la cual estará sumergida, seguida del equipo de filtrado, contador tipo Woltman, programador de riego automático y un sistema de parada de emergencia. En el **Plano N°5** se muestran con mayor detalle todos los componentes del cabezal de riego.

## **6. INGENIERÍA DE LAS OBRAS**

En el **Anexo 15** de este proyecto se recoge detalladamente toda la edificación de la caseta de riego, a pesar de que en un principio no se llevará a cabo su construcción, pero si es probable que se ejecute en un futuro próximo si se decide implantar el diseño de riego descrito anteriormente.

Consiste en la edificación de una caseta de riego de dimensiones algo mayores a lo habitual con el fin de poder albergar en ella productos o materiales agrícolas si se desea. En su interior, tal y como se detalla en el Plano N°5, se ubicará el cabezal de riego de la instalación hidráulica descrita en el **Anexo 14**.

Por otro lado, en los **Planos N°6, 7, 8 y 9** se exponen todas las características de dicha caseta con mayor detalle.

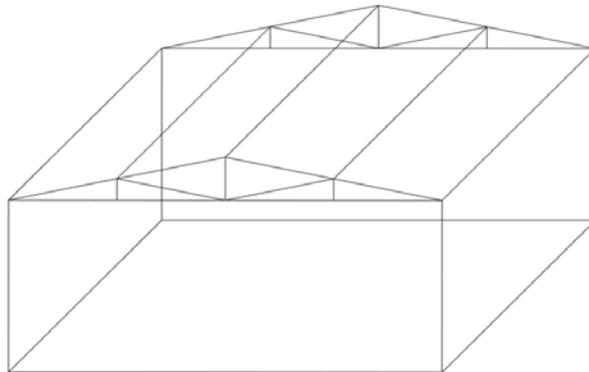
Las dimensiones que se han determinado para la caseta de riego son de 5 metros de largo y 10 metros de ancho, por lo que tendrá una superficie de 50 metros cuadrados.

La estructura elegida en base a los valores funcionales y económicos perseguidos es una estructura formada por cerchas simples, cuyas características son:

- Luz = 10 metros
- Pendiente cubierta = 11, 31°
- Altura pilares = 4 metros
- Separación entre correas = 2,5 metros
- Separación entre cerchas = 5 metros

- Separación entre pilares = 5 metros

En la Figura 6 se muestra la estructura principal de la caseta de riego.



**Figura 6. Estructura principal de la caseta de riego. Fuente: Elaboración propia.**

El acero que se utilizará para la edificación en la cercha, pilares y correas será el **Acero S275R** cuyas características son:

- $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$
- $f_u = 410 \text{ N/mm}^2$
- $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
- $\gamma_{M1} = 1,05$
- $f_{yd} = 250 \text{ N/mm}^2$
- Tensión admisible =  $2500 \text{ kg/cm}^2$

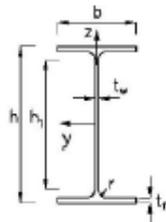
Respecto a la cimentación se utilizará hormigón tipo *HA-25* cuyas características son:

- $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- $\gamma_c = 1,5$
- $f_{cd} = 166,6 \text{ Kp/cm}^2$

Para el hormigón armado se utilizará acero corrugado *B500S* cuyas características son:

- $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$
- $\gamma_s = 1,15$
- $f_{yd} = 4435 \text{ Kp/cm}^2$

El perfil elegido para las correas ha sido un perfil IPE-160, cuyas características y valores estáticos se muestran en la Figura 7.



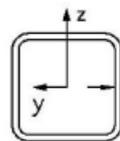
### VALORES ESTÁTICOS DE LOS PERFILES IPE

$I_T$ : Módulo de torsión  
 $I_x$ : Módulo de alabeo  
 $h_1$ : Altura parte plana del alma  
 C: Clase de sección según SE-A para S275 en compresión. En flexión son siempre de Clase 1.

IPE	Dimensiones en mm					Sección A cm <sup>2</sup>	Peso P kg/m	Referido al eje						$W_{ply}$ cm <sup>3</sup>	$W_{plz}$ cm <sup>3</sup>	$I_T$ cm <sup>4</sup>	$I_x$ cm <sup>6</sup>	$h_1$ cm	C	IPE
	h	b	$t_w$	$t_f$	r			Y-Y			Z-Z									
								$I_{y1}$ cm <sup>4</sup>	$W_{y1}$ cm <sup>3</sup>	$i_{y1}$ cm	$I_{z1}$ cm <sup>4</sup>	$W_{z1}$ cm <sup>3</sup>	$i_{z1}$ cm							
80	80	46	3.8	5.2	5	7.64	6.00	80.1	20.0	3.24	8.49	3.69	1.05	23.2	5.82	0.72	118	60	1	80
100	100	55	4.1	5.7	7	10.3	8.10	171	34.2	4.07	15.9	5.79	1.24	39.4	9.15	1.14	351	75	1	100
120	120	64	4.4	6.3	7	13.2	10.4	318	53.0	4.90	27.7	8.65	1.45	60.8	13.58	1.77	890	93	1	120
140	140	73	4.7	6.9	7	16.4	12.9	541	77.3	5.74	44.9	12.3	1.65	88.4	19.25	2.63	1981	112	1	140
160	160	82	5.0	7.4	9	20.1	15.8	869	109	6.58	68.3	16.7	1.84	123.8	26.1	3.64	3959	127	1	160
180	180	91	5.3	8.0	9	23.9	18.8	1320	146	7.42	101	22.2	2.05	166.4	34.6	5.06	7431	146	1	180
200	200	100	5.6	8.5	12	28.5	22.4	1940	194	8.26	142	28.5	2.24	220	44.61	6.67	12990	159	1	200

Figura 7. Características y valores estáticos de los perfiles IPE. Fuente: Apuntes de Resistencia de Materiales y Estructuras-Universidad Politécnica de Valencia.

Para el caso de este proyecto, los perfiles que se utilizarán para el dimensionamiento de la cercha serán tubos cuadrados huecos. En la Figura 8 se puede apreciar una parte de los distintos perfiles de tubo cuadrado hueco así como sus características.



### TUBO CUADRADO HUECO

$W_{ply}$ : Momento resistente plástico  
 $W_y$ : Momento resistente elástico  
 $I_T$ : Módulo de torsión  
 C: Clase de sección según SE-A para S275 en compresión y en flexión (son coincidentes).

Perfil a (mm)	t mm	A cm <sup>2</sup>	P Kg/ml	Referido al eje Y-Y ó Z-Z				C	$I_T$
				$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_{ply}$ cm <sup>3</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm		
40	3.0	4.13	3.24	9.01	5.6	4.51	1.48	1	15.6
	4.0	5.21	4.09	10.5	6.8	5.26	1.42	1	18.9
60	3.0	6.53	5.13	34.4	13.78	11.50	2.30	1	55.5
	4.0	8.41	6.60	42.3	17.32	14.10	2.24	1	70.2
	5.0	10.10	7.96	48.5	20.4	16.20	2.19	1	83.1
80	3.0	8.93	7.01	86	25.6	21.70	3.11	1	136
	4.0	11.60	9.11	108	32.6	27.20	3.06	1	175
	5.0	14.10	11.10	128	39.0	32.00	3.01	1	210
	6.0	16.50	13.00	144	44.8	36.00	2.95	1	243
100	3.0	11.30	8.89	175	40.2	35.00	3.93	2	273
	4.0	14.80	11.60	223	52.8	44.60	3.88	1	363
	5.0	18.10	14.20	266	63.8	53.10	3.83	1	428
	6.0	21.30	16.70	304	74.0	60.70	3.77	1	498

Figura 8. Perfiles de tubo cuadrado hueco y sus características. Fuente: Apuntes de Resistencia de Materiales y Estructuras-Universidad Politécnica de Valencia.

En la Tabla 5 se muestran los perfiles elegidos para cada barra de la cercha.

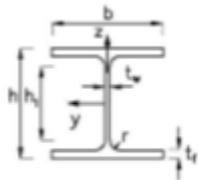
**Tabla 5. Perfiles elegidos para el dimensionamiento de la cercha.**

Barra	Axil (kg)	Orden perfil	Nombre perfil	Área perfil (cm <sup>2</sup> )	Radio de giro (cm)	Tensión de trabajo (kg/m <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Esbeltez	E = 210000 kg/cm <sup>2</sup>		
									Tensión Crítica (kg/cm <sup>2</sup> )	Comprobación por resistencia	Comprobación por pandeo
1 - 2	-18643,18	2	#80x5	14,1	3,01	-1322,21135	255	84,717608	2887,830311	CUMPLE	CUMPLE
2 - 4	-12428,7866	2	#80x5	14,1	3,01	-881,474227	255			CUMPLE	CUMPLE
4 - 6	-12428,7866	2	#80x5	14,1	3,01	-881,474227	255			CUMPLE	CUMPLE
6 - 8	-18643,18	2	#80x5	14,1	3,01	-1322,21135	255	84,717608	2887,830311	CUMPLE	CUMPLE
1 - 3	18281,14	2	#80x5	14,1	3,01	1296,53475	250	83,0564784	3004,498655	CUMPLE	
3 - 5	18281,14	2	#80x5	14,1	3,01	1296,53475	250	83,0564784	3004,498655	CUMPLE	
5 - 7	18281,14	2	#80x5	14,1	3,01	1296,53475	250			CUMPLE	
7 - 8	18281,14	2	#80x5	14,1	3,01	1296,53475	250	83,0564784	3004,498655	CUMPLE	
<b>Diagonales</b>											
2 - 5	-6214,39341	1	#60x5	10,1	2,19	-615,286476	255	116,438356	1528,716345	CUMPLE	CUMPLE
5 - 6	-6214,39341	1	#60x5	10,1	2,19	-615,286476	255	116,438356	1528,716345	CUMPLE	CUMPLE
<b>Montantes</b>											
4 - 5	2437,5	1	#60x5	10,1	2,19	241,336634	100			CUMPLE	
2 - 3	0	1	#60x5	10,1	2,19	0	0,5	0,2283105	397619121,2	CUMPLE	
6 - 7	0	1	#60x5	10,1	2,19	0	0,5	0,2283105	397619121,2	CUMPLE	

**Fuente: Elaboración propia.**

Como se puede apreciar en la Tabla 5, se ha optado por el perfil a= 80 mm en los cordones superiores e inferiores, mientras que en los montantes y diagonales se ha elegido el perfil a = 60 mm. Por tanto, la cercha estará constituida por dos tipos de perfiles.

Para el caso de los pilares, se ha optado por perfiles HEB, cuyos valores estáticos se muestran en la Figura 9.



**VALORES ESTÁTICOS DE LOS PERFILES HEB**

$I_T$ : Módulo de torsión  
 $I_x$ : Módulo de alabeo  
 $h_x$ : Altura parte plana del alma  
 $C$ : Clase de sección según SE-A para S275 en compresión. En flexión son siempre de Clase 1.

HEB	Dimensiones en mm					Sección A (cm <sup>2</sup> )	Peso P (kg/m)	Referido al eje						$W_{pl,y}$ (cm <sup>3</sup> )	$W_{pl,z}$ (cm <sup>3</sup> )	$I_T$ (cm <sup>4</sup> )	$I_x$ (cm <sup>4</sup> )	$h_x$ (cm)	C	HEB
	h	b	$t_w$	$t_f$	r			Y-Y			Z-Z									
								$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	$W_y$ (cm <sup>3</sup> )	$i_y$ (cm)	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	$W_z$ (cm <sup>3</sup> )	$i_z$ (cm)							
100	100	100	6	10	12	26.0	20.4	450	90	4.16	167	33	2.53	104.2	51.42	9.34	3375	56	1	100
120	120	120	6.5	11	12	34.0	26.7	864	144	5.04	318	53	3.06	165.2	80.97	14.9	9410	74	1	120
140	140	140	7	12	12	43.0	33.7	1509	216	5.93	550	79	3.58	246	119.8	22.5	22480	92	1	140
160	160	160	8	13	15	54.3	42.6	2492	311	6.78	889	111	4.05	354	170	33.2	47940	104	1	160
180	180	180	8.5	14	15	65.3	51.2	3831	426	7.66	1363	151	4.57	482	231	46.5	93750	122	1	180
200	200	200	9	15	18	78.1	61.3	5696	570	8.54	2003	200	5.07	642	305.8	63.4	171100	134	1	200

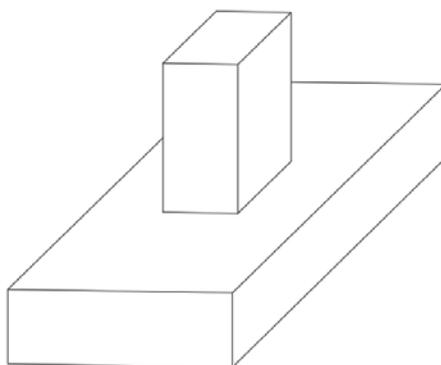
**Figura 9. Valores estáticos de los perfiles HEB. Fuente: Prontuario de perfiles SE-AE.**

En el caso de este proyecto se ha elegido el perfil HEB-200 como perfil constituyente de los pilares de la caseta.

Respecto a las acciones gravitatorias, el muro hastial recibe la mitad de las mismas. Normalmente existe un mayor número de pilares pero en el caso de este proyecto se colocará la misma celosía y número de pilares que los calculados para el pilar principal. Esta decisión tiene su justificación en que no se descarta la posible ampliación de la caseta en un futuro. Por este motivo es por el que se mantiene la misma celosía y pilares.

Respecto a la cimentación, en el **Anexo 16** se recopila y sintetiza la información procedente de un estudio geológico-geotécnico cercano a la parcela donde se implantará el cultivo objeto de este proyecto. La procedencia de los datos no se detalla puesto que se trata de un estudio geológico-geotécnico confidencial.

La cimentación de la caseta estará formada por zapatas centradas rectangulares. En cada zapata las dimensiones serán 2 metros de largo, 1,5 metros de ancho y 0,5 metros de alto. Y las dimensiones del enano serán 0,5 metros de largo, 0,5 metros de ancho y 1 metro de alto. En la Figura 10 se muestra el diseño de la estructura de la zapata y de la estructura del enano.



**Figura 10. Diseño de la estructura de la zapata y el enano. Fuente: Elaboración propia.**

Para realizar la armadura de hormigón armado, en este proyecto se utilizarán tubos de acero de 12 mm de diámetro con una separación entre ellos de 20 cm, como la zapata tiene una longitud de 2 metros, habrá que colocar 11 tubos de acero de 20 mm de diámetro, lo cual cumple con la cantidad de acero necesaria.

## **7. SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA**

La parcela cuenta con 6,7 hectáreas que en la actualidad se encuentran en barbecho. Con la nueva implantación de cultivo de pistacho se pretende conseguir un mejor aprovechamiento de la superficie de dicha parcela, así como la mejora de su rentabilidad y condiciones edáficas.

El pistachero es una especie leñosa caracterizada por su lenta entrada en producción y por su carácter alternante, el cual se intentará paliar con un adecuado manejo del cultivo.

A partir del tercer año desde el injerto comienzan a aparecer los primeros frutos, sin llegar a ser producciones rentables hasta el quinto o sexto año. La variación de las producciones anuales está muy influenciada por el manejo del cultivo (abono, riego, etc.).

Alrededor del décimo año desde el injerto suele tener lugar la plena producción del cultivo, siendo estas alrededor de 7,2 kg/árbol, lo que supondría en el caso de este proyecto 9468 kg, es decir,

1527 kg/ha de cultivo. Cabe destacar que la producción suele ir en aumento conforme se incrementa la edad del cultivo.

## 8. SEGURIDAD Y SALUD

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, es el Reglamento por el que se determinan las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, así como todas las medidas de Seguridad e Higiene en el trabajo. Se establece que todos los Proyectos deben incluir un Estudio de Seguridad y Salud, o un Estudio Básico de Seguridad y Salud para aquellos de pequeña envergadura como es el caso del presente Proyecto.

El **Anexo 17 “Estudio Básico de Seguridad y Salud”** recoge todos los riesgos posibles que pueden surgir durante el desarrollo del Proyecto, así como todas las medidas preventivas y de protección que deben adoptarse.

## 9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

<b>Resumen del presupuesto</b>	
<b>Capítulo</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>1. Preparación del Terreno</b>	<b>1.971,23</b>
<b>2. Zanjas</b>	<b>6.148,80</b>
<b>3. Red de Transporte</b>	<b>14.003,86</b>
<b>4. Cabezal de Riego</b>	<b>25.086,60</b>
<b>5. Plantación</b>	<b>50.015,63</b>
<b>6. Obra Civil Caseta Riego</b>	<b>7.751,91</b>
<b>7. Gestión de Residuos</b>	<b>576,80</b>
<b>8. Seguridad y Salud</b>	<b>2.216,76</b>
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>107.771,59</b>
0% de gastos generales	0,00
0% de beneficio industrial	0,00
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC=PEM+GG+BI)</b>	<b>107.771,59</b>

El presupuesto de ejecución material del proyecto: “NUEVA IMPLANTACIÓN DE CULTIVO DE PISTACHO EN EL T.M. DE MONTEALEGRE DEL CASTILLO (AB)” asciende a la cantidad de CIENTO SIETE MIL SETECIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

En Valencia, a 25 de Abril de 2019

Fdo.: Ciges Tomás, Javier.