



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Diseño de una plantación de vid en espaldera con sistema
de riego por goteo mediante bombeo solar en San
Clemente (Cuenca).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Redondo Madrid, José Javier

Tutor/a: Arviza Valverde, Jaime

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
NATURAL

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

AUTOR: JOSÉ JAVIER REDONDO MADRID

TUTOR: JAIME ARVIZA VALVERDE

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dar las gracias a mi tutor de este trabajo D. Jaime Arviza Valverde ya que sin él este trabajo no podía haber sido posible. Además, agradecerle también a Jaime los conocimientos adquiridos en la asignatura de ingeniería del riego, asimismo como los programas y su utilización, claves para el desarrollo de este proyecto.

También agradecer a mis compañeros por todo el apoyo y dudas resueltas a lo largo de toda la carrera.

Además, agradecer a toda mi familia, amigos y mi pareja por estar siempre ahí apoyándome a lo largo de este duro camino.

RESUMEN

Este proyecto tiene como principal objetivo el diseño de una plantación de vid en espaldera en el municipio de San Clemente (Cuenca) de 10,82 hectáreas, seleccionando el patrón y cultivar que mejor se adapte a la zona, intentando obtener de ella la máxima rentabilidad posible. Además, se llevará a cabo el diseño de la instalación de riego por goteo utilizada en esta explotación, de forma que queden cubiertas las necesidades hídricas del cultivo, incrementando su productividad, de la forma más eficaz y con el máximo aprovechamiento del recurso hídrico factible. Por último, esta instalación de riego se intentará adaptar de la forma más rentable admisible a la instalación solar fotovoltaica aislada de red que acciona la bomba, ya diseñada y disponible en la explotación, para obtener así una agricultura más sostenible. Sin embargo, las horas de riego que no puedan ser cubiertas por la instalación fotovoltaica se complementarán con un grupo electrógeno, para cubrir perfectamente las necesidades hídricas del cultivo y obtener la mayor rentabilidad posible de la explotación.

Palabras Clave: Plantación de vid; Selección de patrón y cultivar; Instalación sistema de riego; Riego por goteo.

RESUM

Aquest projecte té com a principal objectiu el disseny d'una plantació de vinya en espatlera en el municipi de San Clemente (Cuenca) de 10,82 hectàrees, seleccionant el patró i cultivar que millor s'adapte a la zona, intentant obtindre d'ella la màxima rendibilitat possible. A més, es durà a terme el disseny de la instal·lació de reg per degoteig utilitzada en aquesta explotació, de manera que queden cobertes les necessitats hídriques del cultiu, incrementant la seua productivitat, de la forma més eficaç i amb el màxim aprofitament del recurs hídric factible. Finalment, aquesta instal·lació de reg s'intentarà adaptar de la forma més rendible admissible a la instal·lació solar fotovoltaica aïllada de xarxa que acciona la bomba, ja dissenyada i disponible en l'explotació, per a obtindre així una agricultura més sostenible. No obstant això, les hores de reg que no puguen ser cobertes per la instal·lació fotovoltaica es complementaran amb un grup electrogen, per a cobrir perfectament les necessitats hídriques del cultiu i obtindre la major rendibilitat possible de l'explotació.

Paraules clau: Plantació de vinya; Selecció de patró i cultivar; Instal·lació sistema de reg; Reg per degoteig.

ABSTRACT

The main objective of this project is to design a 10.82 hectare trellised vine plantation in the municipality of San Clemente (Cuenca), selecting the rootstock and cultivar best suited to the area and trying to obtain the maximum possible profitability from it. In addition, the design of the drip irrigation installation used in this farm will be carried out, so that the water needs of the crop are covered, increasing its productivity, in the most efficient way and with the maximum use of the water resource feasible. Finally, this irrigation installation will be adapted in the most cost-effective way possible to the off-grid solar photovoltaic installation that drives the pump, already designed and available on the farm, in order to obtain a more sustainable agriculture. However, the irrigation hours that cannot be covered by the photovoltaic installation will be complemented with a generator set, in order to perfectly cover the water needs of the crop and to obtain the highest possible profitability for the farm.

Keywords: Vine planting; Rootstock and cultivar selection; Irrigation system installation; Drip irrigation.

ÍNDICE

MEMORIA	13
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 <i>Objetivo</i>	14
1.2 <i>Localización</i>	14
1.3 <i>Justificación de la elección del cultivo</i>	15
2. DISEÑO DE LA PLANTACIÓN DE VID	17
2.1 <i>Destino de la producción</i>	17
2.2 <i>Selección de cultivar</i>	17
2.2.1 Elección entre cultivares permitidos.....	17
2.2.2 Elección entre variedades tintas o blancas y justificación.....	18
2.2.3 Características del cultivar seleccionado, Airén.....	19
2.3 <i>Selección de patrón</i>	20
2.3.1 Suelo.....	20
2.3.2 Selección del patrón más adecuado.....	21
2.4 <i>Arquitectura y sistema de poda</i>	22
2.4.1 Arquitectura.....	22
2.4.2 Sistema de poda.....	22
2.5 <i>Elección del sistema de producción</i>	23
2.6 <i>Necesidades hídricas del cultivo</i>	23
2.6.1 Cálculo de las necesidades hídricas particulares a nuestra zona.....	24
2.7 <i>Fertilización</i>	25
2.7.1 Materia Orgánica.....	25
2.7.2 Aporte mineral de la gallinaza.....	27
2.7.3 Necesidades nutricionales anuales de la vid.....	28
2.7.4 Cálculo de aporte mineral externo adicional necesario.....	30
2.7.5 Fertirrigación.....	31
2.8 <i>Plantación</i>	31
2.8.1 Marco de plantación.....	31
2.8.2 Labores preplantación.....	32
2.8.3 Labores de plantación.....	32
2.8.4 Colocación de la espaldera y la tubería porta goteros.....	32
2.9 <i>Manejo de la explotación</i>	33
2.9.1 Control de las malas hierbas.....	33
2.9.2 Control de plagas y enfermedades.....	33
2.9.3 Poda.....	34
2.9.3.1 Poda en seco.....	34
2.9.3.2 Poda en verde.....	34
2.9.4 Vendimia.....	34
2.10 <i>Legislación</i>	35
3. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO	36
3.1 <i>Descripción de elementos disponibles</i>	36
3.1.1 Bomba.....	36
3.1.2 Instalación fotovoltaica aislada de red.....	36
3.2 <i>Diseño agronómico de la instalación de riego</i>	37
3.3 <i>Diseño y dimensionado de las subunidades</i>	39
3.4 <i>Diseño y dimensionado de la red de transporte</i>	43
3.5 <i>Diseño del cabezal de riego</i>	46

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

4.	INVERSIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA	49
4.1	<i>RESUMEN DEL PRESUPUESTO</i>	49
4.2	<i>Estudio económico estático</i>	49
4.3	<i>Estudio económico dinámico</i>	50
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEJOS		
PLANOS		
PRESUPUESTO		
PLIEGO DE CONDICIONES		

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Localización municipio de San Clemente.	14
Ilustración 2. Distancia de las parcelas a S.C.A Nuestra Señora de Rus.	14
Ilustración 3. Parcelas de la explotación.	15
Ilustración 4. Localización de la D.O. La Mancha.	17
Ilustración 5. Evolución de los vinos blancos en los principales países productores. Fuente OEMV. ..	18
Ilustración 6. Vino semidulce La Guacha. Fuente: S.C.A. Nuestra Señora de Rus.....	19
Ilustración 7. Comparativa de variedades de vid plantadas (ha) en España. Fuente: M.A.P.A.	19
Ilustración 8. Racimo de la variedad Airén y su distribución geográfica en España.	20
Ilustración 9. Formación y sistema de conducción y poda de Doble Cordón Royat.	23
Ilustración 10. Gráfico de las necesidades hídricas de la vid según su ciclo vegetativo. Fuente: Viveros Barber.	24
Ilustración 11. Gráfico comparativo precipitaciones y necesidades hídricas del cultivo.....	25
Ilustración 12. Orientación de los hilos, y vista de la superficie útil (en rojo) por los márgenes y situación de la calle central.	31
Ilustración 13. Datos de partida de la aplicación Disagro.	37
Ilustración 14. Solución seleccionada para el diseño agronómico de la instalación de riego.	38
Ilustración 15. Diámetro mojado y número de emisores por planta para la solución seleccionada....	39
Ilustración 16. Tiempo de riego en máximas necesidades y volumen anual por ha.....	39
Ilustración 17. Diseño y distribución de los sectores.	39
Ilustración 18. Datos técnicos tubería del gotero integral Aries, modelo 16100 de Regaber.	40
Ilustración 19. Longitud máxima del lateral del emisor seleccionado.	40
Ilustración 20. Diseño y distribución de subunidades y las terciarias (en rojo).	40
Ilustración 21. Datos de partida para el dimensionado de subunidades con la aplicación DimSub.....	41
Ilustración 22. Definición de la geometría de la subunidad para su dimensionado con la aplicación DimSub.	41
Ilustración 23. Dimensionado de la subunidad 1 del sector 1 con la aplicación DimSub.	42
Ilustración 24. Resumen de resultados de la subunidad 1 sector 1.	42

Ilustración 25. Datos de partida aplicación RGW2022.....	43
Ilustración 26. Diseño de la red de transporte y calibración e introducción de nudos y líneas en la aplicación RGW2022.	44
Ilustración 27. Resumen resultados para la red de transporte con la aplicación RGW2022.....	44
Ilustración 29. Pérdidas de carga del filtro de anillas.....	47
Ilustración 30. Esquema cabezal de riego.	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parcelas que forman la explotación.....	15
Tabla 2. Superficie de cultivo dedicada al viñedo en San Clemente.....	15
Tabla 3. Superficie de cultivo dedicada a labores de secano en San Clemente.....	16
Tabla 4. Informe de municipio por tipo de uso y sobrecarga 2000-2010.....	16
Tabla 5. Resumen precipitaciones y necesidades hídricas de los últimos 10 años de la estación meteorológica de El Picazo.....	24
Tabla 6. Datos para cálculo de enmienda M.O.....	25
Tabla 7. Distribución de la aplicación de gallinaza.....	27
Tabla 8. Contenido nutricional de la gallinaza y estiércol bovino. Fuente: Castellanos (1980).....	27
Tabla 9. Resumen aporte mineral de la gallinaza.....	28
Tabla 10. Exigencias nutricionales de los 5 primeros años de un viñedo.....	29
Tabla 11. Extracciones de macronutrientes por tonelada de uva en un viñedo adulto (izquierda) y extracciones totales para una producción de 22.000 kg/ha (derecha).....	29
Tabla 12. Necesidades totales de micronutrientes de un viñedo.....	30
Tabla 13. Balance nutricional entre las extracciones y el aporte nutricional de la gallinaza.....	30
Tabla 14. Características de la bomba. Fuente: C.R.I. Pumps 6" STAINLESS STEEL SERIES (Pumps, s.f.).....	36
Tabla 15. Horas de riego cubiertas por la instalación fotovoltaica para la solución seleccionada.....	38
Tabla 16. Resumen de resultados del dimensionado de todas las subunidades.....	43
Tabla 17. Resultados del dimensionamiento de la red de transporte con la aplicación RGW2022.....	45
Tabla 18. Características tubería del pozo.....	46
Tabla 19. Características filtro de anillas AZUD HELIX AUTOMATIC SERIE 201 DLP.....	47
Tabla 20. Resumen de presupuesto.....	49
Tabla 21. Balance económico de un año de plena producción.....	49
Tabla 22. Costes de mantenimiento de la explotación en plena producción.....	50
Tabla 23. Estudio económico de la vida útil de la explotación.....	51

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

Tabla 24. Resumen de los beneficios totales de la explotación en su vida útil. 51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Humus necesario por incorporar.	26
Ecuación 2. Cantidad de gallinaza.	26
Ecuación 3. Humus mineralizado anual.	26
Ecuación 4. Nitrógeno aportado con la gallinaza.	27
Ecuación 5. Cálculo del N aportado por el agua de riego.	27
Ecuación 6. Ecuación Darcy-Weisbach para el cálculo de pérdidas de carga.	46
Ecuación 7. Altura manométrica total necesaria.	46

MEMORIA

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

AUTOR: JOSÉ JAVIER REDONDO MADRID

JULIO 2023

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO

El principal objetivo de este proyecto es el desarrollo y diseño de una plantación de vid en espaldera de 10,82 ha y su instalación de riego por goteo para cubrir las necesidades hídricas del cultivo. Se llevará a cabo la elección de patrón y cultivar más adecuado a la zona, junto con la elección de la arquitectura y sistema de poda más conveniente. También se tendrán en cuenta todas las labores necesarias a hacer junto con el abonado y nutrición mineral correspondiente al cultivo.

En cuanto al sistema de riego, se diseñará la instalación de riego por goteo intentando aprovechar al máximo posible el recurso hídrico, cubriendo siempre las necesidades del cultivo. Además, se adaptará a la instalación fotovoltaica aislada de red y bomba, ya diseñadas y disponibles en la parcela, para hacer uso del bombeo solar, aprovechando este recurso todo lo posible. Y las horas de riego que quedaran sin cubrir, se complementarán con un grupo electrógeno, ya sea por falta de horas sol, días nublados, o falta de horas de riego o cualquier otro imprevisto.

Resumiendo, el objetivo principal, por tanto, es el diseño de una plantación de vid de 10,82 ha en San Clemente (Cuenca) y su instalación de riego por goteo, intentando obtener el máximo rendimiento y rentabilidad posible.

1.2 LOCALIZACIÓN

Las parcelas donde se va a diseñar una plantación de vid en espaldera y un sistema de riego por goteo, para llevar a cabo su explotación de la manera más eficiente posible, están situadas en la comunidad de Castilla la Mancha, en el municipio de San Clemente (Cuenca).

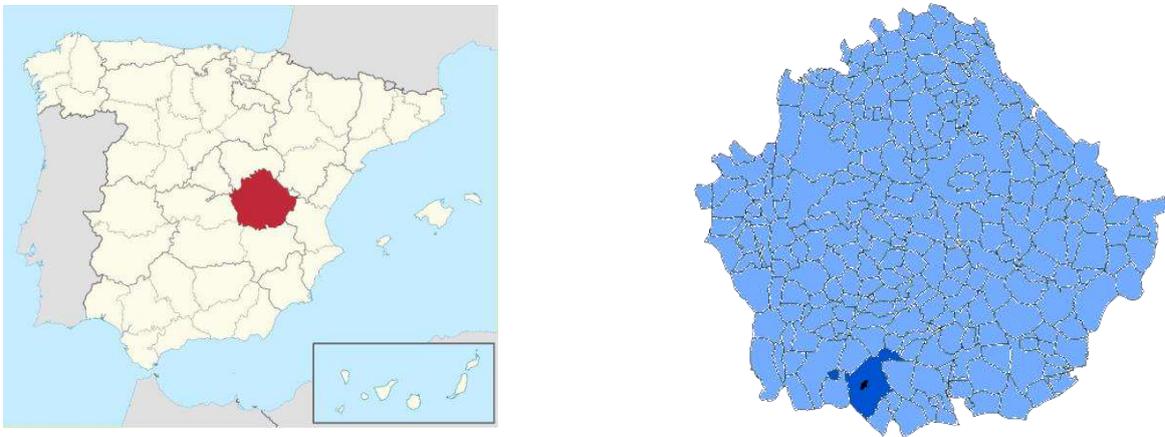


Ilustración 1. Localización municipio de San Clemente.

Las parcelas se encuentran situadas más exactamente en la zona rural Hoya del Hospital, más conocida comúnmente como “La Zamorana”, donde se cruzan la autovía A-43 con la nacional 310 que une los municipios de San Clemente y Vara de Rey, siendo esta carretera la principal vía de acceso a los caminos que comunican con las parcelas. Una de las grandes ventajas que tienen estas parcelas es su cercanía con la cooperativa S.C.A. Nuestra Señora de Rus, bodega destino de la producción vinícola de la explotación, situada apenas a 4,6 kilómetros con casi todo su recorrido por carretera, lo que supondrá un gran ahorro de costes y tiempo.

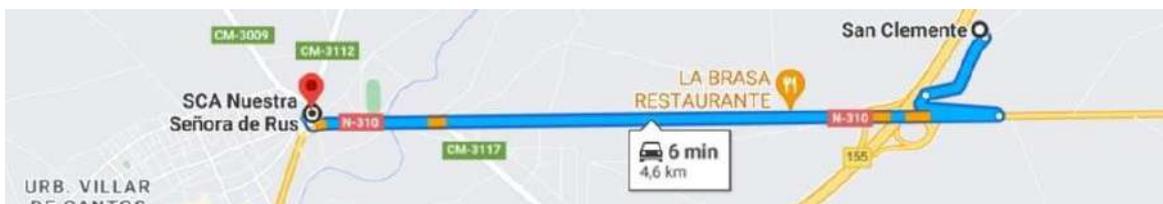


Ilustración 2. Distancia de las parcelas a S.C.A Nuestra Señora de Rus.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

La explotación estará formada por las parcelas 1012, 1013, 42 y 43 del polígono 7 de San Clemente, con una superficie total conjunta de alrededor de 10,8 ha.

Parcela	Referencia catastral	Superficie (ha)
1012	16199A007010120000YU	3,2967
1013	16199A007010130000YH	1,7652
42	16199A007000420000YU	1,5250
43	16199A007000430000YH	4,2404

Tabla 1. Parcelas que forman la explotación.

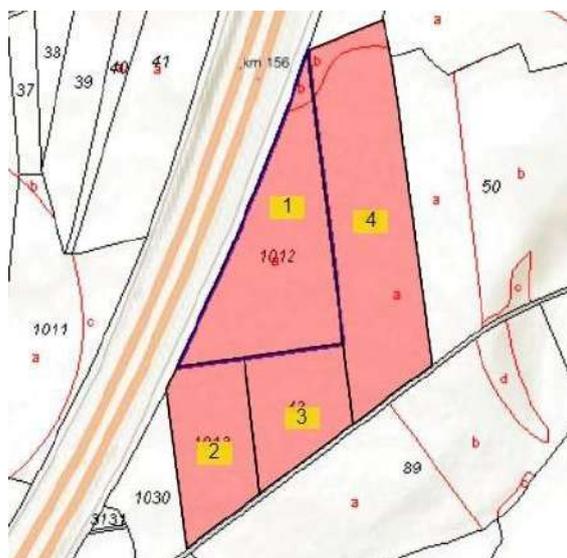


Ilustración 3. Parcelas de la explotación.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL CULTIVO

San Clemente es un municipio cuya principal actividad económica es la proveniente del sector primario, sobre todo destaca por cultivos de secano, regadío y por la ganadería ovina. Es un pueblo perteneciente a la zona de “La Mancha”, conocida por su tradición vitivinícola y de ahí su denominación de origen con ese mismo nombre. Además, Castilla la Mancha es la comunidad autónoma con mayor superficie de viñedo de toda España con 474.319 ha, siendo esto casi el 50% del total de viñedo de toda España, que son cerca de las 990.000 ha (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020). Así mismo, la cooperativa la cual va a ser destino de la producción, fue constituida en 1945, contando actualmente con 78 años de historia y tradición.

Como podemos observar en las siguientes tablas, en el término de San Clemente se dedica cerca del 50% de la superficie cultivable a labores de secano y a cultivos típicos de esta zona y que se adaptan bien a ese sistema de cultivo como son el cultivo de cereales (cebada y trigo principalmente), oleaginosas como el girasol, o leguminosas como son los guisantes forrajeros, lentejas o veza en su mayoría. Después de estos, el segundo cultivo con mayor superficie dedicada corresponde al cultivo de vid, ya sea en regadío o secano, convirtiéndose por tanto en uno de los cultivos con mayor importancia de la zona. Otros cultivos con relevancia en el municipio, pero con menor superficie dedicada sería también el pistachero y almendro como especies leñosas, y el cultivo de hortalizas como la cebolla y el ajo principalmente.

Superficie cultivable (ha)	24161,08
Superficie viñedo (ha)	6769,43
Porcentaje de viñedo (%)	28,02

Tabla 2. Superficie de cultivo dedicada al viñedo en San Clemente.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

Superficie cultivable (ha)	24161,08
Labor en seco (ha)	13696,14
Porcentaje labor en seco (%)	49,41

Tabla 3. Superficie de cultivo dedicada a labores de seco en San Clemente.

Uso y Sobrecarga	Superficie (Ha)
Agua (masas de agua, balsas, etc..)	16,49
Coníferas	1472,10
Coníferas asociadas con otras frondosas	732,65
Cultivos herbáceos en regadío	3048,63
Frutales en regadío	2,10
Frutales en seco	4,11
Huerta o cultivos forzados	111,28
Improductivo	476,01
Labor en seco	13696,14
Matorral	598,16
Matorral asociado con coníferas	8,18
Matorral asociado con coníferas y frondosas	62,94
Matorral asociado con frondosas	300,70
Olivar en regadío	5,29
Olivar en seco	48,09
Otras frondosas	74,66
Pastizal	185,60
Pastizal-Matorral	108,58
Viñedo asociado con olivar en seco	8,12
Viñedo en regadío	461,43
Viñedo en seco	6299,88
SUPERFICIE TOTAL	27721,16

Tabla 4. Informe de municipio por tipo de uso y sobrecarga 2000-2010.

Los principales motivos de la elección del cultivo de la vid para su explotación en las parcelas de este proyecto son por tanto: la gran tradición de la zona al cultivo vitivinícola, la gran extensión del cultivo de vid en la comunidad, zona y municipio, su gran importancia tanto en superficie como económicamente hablando, la perfecta adecuación del cultivo a la zona y clima; y la gran ventaja de la cercanía de las parcelas donde se realizará la explotación a la cooperativa donde se llevará la producción, lo cual supone un gran ahorro en costes y tiempo.

Por todos estos motivos se selecciona el viñedo como cultivo idóneo para las parcelas seleccionadas para este proyecto.

2. DISEÑO DE LA PLANTACIÓN DE VID

2.1 DESTINO DE LA PRODUCCIÓN

El destino elegido para la producción de uva de la explotación es la elaboración de vino, más concretamente vino blanco en la cooperativa S.C.A. Nuestra Señora de Rus, localizada a escasos 4,6 kilómetros de la explotación como ya se ha comentado anteriormente (ilustración 2). Esta cooperativa está acogida en la Denominación de Origen de La Mancha, y, por tanto, todos los agricultores que lleven su producción allí deberán cumplir con los requisitos exigidos en esta denominación, y la cooperativa será la responsable del cumplimiento de esta normativa.

Para poder acogerse a la D.O de la Mancha se han de cumplir una serie de condiciones, de las cuales se expone un pequeño resumen a continuación: Solo estarán amparados los vinos por la D.O La Mancha, los cuales estén elaborados únicamente con las variedades autorizadas, además, la elaboración deberá tener lugar en bodegas de la zona de producción La Mancha inscritas en el registro de bodegas de la asociación interprofesional del consejo regulador de la D.O ; No está autorizada la mezcla de variedades blancas con tintas; Indican que el índice de transformación máximo es de 74 litros de vino por cada 100 kg de vendimia en el caso de que presenten un sistema de conducción en vaso las producciones estimadas son de 10000 kg/ha y por tanto se podrán obtener como máximo 74 hl/ha; En nuestro caso al ser un vino blanco, su elaboración se realizará mediante el estrujado de los racimos y en el escurrido se utilizará el sistema estático o dinámico, además podrán ser macerados previamente para la extracción de aromas y color; La localización de la parcela ha de estar dentro de los términos municipales que conforman la D.O y han de estar, las parcelas, inscritas en el registro de viñedos; En el caso de querer hacer mención de una determinada variedad de vid, será necesario que al menos el 85% de la uva corresponda a dicha variedad (Consejería de Agricultura, 2022).



Ilustración 4. Localización de la D.O. La Mancha.

2.2 SELECCIÓN DE CULTIVAR

2.2.1 Elección entre cultivares permitidos

Lo primero que se ha tenido en cuenta al llevar a cabo la selección de nuestro cultivar es elegir uno de los permitidos en la D.O. La Mancha, denominación de origen a la que pertenece nuestra bodega destino de nuestra producción.

Los cultivares permitidos en la D.O. La Mancha (D.O. La Mancha, s.f.) son las siguientes:

- **Variedades blancas:** Airén, Viura o Macabeo, Chardonnay, Sauvignon Blanc, Verdejo, Moscatel de Grano Menudo, Riesling, Parellada, Viognier, Gewürztraminer, Pedro Ximénez y Torrontés.
- **Variedades tintas:** Cencibel o Tempranillo, Garnacha, Moravia, Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah., Petit Verdot, Monastrell, Bobal, Graciano, Cabernet Franc, Malbec, Pinot Noir y Mencía.

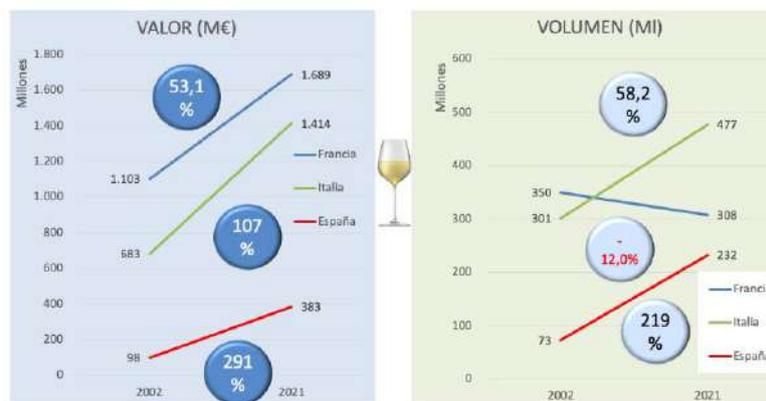
Después se ha comprobado cuáles de estos cultivares eran admitidos por la bodega (Bodegas Puente de Rus S.C.A., s.f.) y son las siguientes 14 variedades:

- **Variedades tintas:** Bobal, Cabernet Sauvignon, Garnacha, Merlot, Petit Verdot, Syrah y Tempranillo.
- **Variedades blancas:** Airén, Chardonnay, Macabeo, Moscatel, Sauvignon Blanc y Verdejo.

2.2.2 Elección entre variedades tintas o blancas y justificación

De las 14 variedades permitidas por la bodega, seleccionamos las blancas, ya que como hemos comentado anteriormente la explotación vinícola se destinará a uva blanca. Esta decisión se debe a varios factores e información que se han tenido en cuenta y se desarrollarán a continuación:

El primer motivo para la selección de variedades blancas con respecto a otras tintas se debe a un estudio realizado por el Observatorio Español del Mercado del Vino (OEMV), el cual indica una recuperación del mercado del vino, teniendo mejores resultados los vinos blancos. En cuanto a exportaciones, los vinos blancos españoles han sufrido un incremento del 219%, pasando de 73 millones de litros en 2002, a 232 millones de litros en 2021; y con un aumento de valor económico del 291% (OEMV, 2022).



En cuanto a consumo nacional, el vino blanco actualmente representa un tercio del volumen total, y es el que ha llevado un crecimiento de forma más sostenida, ya que ha pasado de representar en 2010 menos del 20%, a representar un tercio del total como ya se ha mencionado, en 2021 (OEMV, 2022).

El siguiente motivo para la selección de variedades blancas se ha obtenido tras hablar con la bodega la cual va a ser destino de la producción. Los responsables de esta nos han comentado que su producción se dedica principalmente a la venta a granel a otras bodegas, y, sobre todo, a la venta de vino embotellado en mercado local y alrededores, aunque debido a los galardones recibidos en los últimos años el vino se ha hecho más conocido y cada vez tiene un mayor mercado en otras zonas. Aun así, nos comentan que su mayor clientela son los negocios de hostelería del pueblo y de los pueblos de los alrededores. Preguntándoles por cuáles son las preferencias de este mercado, nos comentan que principalmente Tempranillo y sobre todo y cada vez más vinos blancos como el Sauvignon Blanc, Verdejo y sobre todo les había llamado la atención la gran acogida que ha tenido un vino semidulce nuevo, “La Guacha”, que lleva en el mercado alrededor de 3 años, que según nos han informado, han llegado a tenerlo agotado.

Siguiendo con la investigación de mercado, y hablando con negocios de hostelería locales nos comentan que cada vez más los clientes consumen vinos blancos en vez de tintos, sobre todo entre la gente joven, y también nos vuelven a decir que el vino “La Guacha” tiene muy buena salida debido a que es un vino suave y dulce que gusta mucho y es fácil de beber para todos los comensales.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

En la bodega podemos ver la composición de este vino, que se trata de un 50% Airén y 50% Moscatel.

Moscatel – Airén Semidulce «La Guacha»

3,65€

Región: D.O.P. La Mancha

Variedad: 50% Moscatel 50% Airén – Contiene Sulfitos

Tipo: Coupage Blanco joven

Ilustración 6. Vino semidulce La Guacha. Fuente: S.C.A. Nuestra Señora de Rus.

El siguiente paso que se lleva a cabo es una investigación de los cultivares más plantados y adaptados en la zona del proyecto. Esto es realizado de dos formas: recogiendo información de las estadísticas nacionales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; y obteniendo información de los agricultores locales.

Según las estadísticas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en 2020, Castilla La Mancha, como ya se ha mencionado anteriormente, es la región productora de vino más importante del mundo contando con un total de 465.358 ha de viñedo, un 48,8% del total de las hectáreas de viñedo plantadas en España. Del alrededor de 965.000 ha de viñedo de España, 252.000 están dedicadas a la variedad Airén, siendo esta la más cultivada, de las cuales el 98% se encuentran en Castilla La Mancha (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020).

Variedad	Total	< 3 años	3 a 9 años	10 a 19 años	20 a 29 años	> 30 años
ES2010 Airén	252.179	5.048	8.335	28.290	43.937	166.569

Hectáreas de viñedo variedad Airén.

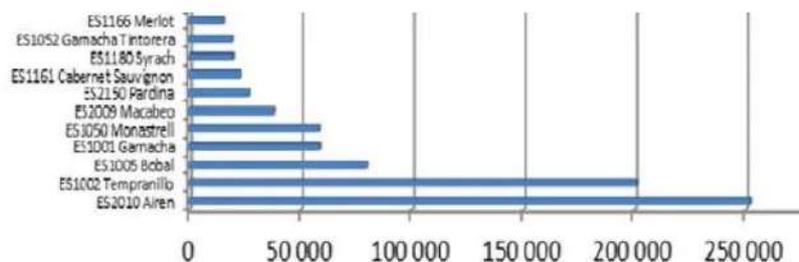


Ilustración 7. Comparativa de variedades de vid plantadas (ha) en España. Fuente: M.A.P.A.

El otro método para obtener una información mucho más cercana y concreta de la zona ha sido preguntar directamente a los agricultores locales por variedades blancas, a lo que ellos nos respondieron que, según su experiencia y sus explotaciones vinícolas, en la zona se planta y funcionan muy bien las variedades Airén, Sauvignon Blanc, Verdejo y Macabeo, especialmente las dos primeras.

Con toda la información recabada, se selecciona en primera estancia **Airén** como cultivar para la plantación de nuestra explotación vinícola. Ahora se verán sus características y se comprobará su adaptación a la zona.

2.2.3 Características del cultivar seleccionado, Airén

Como ya se ha explicado anteriormente, Airén es el cultivar más plantado en Castilla La Mancha y esto se debe a que se adapta perfectamente a las características climáticas y de suelo de esta zona. Tiene otros nombres y es comúnmente conocida como Lairén, Manchega y Valdepeñera. Sus principales características son:

- Es un cultivar que presenta un porte rastrero con sarmientos fuertes y muy ramificados de un vigor medianamente alto, hojas de tamaño medio de color verde oscuro con el haz liso y el envés veloso.
- Produce racimos de tamaño medio a grande y muy grandes cuando dispone de agua suficiente, de forma troncocónica, largos y compactos, con bayas de tamaño medio, esféricas de hollejo grueso y muy jugosas.
- Tiene una fertilidad elevada y es muy productiva y constante, con una media de 4.5-6 kg por cepa (en seco) pudiendo doblar esta cantidad en regadío.
- Tiene una época de desborre y maduración muy tardía, lo que en nuestra zona nos favorece para así evitar problemas con posibles heladas.
- Es un cultivar muy adaptado a la sequía y a los suelos poco fértiles, además de ser muy resistente a plagas y enfermedades, aunque hay que tener en cuenta que es afectable por oídio y sensible a botritis.
- Todo lo anterior mencionado, junto con un fácil manejo y pocos cuidados necesarios, ha logrado que sea la variedad más extendida y cultivada.

Todos los datos han sido obtenidos de la página del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Chomé, 2006), y de la tesis doctoral "ADAPTACIÓN DE VARIEDADES BLANCAS DE VID (*Vitis vinífera*, L.) EN CASTILLA-LA MANCHA" (Ortíz-Villajos, 2000).



Ilustración 8. Racimo de la variedad Airén y su distribución geográfica en España.

Después de estudiar las principales características del cultivar, se observa que es un cultivar muy extendido y que se adapta perfectamente a las características climáticas de nuestra zona, además de ser muy productivo y de muy fácil manejo. Todo esto, junto con los datos obtenidos de la bodega y de los negocios locales, en los cuales vemos que el vino blanco está en alza, y el vino "La Guacha" tiene un muy buen mercado y está compuesto en un 50% por Airén, pensamos que es un cultivar perfecto para nuestra explotación y que cumple con todas nuestras exigencias tanto de adaptación a la zona como el factor económico.

2.3 SELECCIÓN DE PATRÓN

2.3.1 Suelo

Lo principal a la hora de elegir el patrón para realizar la plantación, además de ser compatible con el cultivar seleccionado, es ver las características del suelo para elegir el patrón que mejor se adapte a estas y así poder obtener una plantación con mejor salud vegetal y una producción óptima.

La mejor forma de ver las características del suelo es con un análisis de suelo, viendo así con detalle el estado de este, su contenido en materia orgánica y caliza activa, su composición, textura y estructura, contenido en minerales y muchos otros datos de gran valor.

En nuestro caso, contamos con un análisis de suelo de la parcela (véase completo en el apartado de Anejos), y las principales características de este son:

- Textura de suelo franco arcillosa, que debido a la orografía de las parcelas y a la pluviometría de la zona no debería ocasionar ningún problema de encharcamiento en la parcela, favoreciendo incluso la retención de agua.
- Niveles bajos de materia orgánica 1,36%, por lo que se deberán realizar enmiendas y un aporte de M.O. para elevar este nivel a lo largo de los próximos años hasta alrededor de un 2%.
- Se trata de un suelo no sódico y no salino.
- Los niveles de caliza activa son bajos, menores a un 1%.
- Tiene una velocidad de infiltración lenta.
- Cuenta con bajo contenido en magnesio, por lo que habrá que aplicar un abonado de este elemento para solucionarlo y seleccionar patrones que no sean sensibles en este aspecto.
- pH del suelo neutro-alcálico.
- Niveles de hierro asimilable bajos, por lo que habrá que realizar un abonado de este elemento.
- Todos los demás valores se encuentran en valores buenos, y se seguirán realizando análisis para controlar su nivel, y el de los demás, para poder observar la efectividad de las enmiendas o nuevas carencias.

2.3.2 Selección del patrón más adecuado

Una vez conocidos los valores imprescindibles del suelo para la selección del patrón se procede a elegir el más adecuado para estas condiciones.

La caliza activa no es un factor limitante en este caso debido a su nivel bajo, al igual que la salinidad del suelo. Sí que es un factor limitante debido al clima y precipitaciones de la zona la resistencia a la sequía, que deberá ser elevada. Otro factor limitante en este caso es también el bajo nivel de magnesio, por lo que el patrón seleccionado deberá ser tolerante a esta carencia, al igual que pasa con los bajos niveles de hierro asimilable.

Después de ver y observar los factores limitantes que tenemos en nuestro caso, y las características de los principales patrones a seleccionar, se decide elegir el patrón **140 Ruggeri**, ya que tiene unas características que se adaptan completamente a nuestras exigencias:

- Tiene una alta resistencia a la sequía.
- Es un patrón tolerante a la carencia de magnesio y tiene una buena absorción de este elemento.
- Resistencia elevada a la clorosis férrica.
- Resistencia a la asfixia radicular media/alta (debido a la textura de nuestro suelo, aunque no debería ser un problema, es una ventaja que cuente con esta característica).

Además, cuenta con muchas otras características como son:

- Proviene del cruce de Vitis Berlandieri cv. Rességuier nº2 y Vitis Rupestris cv. Lot.
- Resistencia a la caliza activa muy alta, IPC de 90.
- Vigor inducido muy alto.
- Favorece fuerte desarrollo vegetativo y tiende a retrasar el ciclo vegetativo y la maduración.
- Resistencia a la salinidad media/baja.
- Muy alta adecuación a la replantación.

- Alta adecuación a terrenos de inadecuada estructura.
- Elevada resistencia a nematodos *Meloidogyne arenaria*, y media a nematodos *Meloidogyne incognita*.
- Buen grado de resistencia a filoxera radícula.

Todos los datos del patrón han sido obtenidos de los apuntes de la asignatura de Viticultura del grado de Ingeniería Agronómica y del Medio Rural (López Cortés & Salazar Hernández, 2023) y de Viveros Barber (Barber, s.f.).

En resumen, el patrón seleccionado ya que es el que mejor se adapta a nuestras características tanto climáticas como del suelo, y además es compatible con nuestro cultivar es el **140 Ru**.

2.4 ARQUITECTURA Y SISTEMA DE PODA

2.4.1 Arquitectura

La estructura elegida para proyecto va a ser apoyada en **espaldera**, debido a la cantidad de ventajas que esta tiene con respecto a otro tipo de arquitecturas como la de vaso a pesar de que la inversión inicial es mayor, y que además es la más utilizada actualmente para vinificación. Unas de las principales ventajas que tiene son:

- Posibilidad de mecanización de cosecha y otras tareas como la prepoda entre otras.
- Mayor superficie foliar efectiva.
- Mayor rendimiento.
- Mayor ventilación y por tanto sanidad vegetal.
- Maduración más uniforme y por tanto mayor homogeneidad en la cosecha.
- Posibilidad de intensificar marcos de plantación si se dispone de riego, como es nuestro caso.
- Reducción de costes por mano de obra.

2.4.2 Sistema de poda

Los sistemas de conducción típicos de la zona utilizados en viñas apoyadas en espaldera suelen ser en cordón y guyot dobles, viéndose más la primera. Según un estudio realizado en la Universidad de Castilla La Mancha comparando ambos sistemas de poda para moscatel (Ramos, Bravo, Sánchez, Pérez de los Reyes, & Amorós, 2016) con ambos sistemas se obtienen resultados muy similares y con diferencias no significativas tanto en producción de uva como de madera para ambos tipos de poda en esta variedad.

Debido a no tener grandes diferencias entre ambos tipos de poda y estar ambos ampliamente extendidos en la zona, se ha optado por elegir el sistema de conducción de doble Cordón Royat para nuestro caso. Esto es debido principalmente a su mayor facilidad a la hora de realizar la poda por su simplicidad. Esto hoy en día es considerado como un factor muy importante para tener en cuenta por la falta de mano de obra especializada en poda, y así escoger un sistema de poda más simple, fácil de enseñar y con menor probabilidad de cometer errores es la mejor elección, además de asegurarte igualmente una muy buena producción.

Para el Cordón Royat doble se forma la cepa hasta que coja la altura deseada, y una vez conseguida se despunta y se seleccionan dos sarmientos que tengan dirección opuesta en el eje horizontal donde está situada la espaldera. Se intentarán seleccionar los sarmientos con mayor vigor y que sean parejos para un mayor equilibrio en el desarrollo de la cepa. Una vez seleccionados estos sarmientos se atarán al alambre y estos se dejarán fijos e irán engrosando. Se irá realizando una poda corta a dos yemas vistas en 3 pulgares por brazo, y así formamos y podamos con el sistema de Cordón Royat doble como podemos observar en la siguiente ilustración.



Ilustración 9. Formación y sistema de conducción y poda de Doble Cordón Royat.

2.5 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Para esta explotación se ha optado por seguir el sistema de **Producción Integrada**, en este caso de ámbito nacional al no contar Castilla la Mancha con unas normas de producción integrada propias de la comunidad.

Los sistemas de producción que utilizan la producción integrada según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación son “los sistemas agrícolas de obtención de vegetales que utilizan al máximo los recursos y los mecanismos de producción naturales y aseguran a largo plazo una agricultura sostenible, introduciendo en ella métodos biológicos y químicos de control, y otras técnicas que compatibilicen las exigencias de la sociedad, la protección del medio ambiente y la productividad agrícola” (Ministerio de Agricultura, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2002).

Se ha optado por este sistema de producción en lugar de otros sistemas como el tradicional para llevar a cabo una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente; y no se ha elegido producción ecológica debido a que la bodega no cuenta con ningún producto ni elaboración ecológica por lo que no tendría sentido producir un producto en régimen ecológico asumiendo el coste que ello conlleva si esto no se va a ver repercutido en el precio de venta, ya que la bodega lo pagará al igual que el producido en sistemas de producción integrada o tradicional.

2.6 NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO

La vid es un cultivo con muy bajas necesidades hídricas, adaptado a zonas con bajas precipitaciones y cultivándose en su mayoría en secano. De hecho, es el cultivo que menos agua necesita para formar un kilogramo de masa seca, alrededor de 300 litros, por lo que podría completar su ciclo con solamente 300mm de aporte hídrico ya sea en forma de precipitaciones o riego. Aunque estas necesidades hídricas se ven afectadas y dependen de varios factores como son la variedad, el patrón, el suelo y clima de la zona, la evapotranspiración, la densidad de plantación, la fertilización y su sistema de conducción y arquitectura entre otros factores principalmente.

También es muy importante saber las necesidades hídricas en función del estado fenológico de la planta, ya que no requiere la misma cantidad de agua a lo largo de todo su ciclo. Como podemos observar en el siguiente gráfico, las necesidades hídricas de la vid se concentran principalmente entre el cuajado y el envero disminuyendo hasta la caída de la hoja, donde se concentra el 88% de sus necesidades hídricas, otro 10% durante la brotación y el cuajado, y el 2% restante solamente durante el reposo invernal.

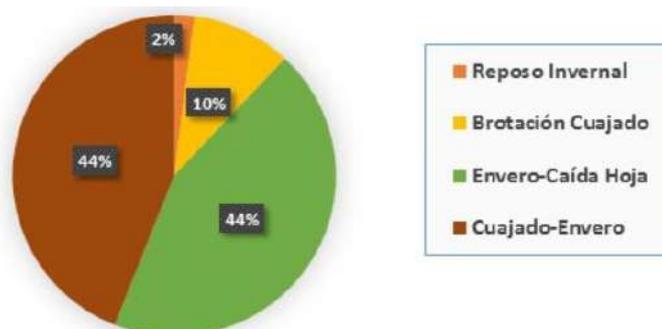


Ilustración 10. Gráfico de las necesidades hídricas de la vid según su ciclo vegetativo. Fuente: Viveros Barber.

En lo que a la zona de nuestro proyecto se refiere, la época de mayores precipitaciones corresponde a la época que menos exigencias hídricas tiene el cultivo y se cubren completamente, pero la época en la que mayores necesidades hídricas tiene la vid corresponde con la época de menores precipitaciones. Esto debe ser compensado mediante riego, o en caso de que sea cultivo de secano, la planta necesitará recurrir a sus reservas y por tanto la producción será mucho menor. Por este motivo la vid es un cultivo que en regadío produce muchísimo más que en secano, incluso más del doble, ya que su época de mayores necesidades hídricas corresponde con la época de menores precipitaciones. En España, del alrededor de 940.000 hectáreas de este cultivo, 548.000 pertenecen a secano y 383.000 a regadío (OEMV, 2022).

2.6.1 Cálculo de las necesidades hídricas particulares a nuestra zona

En nuestro caso, los meses más críticos en cuanto a demanda hídrica de la planta y precipitaciones, son los meses de mayo, junio, julio y agosto principalmente, en el resto de los meses las necesidades hídricas se cubren con las precipitaciones.

Tras una consulta en la web SiAR (SiAR, 2023), hemos obtenido los datos climáticos y las necesidades hídricas del cultivo de la estación meteorológica más cercana a nuestro municipio, en nuestro caso, la estación meteorológica de El Picazo, un municipio situado a 30 kilómetros de San Clemente, pero que cuenta con una climatología y precipitaciones muy similares a nuestra zona. Se han obtenido los datos mensuales de una serie histórica de los últimos 10 años, y un resumen en cuanto a precipitaciones y necesidades hídricas sería el siguiente:

Mes	Precipitación (mm)	Pe efectiva (mm)	Eto (mm)	Kc	Etc (mm)
Enero	26,61	9,11	31,85	0	0
Febrero	26,04	9,66	45,44	0	0
Marzo	48,96	20,73	73,12	0	0
Abril	41,36	17,50	96,47	0	0
Mayo	24,18	10,65	147,39	0,45	66,33
Junio	19,32	8,81	180,97	0,65	117,63
Julio	7,80	2,84	210,50	0,8	168,4
Agosto	23,73	12,07	182,24	0,4	72,9
Septiembre	26,71	13,03	119,03	0	0
Octubre	24,16	9,77	74,67	0	0
Noviembre	47,94	23,77	37,66	0	0
Diciembre	32,64	14,02	26,39	0	0
Anual	349,43	151,94	1225,71		425,25

Tabla 5. Resumen precipitaciones y necesidades hídricas de los últimos 10 años de la estación meteorológica de El Picazo.

Aquí puede observarse como se han adaptado las necesidades hídricas del cultivo a la zona con los datos de las precipitaciones y la evapotranspiración, que, junto con el coeficiente de cultivo propio de la vid, hemos obtenido el valor de las necesidades hídricas del cultivo mensualmente.

En el siguiente gráfico podremos observar, además, como las necesidades hídricas del cultivo son muy superiores a las necesidades hídricas del cultivo, por lo que si queremos obtener una buena producción necesitaremos apoyarnos en un sistema de riego para suplir las exigencias hídricas.

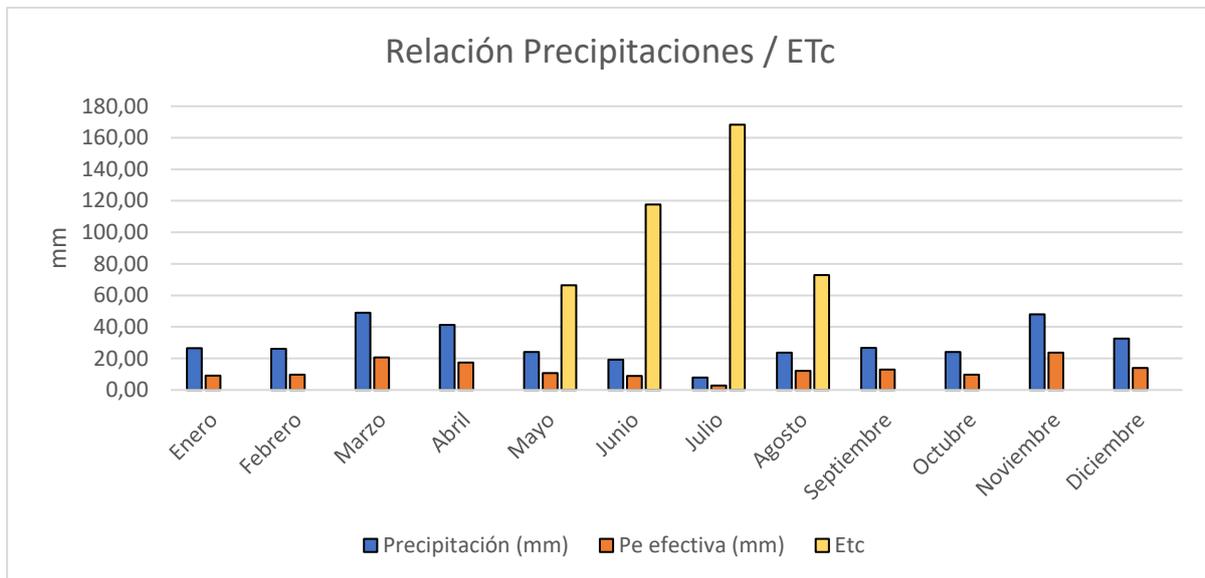


Ilustración 11. Gráfico comparativo precipitaciones y necesidades hídricas del cultivo.

2.7 FERTILIZACIÓN

Como ya se ha mencionado anteriormente en el apartado de selección del patrón en el subapartado de suelo, contamos con un análisis de suelo del cual ya se ha comentado. Por tanto, antes de realizar un plan de abonado el primer paso a realizar es corregir y realizar las enmiendas necesarias y las carencias detectadas en ese análisis.

2.7.1 Materia Orgánica

En nuestro caso teníamos un suelo pobre en materia orgánica con un 1,36% y debemos realizar un aporte de materia orgánica para aumentar este valor hasta alrededor de un 2% a lo largo de los siguientes años. Este aporte de materia orgánica se va a realizar incorporando gallinaza, que además de aportar materia orgánica también aporta al suelo nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Para saber la cantidad de M.O. necesario para la enmienda lo calculamos de la siguiente manera:

Profundidad de la M.O.	0,2 m	% materia seca de la gallinaza	80%
Densidad aparente del suelo	1,48 t/m ³	K ₁	0,5
% M.O actual	1.36%	Mineralización N gallinaza	70%
% M.O. deseado	2%	N orgánico gallinaza	4%
Años para conseguir el nivel deseado	5	1 hectárea	10.000 m ²

Tabla 6. Datos para cálculo de enmienda M.O.

- Humus necesario:

$$S \cdot p \cdot \delta \cdot \%M.O. = Hn$$

Ecuación 1. Humus necesario por incorporar.

Donde S es la superficie (m²); p la profundidad de la M.O. (m); δ es la densidad aparente del suelo (t/m³); %M.O. es el porcentaje de M.O. que hay que aumentar; y Hn el humus necesario (t/ha).

$$10.000 \cdot 0,2 \cdot 1,48 \cdot (0,02 - 0,0136) = 18,944 \text{ t/ha}$$

Gallinaza

$$G = \frac{Hn}{\%m.s. \cdot k_1}$$

Ecuación 2. Cantidad de gallinaza.

Donde %m.s. es el porcentaje de materia seca de la gallinaza y k_1 el coeficiente isohúmico.

$$G = \frac{18,944}{0,8 \cdot 0,5} = 47,36 \text{ t/ha}$$

- Mineralización:

$$S \cdot p \cdot \delta \cdot \%M.O. \cdot k_2 = Hm$$

Ecuación 3. Humus mineralizado anual.

Donde S es la superficie (m²); p la profundidad de la M.O. (m); δ es la densidad aparente del suelo (t/m³); %M.O. es el porcentaje de M.O. medio entre el inicial y el deseado; k_2 la tasa de mineralización; y Hm el humus mineralizado (t/ha y año).

$$10.000 \cdot 0,2 \cdot 1,48 \cdot 0,0168 \cdot 0,01224 = 0,6087 \frac{t}{ha \cdot año} = 608,7 \frac{kg}{ha \cdot año}$$

Gallinaza

$$G = \frac{608,7 \cdot 5}{0,8 \cdot 0,5} = 7,609 \text{ t/ha}$$

- GALLINAZA TOTAL

$$G_T = \frac{47,36 + 7,609}{0,8 \cdot 0,5} = 10,99 \text{ t/ha}$$

Por tanto, será necesario aportar **11 t/ha al año** de gallinaza para realizar la enmienda de M.O. y subir de 1,36% a 2% en 5 años.

Después de estos 5 primeros años se realizará un nuevo análisis de suelo para comprobar la eficacia de la enmienda, y si ha sido realizada con éxito a partir de aquí solo habría que realizar aportes de M.O. de mantenimiento, que en ese caso lo volveríamos a calcular con la ecuación 3 y 2:

$$10.000 \cdot 0,2 \cdot 1,48 \cdot 0,02 \cdot 0,018 = 1,066 \frac{kg}{ha \cdot año}$$

$$G = \frac{1,066}{0,8 \cdot 0,5} = 2,67 \text{ t/ha}$$

Será necesario aportar **2,67 t/ha al año** de gallinaza para mantener el nivel de M.O.

Consideramos que el aporte de materia orgánica por parte de los restos de cultivo es nulo, ya que los restos de poda normalmente son insuficientes para pasar una picadora y se queman.

Para no abrumar al cultivo recién plantado y en sus primeros años, se decide realizar una primera aplicación de las 11 t/ha de gallinaza en preplantación y los siguientes 3 primeros años realizar

aplicaciones con la cantidad de mantenimiento o algo más superiores (3 o 4 t/ha), y posponer los otros 3 años de 11 t/ha para cuando la planta cuente con 4 años de edad, sus requerimientos nutricionales sean mayores y así aprovechar también mejor los nutrientes aportados por la gallinaza y que el cultivo no sufra por cantidades excesivas de esta.

Por tanto, las aplicaciones quedarían así:

Preplantación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Años 6	Año 7	Años siguientes
11 t/ha	2,67 t/ha	2,67 t/ha	2,67 t/ha	11 t/ha	11 t/ha	11 t/ha	11 t/ha	2,67 t/ha

Tabla 7. Distribución de la aplicación de gallinaza.

2.7.2 Aporte mineral de la gallinaza

La gallinaza aporta otros muchos más nutrientes que deberán tenerse en cuenta:

Nutriente	Estiércol de bovino	Gallinaza
	kg/ ton	
Nitrógeno	14.2	34.7
Fósforo (P ₂ O ₅)	14.6	30.8
Potasio (K ₂ O)	34.1	20.9
Calcio	36.8	61.2
Magnesio	7.1	8.3
Sodio	5.1	5.6
Sales solubles	50	56
Materia orgánica	510	700

Tabla 8. Contenido nutricional de la gallinaza y estiércol bovino. Fuente: Castellanos (1980).

- **Nitrógeno**

El nitrógeno aportado lo podemos calcular con el porcentaje de mineralización de la gallinaza y la cantidad aportada:

$$N = G \cdot \%m. s. \cdot \%N_{org} \cdot \%m$$

Ecuación 4. Nitrógeno aportado con la gallinaza.

Donde N es el nitrógeno aportado por la gallinaza (kg/ha); G es la gallinaza aportada (kg); %m.s. es el porcentaje de materia seca de la gallinaza; %N_{org} es el porcentaje de nitrógeno orgánico de la gallinaza; y %m es el porcentaje de mineralización.

$$N = 11000 \cdot 0,8 \cdot 0,04 \cdot 0,7 = 246,4 \text{ kg de } N$$

Se aportarán con la gallinaza 246,4 kg de nitrógeno los 5 años de enmienda.

$$N = 2670 \cdot 0,8 \cdot 0,04 \cdot 0,7 = 60 \text{ kg de } N$$

Se aportarán con la gallinaza 60 kg de nitrógeno los años de mantenimiento.

Para el cálculo del aporte de nitrógeno también se ha tenido en cuenta la cantidad de nitratos del agua de riego, que según un análisis de agua son de 16 mg/litro. Teniendo en cuenta, como se verá más adelante en el cálculo de la instalación de riego, que el volumen anual por hectárea es de 1360,7 m³, la cantidad de nitrógeno aportada por el agua de riego es:

$$N = \text{nitratos} \cdot V_{riego}$$

Ecuación 5. Cálculo del N aportado por el agua de riego.

Donde N es la cantidad de nitrógeno aportada por el agua de riego (kg); nitratos es la cantidad de nitratos del agua de riego (kg/l); y V_{riego} es el volumen de agua de riego anual (l/ha).

$$N = 16 \cdot 10^{-6} \cdot 1360,7 \cdot 10^3 = 21,77 \text{ kg de } N$$

Se aportan 21,77 kg de nitrógeno con el agua de riego.

En total, entre la gallinaza y el agua de riego, se aporta un total de **268,17 kg de N por hectárea** en los 5 años de enmienda.

En total, entre la gallinaza y el agua de riego, se aporta un total de **81,77 kg de N por hectárea** en los años de mantenimiento.

- Fósforo

En los 5 años de enmienda se aportarán:

$$30,8 \cdot 11 = 338,8 \text{ kg de } P \text{ por ha}$$

En los años de mantenimiento se aportará:

$$30,8 \cdot 2,67 = 82,236 \text{ kg de } P \text{ por ha}$$

- Potasio

En los 5 años de enmienda se aportarán:

$$20,9 \cdot 11 = 229,9 \text{ kg de } K \text{ por ha}$$

En los años de mantenimiento se aportará:

$$20,9 \cdot 2,67 = 55,803 \text{ kg de } K \text{ por ha}$$

- Calcio

En los 5 años de enmienda se aportarán:

$$61,2 \cdot 11 = 673,2 \text{ kg de } Ca \text{ por ha}$$

En los años de mantenimiento se aportará:

$$61,2 \cdot 2,67 = 163,404 \text{ kg de } Ca \text{ por ha}$$

- Magnesio

En los 5 años de enmienda se aportarán:

$$8,3 \cdot 11 = 91,3 \text{ kg de } Mg \text{ por ha}$$

En los años de mantenimiento se aportará:

$$8,3 \cdot 2,67 = 22,161 \text{ kg de } Mg \text{ por ha}$$

En resumen, la aportación mineral de la gallinaza quedaría así:

Mineral	Año enmienda (kg/ha)	Año mantenimiento (kg/ha)
Nitrógeno	268,17	81,77
Fósforo	338,8	82,236
Potasio	229,9	55,803
Calcio	673,2	163,4
Magnesio	91,3	22,161

Tabla 9. Resumen aporte mineral de la gallinaza.

2.7.3 Necesidades nutricionales anuales de la vid

Diferenciamos las necesidades nutricionales de la planta sus 5 primeros años, donde la planta tiene menos requerimientos, de cuando ya es una planta adulta en plena producción donde sus

requerimientos nutricionales son máximos hasta que empieza su decadencia en producción por la senescencia de la planta.

Durante los 5 primeros años sus requerimientos nutricionales son los siguientes según un estudio realizado en el Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (Ojeda, 2017):

Exigencias de macronutrientes (Kg/ha) de un viñedo durante los cinco primeros años desde la plantación (*)					
nutriente	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
N	4,5	16,5	22,6	39,9	48,1
P	0,6	2,2	3,4	6	7,3
K	5,7	23,4	34,5	60,3	71,7
Ca	14,7	18,5	36	63,6	85,8
Mg	2,4	3,7	6,9	12,1	15,7
S	2	3,5	5,4	10,5	12,6

(*) valores medios correspondientes a numerosas experiencias en uvas finas de vinificar de viñedos de Mendoza Fuente: Laboratorio de suelos INTA Mendoza

Tabla 10. Exigencias nutricionales de los 5 primeros años de un viñedo.

A partir del quinto año empezaremos a ver las exigencias nutricionales según el rendimiento esperado, siendo este método mucho más apropiado y adaptado a cada caso que simplemente una recomendación de fertilización, sobre todo para macronutrientes. Debido a la gran cantidad de datos y discrepancias según los diferentes autores, se decide tomar valores medios entre los diferentes datos encontrados para las extracciones. Por tanto, las extracciones nutricionales de un viñedo adulto según su rendimiento serán las siguientes:

- Macronutrientes:

Nutriente	Extracciones (Kg/t de uva)
Nitrógeno	3 – 4
Fósforo	1,5
Potasio	4,8
Calcio	3
Magnesio	1,4
Azufre	1

Nutriente	Extracciones totales (kg/ha)
Nitrógeno	77
Fósforo	33
Potasio	105,6
Calcio	66
Magnesio	30,8
Azufre	22

Tabla 11. Extracciones de macronutrientes por tonelada de uva en un viñedo adulto (izquierda) y extracciones totales para una producción de 22.000 kg/ha (derecha).

En nuestro caso, debido a que se trata de una variedad productiva y que contamos con regadío, la producción esperada debido al marco de plantación que se comentará más adelante será de unos 10kg por cepa, y por tanto de alrededor de 20.000 - 22.000 kg/ha.

Los datos de las extracciones nutricionales son el resultado de una media de los obtenidos de diferentes autores y recomendaciones de aportaciones nutricionales (Ojeda, 2017), (Salazar & Melgarejo Moreno, 2005), (Sela, 2022), (López, 2020), (Domínguez, 2013).

- Micronutrientes:

Nutriente	Necesidades totales (g/ha)
Hierro	650
Boro	130
Manganeso	200
Zinc	280
Cobre	170
Molibdeno	3

Tabla 12. Necesidades totales de micronutrientes de un viñedo.

Al igual que en el caso de los macronutrientes, estas necesidades se han calculado realizando una media de los datos obtenidos de varios autores (Sela, 2022), (Ojeda, 2017), (López, 2020).

2.7.4 Cálculo de aporte mineral externo adicional necesario

Para el cálculo del aporte de nutrientes adicional necesario realizamos un balance entre las extracciones de la planta durante los primeros años y el resto de su vida de plena producción, y el aporte realizado mediante la incorporación de la materia orgánica mediante gallinaza, viendo qué nutrientes no son cubiertos y necesitan un aporte externo adicional.

El balance quedaría de la siguiente manera:

Balance (kg/ha)								
Nutriente	1º año	2º año	3º año	4º año	5º año	Años 6	Año 7	Años siguientes
Nitrógeno	77,27	65,27	59,17	228,27	220,07	191,17	191,17	4,77
Fósforo	81,636	80,036	78,836	335,4	331,5	305,8	305,8	49,236
Potasio	50,103	32,403	21,303	195,4	158,2	124,3	124,3	-49,797
Calcio	148,7	144,9	127,4	637,2	587,4	607,2	607,2	97,4
Magnesio	19,761	18,461	15,261	84,4	75,6	60,5	60,5	-8,639
Azufre	-2	-3,5	-5,4	-5,4	-12,6	-22	-22	-22

Tabla 13. Balance nutricional entre las extracciones y el aporte nutricional de la gallinaza.

Como podemos observar, los 7 primeros años todos los macronutrientes quedan cubiertos con el aporte nutricional de la gallinaza excepto el azufre que se incorporará de forma externa en las cantidades que se se pueden ver en la tabla.

En los siguientes años en los que el viñedo ya está en sus máximos requerimientos nutricionales y el aporte de gallinaza se lleva a cabo en forma de mantenimiento de la materia orgánica y ya no como enmienda, el aporte nutricional es mucho menor y, por tanto, como podemos observar, existen carencias de otros macronutrientes que deben ser aportadas de forma externa para suplirlas. Estas carencias son de potasio, magnesio y azufre en las cantidades que se se pueden ver en la tabla.

Como se ha comentado anteriormente, y como se puede observar en los resultados de los análisis de suelo de nuestra parcela, en nuestro suelo existe una carencia de magnesio, y esto es debido principalmente a su antagonismo con el potasio, cuyos niveles son demasiado elevados. Por este

motivo, la mejor forma de corregir la carencia que tenemos de magnesio es reducir los niveles de potasio, que como podemos ver en la tabla del balance, este elemento no entra en un valor negativo hasta el año 7 debido a la enmienda de la materia orgánica. Por este motivo, no se aportará potasio de forma adicional hasta que se corrijan los valores del magnesio y esto sea observable en los siguientes análisis.

2.7.5 Fertirrigación

Como se podrá observar más adelante en este trabajo, se va a diseñar la instalación de riego por goteo, la cual contará con un sistema de tanques, inyectoros y válvulas para poder llevar a cabo el abonado mediante fertirrigación, además de otros tratamientos que se pueden realizar mediante este método de aplicación. La fertirrigación permite al agricultor aplicar abonos y tratamientos mediante el agua de riego, reduciendo así el coste en mano de obra, tiempo y pases de maquinaria, siendo mucho más sencillo y eficaz.

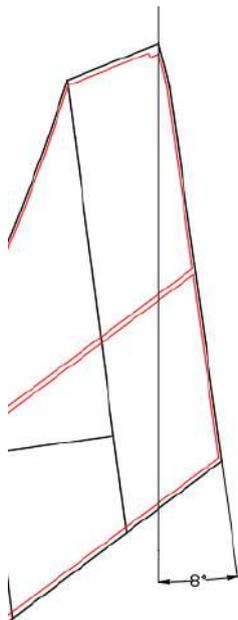
El aporte de los macronutrientes necesarios adicionales como ya se ha explicado anteriormente, y el de los microelementos vistos en la tabla 13, se llevará a cabo mediante aplicación por fertirrigación. Por tanto, este aporte se llevará a cabo en el momento más conveniente para cada elemento durante los meses en los que se lleva a cabo el riego, que son los meses de mayo, junio, julio y agosto.

En resumen, se aportarán mediante fertirrigación magnesio y azufre en las cantidades vistas en la tabla 14, y todos los microelementos de la tabla 13. Todos los demás elementos, como se ha podido comprobar, quedan cubiertos mediante el aporte de la gallinaza y agua de riego y no es necesario un aporte adicional mediante fertirrigación.

2.8 PLANTACIÓN

2.8.1 Marco de plantación

El marco de plantación elegido es de 3x1,5 metros, dejando 3 metros entre calles para el paso de la maquinaria y llevar a cabo un correcto laboreo, y 1,5 metros entre plantas, obteniendo un grado de intensificación no demasiado excesivo, con un total de 2222 plantas por ha. En nuestro caso contamos con 10,17 ha de superficie útil en las que se llevará a cabo la plantación ya que se dejarán márgenes y una calle central como se explicará a continuación. Por tanto, con este marco de plantación obtendremos un total de 22600 plantas.



En los extremos se va a dejar un margen de 5 metros desde la última cepa hasta el camino o la linde, para permitir así una buena maniobrabilidad de la maquinaria. Además, en los laterales también se van a dejar 2,5 metros desde el último hilo hasta el borde del camino o linde para el paso de vehículos y no entorpecer en las labores de los cultivos colindantes.

Por último, también se va a llevar a cabo una calle central que atravesará la parcela de forma horizontal para que los hilos no sean demasiado largos para luego realizar las labores necesarias y la cosecha, permitiendo un trabajo más fácil. Esta calle también tendrá una anchura de 5 metros.

Para aprovechar al máximo la superficie, y las facilidades para trabajar sean las máximas posibles, la orientación de los hilos será siguiendo el eje longitudinal vertical de la parcela. Para aprovechar al máximo la insolación en el cultivo se recomienda que la orientación de plantación sea norte-sur; pero en este caso se ha optado por aprovechar la orientación del eje longitudinal de la parcela ya que este solo difiere en 8° hacia el este con respecto a la orientación norte-sur.

Ilustración 12. Orientación de los hilos, y vista de la superficie útil (en rojo) por los márgenes y situación de la calle central.

Por tanto, con esta orientación se aprovecha en todo lo posible la superficie útil de la parcela y casi al máximo la insolación. Finalmente, las 22600 cepas se distribuirán en 103 hilos de longitud variable a lo largo de la parcela.

2.8.2 Labores preplantación

Previamente a la plantación se deben desarrollar una serie de labores preparatorias de terrenos para que la plantación y el desarrollo de la planta sean lo óptimos posibles. Estas labores son principalmente labores de profundidad como subsolado y desfondado, rompiendo así la suela de labor creada con el paso del tiempo y descompactando el terreno para mejorar su estructura y su aireación, permitiendo un mejor desarrollo radicular de la planta en el suelo. Estas labores se llevarán a cabo mediante un tractor de gran potencia y un subsolador.

Además, como ya se ha comentado anteriormente, se llevará a cabo un aporte de materia orgánica con gallinaza y su incorporación al suelo mediante cultivadores y labores superficiales.

Después de esto quedará realizar un zanjeado en línea de cada hilo donde se llevará a cabo la plantación.

No es necesario llevar a cabo otras acciones de limpieza de la parcela, retirada de piedras, desbrozado y demás ya que la parcela se ha encontrado en producción de cereal hasta la actualidad y se encuentra en buenas condiciones para la plantación.

Tampoco es necesario llevar a cabo un marcado manual de los hilos ya que es realizado por GPS al realizar el zanjeado.

2.8.3 Labores de plantación

La plantación se lleva a cabo mediante una plantadora arrastrada guiada por GPS, la cual introduce micorrizas junto con el plantón ya injertado y el tutor en el suelo, en este caso caña de bambú, tapa la zanja con tierra y también le pone el protector seleccionado, en este caso un protector perforado de 60 centímetros que protegerá a la planta frente al ataque de pequeños roedores.

Después de llevar a cabo la plantación, se realizará un riego de asiento lo más rápidamente posible para una mejor adaptación y desarrollo de la planta al suelo, intentando así que los fallos de plantas sean los mínimos posibles.

2.8.4 Colocación de la espaldera y la tubería porta goteros

La colocación de la espaldera se realizará en los meses de marzo y abril, mientras que la línea porta goteros se colocará recién realizada la plantación para realizar así el riego de asiento.

La espaldera está formada por varios elementos que son: postes, alambres y tensores. Estos elementos se colocan de la siguiente forma:

- Primero se colocan los postes de los extremos de los hilos, los cuales son de 2,6 metros y se clavan a una profundidad de 80 centímetros a un ángulo de 45° con un martillo neumático acoplado a un tractor.
- Después se colocan los postes intermedios, los cuales se colocan de forma recta, miden 2,3 metros y se clavan a una profundidad de 60 centímetros con un martillo neumático. Estos van colocados cada 4 cepas, por tanto, cada 6 metros de distancia.
- Una vez colocados los postes se procede a colocar los alambres. En nuestro caso se colocarán 4 alambres simples a diferentes alturas:
 - El primero se colocará a 20 centímetros del suelo y será el alambre encargado de sujetar la línea porta goteros. Este tendrá un grosor de 2,2 mm.

- El segundo se colocará a una altura de 80 centímetros del suelo y este será el encargado de sujetar los brazos de la cepa con el sistema de poda elegido. Este tendrá un grosor de 2,7 mm.
- El tercero y cuarto estarán situado a una altura de 120 y 150 centímetros del suelo respectivamente. Estos serán alambres móviles que podrán subirse y bajarse según las necesidades del cultivo. Estos tendrán un grosor de 2,4 mm.
- Por último, se colocarán los tensores en los postes extremos. Estos son tensores de carraca de acero galvanizado que mantienen los alambres tensos y así soportar el peso del cultivo y su vegetación y producción.

2.9 MANEJO DE LA EXPLOTACIÓN

Para llevar a cabo el buen mantenimiento de la explotación se llevarán a cabo las siguientes acciones de manejo del cultivo además de otras ya mencionadas en otros apartados como la fertilización y la poda, y el riego que se expondrá más adelante en este trabajo.

2.9.1 Control de las malas hierbas

Para realizar el control de las malas hierbas se llevará a cabo dos tipos de acciones:

- 3 pases de cultivador al año (4 si fueran necesarios), para eliminar las malas hierbas de las calles. El primero se realizará en el mes de abril y se realizará sin intercepas. El segundo y el tercero se realizarán en mayo-junio y julio-agosto respectivamente y se incorporará el intercepas al apero.
- Control químico en las líneas de cultivo mediante aplicación de herbicida. Esta aplicación se realizará en el mes de marzo.

Durante los 4 primeros años de la plantación todos los pases de cultivador se realizarán sin intercepas, y para la eliminación de las malas hierbas en la línea de cultivo se realizará una escarda manual para así no dañar el cultivo.

2.9.2 Control de plagas y enfermedades

Las plagas y las enfermedades son unos de los principales factores que más negativamente influyen en la producción de la uva y, por tanto, que más afectan económicamente debido a las pérdidas producidas.

En la zona donde se va a llevar a cabo la explotación las principales plagas son:

- Polilla del racimo (*Lobesia botrana* Den. y Schiff.).
- Araña roja (*Panonychus ulmi* Koch.).
- Trips (*Frankliniella occidentalis* Perg.).
- Acariosis (*Calepitrimerus vitis* Nal.).
- Erinosis (*Colomerus vitis* Pgts.).
- Mosquito verde (*Empoasca* spp.).

Y las principales enfermedades son:

- Mildiu (*Plasmopara vitícola* Berl. Y de Toni).
- Oídio (Erysiphe (*Uncinula*) *necator* Burr).
- Podredumbre gris (*Botrytis cinerea* Pers.)
- Yesca (*Stereum hirsutum* Willd. y *Phellinus igniarius* Fr.).

Todas estas plagas y enfermedades serán tratadas de la forma más adecuada en cada caso, siempre intentando utilizar métodos de control preventivos y alternativos al control químico que se utilizará como recurso en última instancia. Para ellos se seguirá la guía de gestión integrada de plagas

proporcionada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Ministerio de Agricultura, Guía de gestión integrada de plagas: uva de transformación, 2014). Se podrá ver un cuadro resumen de esta para nuestras principales plagas y enfermedades en el apartado de Anejos.

2.9.3 Poda

2.9.3.1 Poda en seco

Durante los dos o tres primeros años se realizará la forma de formación como se ha explicado anteriormente en el apartado de la elección del sistema de poda. Esta se basa en formar a la planta con el sistema de poda que hemos elegido, en nuestro caso un sistema de Cordón Royat doble, para que se adapte a la arquitectura seleccionada, en nuestro caso apoyada en espaldera.

Una vez formada la planta, se realiza la poda de producción. Primero se realiza una prepoda de forma mecánica para aligerar la carga de trabajo y que la poda se realice de forma más rápida, ahorrando tiempo, costes y mano de obra. Esta se realiza con una prepodadora y un tractor viñedo. Una vez realizada la prepoda y eliminados los restos de esta, se realiza la poda de forma manual con tijera eléctrica o manual. Esta se llevará a cabo en forma de pulgares a dos yemas vistas, a tres pulgares por brazo, dando así un total de 12 yemas por cepa, aunque la variedad airén también puede producir en yema ciega, por lo que podrían ser más. Esta poda será realizada durante el reposo invernal de la planta.

Los restos de poda serán retirados mediante un tractor y un apero específico para ello y serán quemados cuando esté permitido hacerlo. En caso de que los restos sean muy abundantes se estudiará si merece la pena su picado e incorporación al suelo.

2.9.3.2 Poda en verde

La poda en verde consta de dos operaciones: el despunte y la eliminación de chupones.

- El despunte trata de controlar el crecimiento vegetativo de la planta mediante el corte del meristemo apical de los pámpanos, favoreciendo así el desarrollo de las bayas reduciendo la competencia. Es importante no excederse recortando la parte aérea ya que se reduciría mucho la superficie foliar efectiva de la planta. Este despunte se realiza mediante una despuntadora acoplada a un tractor viñedo.
- La eliminación de chupones consiste en quitar tallos únicamente vegetativos que son improductivos que salen del tronco y brazos de la vid, evitando así que se gasten nutrientes y recursos innecesarios y se reduzca la competencia. Esta operación se realiza de forma manual.

2.9.4 Vendimia

La vendimia se realizará a partir del cuarto o quinto año de la plantación, dependiendo del nivel de producción de la planta, y durante el tercer año será descartada y retirada de la planta lo antes posible mejorando así el rendimiento del crecimiento vegetativo.

Se realizará de forma mecánica mediante una vendimiadora autopropulsada con despalilladora y una tolva de alrededor de los 4000 litros de capacidad. También serán necesarios dos tractores con remolque o bañera para descargar la tolva de la vendimiadora y llevar la producción a la bodega.

2.10 LEGISLACIÓN

El presente proyecto se ajusta a la legislación vigente en el territorio español referente a la plantación de viñedo y la actividad vitícola, así como a la normativa europea correspondiente:

- Real Decreto 1338/2018, de 29 de octubre, por el que se regula el potencial de producción vitícola.
- Reglamento (UE) n.º 1308/2013, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de diciembre de 2013, por el que se crea la organización común de mercados de los productos agrarios y por el que se derogan los Reglamentos (CEE) n.º 922/72, (CEE) n.º 234/79, (CE) n.º 1037/2001 y (CE) n.º 1234/2007; así como del Reglamento (CE) n.º 555/2008 de la Comisión, de 27 de junio de 2008, por el que se establecen normas de desarrollo del Reglamento (CE) n.º 479/2008 del Consejo, por el que se establece la organización común del mercado vitivinícola, en lo relativo a los programas de apoyo, el comercio con terceros países, el potencial productivo y los controles en el sector vitivinícola.
- Reglamento (CE) 889/2008 de la Comisión, de 5 de septiembre de 2008.
- Ley 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y el Vino.
- Reglamento (CE) 834/2007 del Consejo Europeo del 1 de enero de 2009.
- Estatutos del Consejo Regulador de la D.O. La Mancha.
- Pliego de Condiciones de la D.O. La Mancha.

3. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO

3.1 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DISPONIBLES

El primer paso que realizar en el diseño de esta instalación de riego es describir los elementos disponibles en la instalación de riego actual para intentar adecuarlos de la mejor forma posible al diseño de la instalación de riego por goteo.

La parcela cuenta con un pozo, del cual se extrae el agua mediante una bomba sumergible que puede ser accionada mediante dos métodos: mediante una instalación solar fotovoltaica aislada de red, y cuando esta no produce la suficiente potencia como para activar la bomba, mediante un grupo electrógeno de apoyo.

3.1.1 Bomba

La instalación cuenta con una bomba sumergible que tiene las siguientes características:

Fabricante C.R.I. Pumps			
Modelo	S6S-18/16	Altura nominal de impulsión	145 m
Caudal nominal	18 m ³ /h	Diámetro nominal	6"
Caudal máximo	24 m ³ /h	Rendimiento máximo	70%
Caudal mínimo	7 m ³ /h	Potencia nominal	11 kW

Tabla 14. Características de la bomba. Fuente: C.R.I. Pumps 6" STAINLESS STEEL SERIES (Pumps, s.f.).

3.1.2 Instalación fotovoltaica aislada de red

La instalación fotovoltaica aislada de red presente en la parcela se ha comprobado que fue diseñada y funciona de la siguiente forma:

- El mes de mayo, que es el mes más desfavorable en cuanto a horas solares pico de los cuatro meses en los que se lleva a cabo el riego, en los días totalmente soleados consigue suplir la demanda energética de la bomba durante 8 horas ininterrumpidamente. Sin embargo, en los días parcialmente nublados suele suplir la demanda energética de la bomba alrededor de 5 horas de media, siendo este número mayor si hay pocas nubes y menor si el cielo está muy encapotado. Y por último en días totalmente nublados la instalación no puede hacer frente a la demanda de la bomba. Los días soleados en mayo, según una serie histórica de los últimos 20 años, son alrededor del 60% de los días del mes y se suple la demanda energética de la bomba 5 horas o más el 75% de los días, siendo los días totalmente nublados en los que no suple la demanda solamente 3 en todo el mes.
- En los meses de junio, julio y agosto que cuentan con un mayor número de horas solares pico la instalación puede suplir la demanda energética durante alrededor de 8-9 horas en los días soleados, que son alrededor del 75% de los días de estos meses. Los días parcialmente nublados son alrededor del 18% del total por mes y en estos se suple la demanda alrededor de 5 horas de media por día. Por último, en estos meses no se puede suplir la demanda alrededor de 2 días por mes.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

En este proyecto se intentará abastecer las máximas horas de riego posible con la instalación solar fotovoltaica, y cuando esta no pueda suministrar la demanda energética de la bomba el riego se realizará mediante el grupo electrógeno para cumplir con las necesidades hídricas del cultivo. Este grupo electrógeno ya se encuentra actualmente en la explotación y tiene un consumo de 5 litros/hora de gasóleo B, cubriendo en la totalidad la demanda de la bomba y demás aparatos eléctricos.

3.2 DISEÑO AGRONÓMICO DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO

El diseño agronómico es la primera fase del diseño de nuestra instalación de riego por goteo con el cuál determinaremos la cantidad de agua que va a transportar la instalación correspondiente a las necesidades totales de riego en época de máximas necesidades hídricas. En este proceso también obtendremos el caudal y separación entre emisores, el tiempo de riego y los intervalos entre estos, y, además, el número de sectores mínimo que necesitaremos.

Para el diseño agronómico utilizaremos la aplicación *Disagro*, que es una aplicación informática implementada en Excel mediante Visual Basic for Applications (VBA) y que permite sistematizar los cálculos y tomas de decisiones en el diseño agronómico de un sistema de riego localizado, desarrollada por Jaime Arviza (Arviza, Aplicación DISAGRO, 2014).

Lo primero que debemos introducir en el programa son los datos climáticos de la evapotranspiración (ET_0) y las precipitaciones (P), obtenidos de la estación meteorológica más cercana a nuestras parcelas, en nuestro caso El Picazo, estas pueden verse en el apartado [2.6.1](#) de este trabajo. Además de estos datos, también debemos de introducir el coeficiente de cultivo (K_c) y los datos de partida correspondientes a nuestra explotación y el caudal y separación del emisor seleccionado (Gotero integral Aries GD-G4-001 de Regaber), todo esto lo podemos observar en la siguiente imagen:

Diseño Agronómico - Datos de Partida

Denominación de la finca	La Zamorana	Tipo cultivo	Extensivos Cespidosas Tapizantes Otros	Unidades de caudal	litros/hora metros3/hora	
Estación climática	El Picazo	Textura del suelo	Arcillosa Franca Arcillosa Franca	Disposición laterales	Un lateral por fila Doble lateral por fila Un lateral por dos filas	
Cultivo	Vid					
Tipo	Riego localizado Riego por aspersión					
Periodo de datos agroclimáticos	Mensual Semanal					
		Coeficiente K1 por localización	0.34			
		Superficie ocupada por planta	4.5 metros2			
		Porcentaje área sombreada	25.1 %			
		Fracción de lavado (LR)	0.04			
Superficie regable	10.17 has					
Separación entre fila de plantas	3 metros					
Separación entre plantas en fila	1.5 metros					
Diámetro aéreo de la planta	1.2 metros					
Con. eléctrica agua riego (dS/m)	1 dS/m					
Conductividad máxima ES suelo	13 dS/m					
Eficiencia de aplicación (EA)	90 %					
Uniformidad de distribución (UE)	90 %					
Porcentaje mínimo suelo mojado	30 %					
Solape mínimo entre emisores	15 %					
Caudal disponible en toma	18 m3/hora					
Jornada efectiva de riego (JER)	8 horas					
		Caudales emisor (l/h)				
		Emisor 1	Emisor 2	Emisor 3	Emisor 4	
		1.5	2	3	4	
		Espaciamiento emisores (m)				
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
		<input type="checkbox"/> No contemplar la precipitación en los cálculos de las necesidades <input checked="" type="checkbox"/> Contemplar la precipitación en los cálculos de necesidades				
		Aceptar				

Ilustración 13. Datos de partida de la aplicación Disagro.

Después de insertar todos estos datos, del programa obtenemos la siguiente ventana como posibles soluciones factibles, en la cual podemos ir variando parámetros como el caudal del

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

emisor, su separación, el intervalo entre riegos o el número de sectores para obtener diferentes soluciones en los tiempos de riegos, y seleccionar la que mejor se adapte a nuestro caso.

Determinación de Parámetros de riego (Datos mensuales)

Mes	ET _o mm/mes	K _c	K ₁	Pe mm/mes	NR _n mm/mes	NR _n l/día/plant	NT _r l/día/plant	NT _r mm/día	Tiempo de riego (h)
Enero	31.85	0	0.34	9.1	0	0	0	0	0
Febrero	45.44	0	0.34	9.66	0	0	0	0	0
Marzo	73.12	0	0.34	20.73	0	0	0	0	0
Abril	96.47	0	0.34	17.5	0	0	0	0	0
Mayo	147.39	0.45	0.34	10.65	11.9	1.73	2.13	0.47	0.5
Junio	180.97	0.65	0.34	8.81	31.19	4.68	5.78	1.28	1.35
Julio	210.49	0.8	0.34	2.84	54.41	7.9	9.75	2.17	2.28
Agosto	182.24	0.4	0.34	12.07	12.71	1.85	2.28	0.51	0.53
Septiembre	119.03	0	0.34	13.03	0	0	0	0	0
Octubre	74.67	0	0.34	9.77	0	0	0	0	0
Noviembre	37.65	0	0.34	23.77	0	0	0	0	0
Diciembre	26.39	0	0.34	14.02	0	0	0	0	0

Caudal emisor (lh)	2
Caudal unitario (l/h/m ²)	0.95
Separación emisores (m)	0.7
Separación emisores (m)	0.5
	0.6
	0.7
	0.8
	0.9
Número Riegos semana	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7

Número emisores planta	2.1
Caudal por planta (l/h)	4.29
Caudal ficticio continuo	0.25 l/s/ha
Volumen Anual (m ³ /ha)	1360.7
Caudal unidad superficie	9.5 m ³ /hora/ha
Tiempo anual de riego	859.4 Horas
Número mínimo de sectores	6
Número máximo de sectores	15

Número sectores adoptado: 6

Salir

Ilustración 14. Solución seleccionada para el diseño agronómico de la instalación de riego.

Después de estudiar varias soluciones variando los parámetros anteriormente mencionados, encontramos que la solución que mejor se adapta a nuestro caso es la que puede observarse en la ilustración 15. Esta es la solución que mejor se adapta debido a que es la solución más lógica y factible que mayor número de horas de riego se cubren mediante la instalación solar fotovoltaica, lo cual era uno de los objetivos de este proyecto. Esto se puede comprobar en la siguiente tabla:

	Mes	Tiempo/sector	Tiempo total día	Horas al mes	% cubierto FV (días soleados)	% cubierto FV (mes)	Horas cubiertas FV al mes
2 l/h 0,7 m 7 riegos/sem 6 sectores	Mayo	0,5	3	93	100%	90%	83,7
	Junio	1,35	8,1	243	100%	86%	208,98
	Julio	2,28	13,68	424,08	65%	55,3%	234,5
	Agosto	0,53	3,18	95,58	100%	93%	88,89
	TOTAL				855,66	82,65%	72%

Tabla 15. Horas de riego cubiertas por la instalación fotovoltaica para la solución seleccionada.

Además de esto, también obtenemos otros datos de interés para la solución seleccionada como son el número de emisores por planta, el diámetro mojado:

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

	Textura Franca Arcillosa	Caudal del emisor (l/h)			
		Diámetro mojado (m)			
		1,5	2,0	3,0	4,0
Diámetro mojado (m)		1,06	1,11	1,22	1,32
Superficie mojada (m ²)		0,88	0,97	1,16	1,37
Número emisores por planta		1,54	1,4	1,16	0,99
Separación emisores (m) (1)		0,98	1,08	1,29	1,52
Separación máxima emisores (m) (2)		0,98	1,03	1,12	1,22
Separación emisores adoptada (m)		0,90	0,70	0,90	0,90
Número de emisores por planta (3)		1,67	2,14	1,67	1,67
Caudal por unidad de superficie (l/h/m ²)		0,56	0,95	1,11	1,48
Caudal por planta (l/h)		2,50	4,29	5,00	6,67

Ilustración 15. Diámetro mojado y número de emisores por planta para la solución seleccionada.

Caudal emisor seleccionado =	2,0
Tiempo de riego máximas necesidades	2,93
Caudal ficticio continuo (l/s/ha)	0,25
Caudal por unidad de superficie (l/s/ha)	2,65
Caudal por unidad superficie (m ³ /h/ha)	9,52
Volumen anual por ha (m ³)	1360,7
Número mínimo de sectores	5
Número de sectores adoptados	6

Ilustración 16. Tiempo de riego en máximas necesidades y volumen anual por ha.

3.3 DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LAS SUBUNIDADES

El siguiente paso una vez calculado el diseño agronómico es el cálculo de las subunidades necesarias y su geometría, que es la primera fase del diseño hidráulico. Para ello utilizaremos la aplicación *DimSub*, que es una aplicación informática implementada en Excel mediante Visual Basic for Applications (VBA) que permite dimensionar subunidades de riego con distintas geometrías y emisores, buscando que la uniformidad de emisión sea lo más alta posible. Esta aplicación ha sido desarrollada por Jaime Arviza (Arviza, Aplicación DimSub, 2014).

El primer paso es diseñar la geometría de los sectores, intentado que tengan una superficie similar entre ellos. En nuestro caso son 6 sectores y quedarían distribuidos como se puede observar en la ilustración 18.

El siguiente paso será el diseño de las subunidades. Para ello debemos de conocer el número de subunidades que necesitamos para cada sector. Esto lo vamos a calcular mediante la longitud máxima del lateral según las características de nuestro emisor.

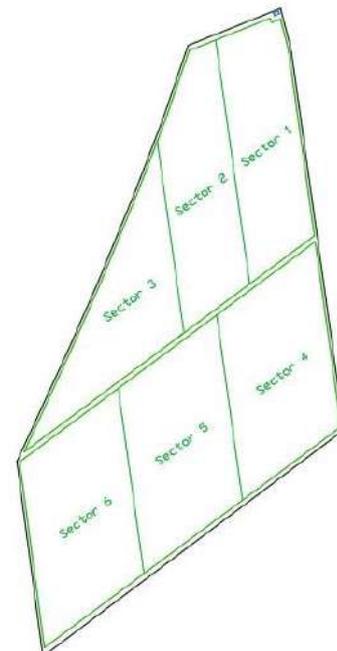


Ilustración 17. Diseño y distribución de los sectores.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

En nuestro caso debido a que la parcela no cuenta con grandes desniveles (1,4%) se ha seleccionado un emisor no compensante. Se trata del gotero integral Aries GD-G4-001 de Regaber, modelo 16100 cuyos datos técnicos son los siguientes:

Modelo	Ø Interior	Espesor tubería	Ø Exterior	Presión máx.	Presión máx. lavado	KD
12100	10,3	1,0	12,3	4,0	5,2	0,70
16090	14,2	0,9	16,0	3,0	3,9	0,40
16100	14,2	1,0	16,2	3,5	4,6	0,40
20100	17,5	1,0	19,5	3,5	4,6	0,10

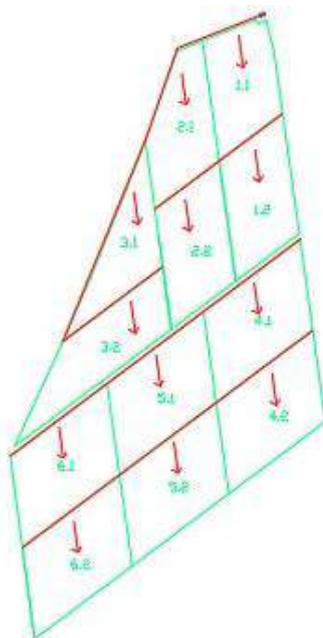
Ilustración 18. Datos técnicos tubería del gotero integral Aries, modelo 16100 de Regaber.

Además, el fabricante nos proporciona la longitud máxima del lateral para diferentes caudales, separación entre goteros y pendientes, que en nuestro caso se trata de una pendiente de -1,4% ya que aprovecharemos el desnivel colocando los laterales de forma descendiente:

2,0 l/h	Pendiente	Distancia entre goteros (m)								
		0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Ascendente	2%	44	59	70	80	88	95	101	106	110
	1%	47	64	78	90	101	111	121	130	136
Sin pendiente	0%	50	69	86	102	116	130	143	155	167
Descendente	-1%	52	73	93	111	128	146	162	178	194
	-2%	54	78	100	122	142	163	183	203	223

Ilustración 19. Longitud máxima del lateral del emisor seleccionado.

Interpolando entre estas dos longitudes, obtenemos que para nuestra pendiente la longitud máxima del lateral es de 152,8 metros.



Para los sectores diseñados, el sector 3, que es el que menos longitud de lateral tiene, su parte más larga mide 187 metros; y los sectores 1 y 2, que son los que mayor longitud de lateral tienen, su parte más larga mide 238 metros. Por lo tanto, es necesario dividir todos los sectores como mínimo en dos subunidades ya que la longitud máxima de lateral permitida para el emisor y parámetros seleccionados es de 152,8 metros, y más tarde se comprobará si esta solución es viable o es necesario añadir alguna subunidad más en alguno de los sectores.

Si la solución adoptada es viable, las subunidades y sectores quedarán distribuidos de la forma que puede observarse en la ilustración 21. Además, en rojo podemos ver como quedarían distribuidas las terciarias de cada subunidad de las cuales saldrían los laterales en la dirección que indica la flecha.

Ilustración 20. Diseño y distribución de subunidades y las terciarias (en rojo).

Una vez diseñada la geometría de las subunidades, los datos y características del emisor y otros datos obtenidos en el diseño agronómico, podemos introducir todos estos datos en la aplicación DimSub y llevar a cabo el dimensionado de las subunidades.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

Diseño y dimensionado de subunidades de Riego Localizado

Datos Lateral

Subunidad: 1 Sector: 1 Cota Inicio: 745

Alimentación lateral: alimentado por el extremo

Tipo Emisor: No compensante

Denominación: Sector 1 subunidad 1

Caudal emisor:	2
Longitud equivalente:	0.3 m
Distancia inicial So:	0 m
Separación emisores S:	0.7 m
Longitud lateral MD:	116.3 m
Diámetro Interior Lateral:	14.2 mm
Pendiente lateral:	-1.4 %
Coefficiente de variación:	7 %
Temperatura de cálculo:	20 °C
Número Emisores planta:	2.1

Material terciaria

PVC UNE EN 1451

PE 40 UNE EN 12201

PE 100 UNE EN 1220

Emisor no compensante

Variación máx caudales:	10 %
Presión nominal emisor:	15 m
Exponente de descarga (X):	0.46
Coste emisor y lateral:	0 €/m

Variables Dimensionado Lateral

Variación Presión Subunidad:	3.26 m
Nº emisores lateral:	0
Desnivel lateral:	-1.63 m
Pérdida de carga admisible:	4.89 m
Coefficiente mayorante:	1.43
Coefficiente C Blasius:	0.466
Coefficiente M Blasius:	1.567E-06

Datos Terciaria

Alimentación terciaria: Alimentada por el extremo

Disposición Laterales: Un lateral por fila de plantas

Tipo terciaria: Característica única

Geometría Subunidad: Irregular

Dimensionado Terciaria: Dimensionado

Botones: Poner Resultados en tabla, Ver Esquema, Mediciones, Imprimir, Exportar Resultados, Leer Datos, Grabar Datos, Salir

Ilustración 21. Datos de partida para el dimensionado de subunidades con la aplicación DimSub.

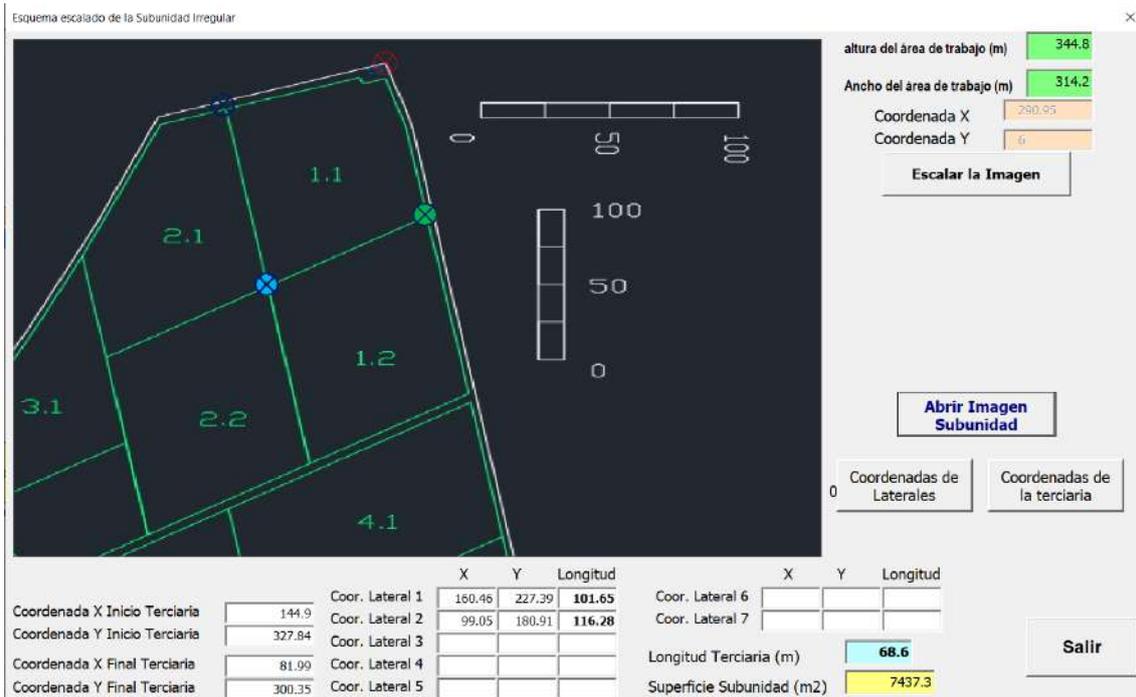


Ilustración 22. Definición de la geometría de la subunidad para su dimensionado con la aplicación DimSub.

Como se puede ver en la ilustración 23, mediante una imagen escalada e indicando la situación de la terciaria y las laterales podemos definir la geometría irregular de cualquier subunidad.

Por tanto, una vez introducidos todos nuestros datos de partida procedemos al dimensionado de la subunidad:

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

Diseño y dimensionado de subunidades de Riego Localizado

Datos Lateral

Subunidad: 1 Sector: 1 Cota Inicio: 745

Alimentación lateral: alimentado por el extremo

Tipo Emisor: No compensante

Denominación: Sector 1 subunidad 1

Caudal emisor	2
Longitud equivalente	0.3 m
Distancia inicial So	0 m
Separación emisores S	0.7 m
Longitud lateral MD	116.3 m
Diámetro Interior Lateral	14.2 mm
Pendiente lateral	-1.4 %
Coefficiente de variación	7 %
Temperatura de cálculo	20 °C
Número Emisores planta	2.14

Resultados Lateral

Caudal inicio Lateral	334 l/h
Coefficiente F	0.363 l
Pérdida de carga	2.47 mca
Variación Presión Lat	1.29 mca
Coefficiente Beta	0.731
Coefficiente Alfa	0.5
Presión inicio	15.99 mca
Presión final	15.15 mca
Presión mínima	13.52 mca
Uniformidad Emisión	89.5 %

Datos Terciaria

Material terciaria: PVC UNE EN 1451

Alimentación terciaria: Alimentada por el extremo

Disposición Laterales: Un lateral por fila de plantas

Tipo terciaria: Característica única

Emisor no compensante

Variación máx caudales	10 %
Presión nominal emisor	15 m
Exponente de descarga (X)	0.46
Coste lateral y emisor	0 €/m

Variables Dimensionado Lateral

Variación Presión Subunidad	3.26 m
Nº emisores lateral	2
Desnivel lateral	-1.63 m
Pérdida de carga admisible	4.89 m
Coefficiente mayorante	1.43
Coefficiente C Blasius	0.466
Coefficiente M Blasius	1.567E-06

Variables dimensionado Terciaria

Máxima Variación Presión	1.97 mca
Caudal por derivación	311.2 l/h
Longitud terciaria	68.6 m
Coefficiente Christiansen	0.383
Desnivel Terciaria	0 m
Pérdida de carga admisible	1.97 m
Caudal terciaria	7157.5 l/h
Diámetro mínimo	40.1 mm

Geometría Subunidad

Rectangular

Dimensionado Terciaria

Coef. Mayorante, Km	1.2
Nº laterales terciaria	23
Distancia inicial (Lo)	2.6 m
Separación laterales (L)	3 m
Pendiente terciaria	0 %

Resultados Terciaria

Diámetro interior	46.8 mm
Diámetro Nominal	50 mm
Coefficiente Beta r	0.746
Pérdida carga terciaria	0.95 m
Presión inicio ter.	16.7 m
Presión final terciaria	15.7 m
Variación presión Terciaria	0.95 m

Ilustración 23. Dimensionado de la subunidad 1 del sector 1 con la aplicación DimSub.

Aquí podemos observar el resultado del dimensionado de la subunidad, con datos como los caudales de inicio de los laterales, la pérdida de carga de laterales y terciarias, su uniformidad de emisión, las variaciones de presión sufridas y el diámetro necesario de la terciaria.

Resumen de resultados de la Subunidad

Tipo Emisor	No compensante
Tipo Lateral	Alimentado por el extremo
Material Terciaria	PVC UNE EN 1452
Disposición Laterales	Un lateral por fila de plantas
Tipo Terciaria	Alimentada por el extremo
Tubería terciaria	Característica única
Caudal inicio Terciaria	7157.5 l/h
Presión inicio Subunidad	16.7 mca
Presión media subunidad	15 mca
Variación presión Subunidad	2.24 mca
Número total de Emisores	3579
Longitud Total Laterales	2492 m
Longitud Terciaria	69 m
Número total de laterales	23

Ilustración 24. Resumen de resultados de la subunidad 1 sector 1.

Este mismo proceso lo realizamos para todas las subunidades, variando para cada una su geometría y cota, obteniendo los resultados de cada una.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

Subunidad	Sector	Caudal inicio (l/h)	Presión inicio (mca)	Cota inicio (m)	Longitud laterales (m)	Diámetro terciaria (m)	Longitud terciaria (m)	Alimentación Laterales	Alimentación Terciaria
1	1	7157,47	16,7	745,0	2492,0	50	68,6	Extremo	Extremo
2	1	7854,70	17,02	744,0	2726,0	50	77,1	Extremo	Extremo
1	2	6860,31	17,26	745,0	2391,0	63	126,7	Extremo	Extremo
2	2	8002,19	17,07	744,0	2777,0	50	79,9	Extremo	Extremo
1	3	6984,94	17,04	744,0	2434,0	63	203,9	Extremo	Extremo
2	3	8243,58	16,37	743,0	2857,0	50	120,8	Extremo	Extremo
1	4	9034,26	17,02	742,0	3138,0	50	118,9	Extremo	Extremo
2	4	8944,02	17,	741,0	3110,0	50	116,6	Extremo	Extremo
1	5	9021,74	17,01	742,0	3133,0	50	118,5	Extremo	Extremo
2	5	9022,80	17,	741,0	3130,0	50	118,3	Extremo	Extremo
1	6	9137,58	17,	741,0	3180,0	50	117,5	Extremo	Extremo
2	6	8948,04	16,94	740,0	3104,0	50	116,3	Extremo	Extremo

Tabla 16. Resumen de resultados del dimensionado de todas las subunidades.

Como hemos podido comprobar el viable dividir cada sector en solo 2 subunidades y por tanto queda completado el diseño y dimensionado de las subunidades.

3.4 DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LA RED DE TRANSPORTE

Una vez llevado a cabo el diseño agronómico y el dimensionado de las subunidades, uno de los últimos pasos que queda por realizar es el dimensionado de la red de transporte. Para ello vamos a utilizar la aplicación *RGW2022*, que es un libro Excel habilitado para macros en donde mediante Visual Basic for Applications (VBA) se han desarrollado una serie de formularios, procedimiento, funciones y cuadros de diálogo que permiten abordar el diseño de redes de riego a presión utilizando criterios de dimensionado clásicos como la restricción de velocidad o técnicas de optimización técnico-financiera. Esta aplicación ha sido desarrollada por Jaime Arviza (Arviza, Aplicación RGW2022, 2014).

Primero introducimos nuestros datos de partida en la aplicación:

The screenshot shows the 'Datos Partida Red de Riego a Presión - La Zamorana TFG RGWIN' window. Key parameters are:

- Número de líneas: 14
- Temperatura de cálculo: 20 °C
- Coficiente Mayorante, Km: 1.1
- Cota Nudo inicio (1) red: 745 m
- Pérdidas cabezal filtrado: 6 m
- Pérdida carga válvulas: 0 m
- Velocidad máxima cálculo: 2 m/s
- Presión requerida en nudos con consumo: 2 mca
- Viscosidad cinemática: 1.01E-6 m2/s
- Denominación red: La Zamorana
- Material tuberías: PVC UNE EN 1452
- Id Fabricantes: Base propia
- Alimentación de la red: Grupo de bombeo
- Criterio de dimensionado: Clásico. Restricción Velocidad
- Fórmula pérdida carga: Darcy Weisbach
- Rendimiento estimado bomba: 70 %
- Jornada efectiva de riego: 16 horas
- Tiempo de riego por sector: 2.3 horas

Ilustración 25. Datos de partida aplicación RGW2022.

El siguiente paso será realizar el diseño de la red de transporte, que será la encargada de llevar el agua desde el cabezal de riego hasta los nudos de consumo, en este caso las terciarias que suministran agua a los laterales de cada subunidad.

En la siguiente imagen, la ilustración 27, puede observarse como se ha diseñado la red de transporte y como se han distribuido los diferentes nudos (en azul), unos de consumo, que son

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

los que coinciden con el comienzo de una terciaria, otros de distribución y bifurcación, y otros de ambas cosas. Además podemos observar el número de líneas (en rojo), las cuales pueden ser tuberías, o ser parte del cabezal de bombeo y ser la bomba o el sistema de filtrado.

En nuestro caso, como se podrá comprobar más adelante, la línea 1 corresponde a la bomba, la 2 al filtrado y las demás son tuberías de la red de transporte.

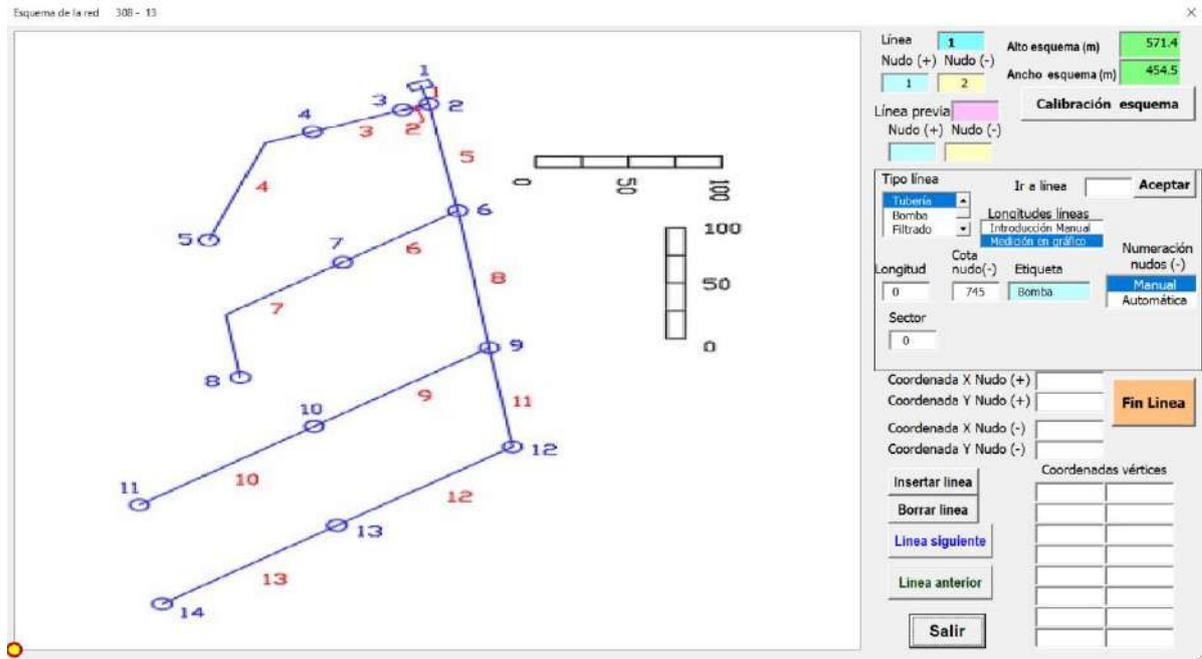


Ilustración 26. Diseño de la red de transporte y calibración e introducción de nudos y líneas en la aplicación RGW2022.

El siguiente paso es escalar, calibrar y definir todos los nudos y líneas en la aplicación RGW2022. Así quedará definida perfectamente cada línea, su longitud, su forma, su función, su localización en la parcela y su cota para más tarde llevar a cabo el dimensionamiento de la red de transporte dependiendo del caudal que vaya a pasar a su través en cada punto.

Una vez diseñada y definida la red de transporte e introducidos los datos de partida necesarios procedemos al cálculo de los caudales de cada línea y al dimensionado de la red, obteniendo los resultados que se ven en la tabla 18.

Un resumen de los resultados que obtenemos de la aplicación es el siguiente:

Alimentación de la red		Resultados bomba	
Desde depósito		Altura manométrica bomba	51.84 m
Desde hidrante		Caudal inicio red	5.02 l/s
Grupo de bombeo		Rendimiento Bomba	70 %
caudal inicio red	18085.6 Litros/hora		
Nudo (-) más desfavorable	15 Etiqueta S-6,2		
Déficit máximo de presión	0 mca		
Material de las tuberías	PVC UNE EN 1452		

Ilustración 27. Resumen resultados para la red de transporte con la aplicación RGW2022.

Aquí podemos ver resultados como el caudal al inicio de la red que sería de 18 m³/h, el nudo más desfavorable, que en este caso al tener una pendiente negativa en toda la parcela corresponde con el nudo más alejado del cabezal de riego y por tanto con mayores pérdidas de carga; y la altura manométrica mínima que necesita aportar la bomba para suplir las pérdidas de carga tanto del cabezal de filtrado como por las pérdidas de carga en la distribución por rozamiento.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

Línea	Nudo (+)	Nudo (-)	Longitud (m)	Cota nudo (-)	Sector	Consumo nudo (l/h)	Etiqueta	Caudal línea (l/h)	Diámetro interior Teórico (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (MPa)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (m)	Pérdida acumulada (m)	Presión estática (m)	Presión resultante (m)
1	1	2	0,0	745,00	0	0,00	Bomba	18085,62	56,6				0,00	-51,84		51,8	51,8
2	2	3	0,0	745,00	0	0,00	Filtrado	18085,62	56,6				0,00	6,00	6,00	51,8	45,8
3	3	4	16,4	745,00	1	7157,47	S-1,1	7157,47	35,6	46,8	50	0,60	1,16	0,58	6,58	51,8	45,3
4	4	5	51,7	745,00	2	6860,31	S-2,1	6984,94	35,1	35,2	40	1,00	1,99	7,08	13,66	51,8	38,2
5	5	6	121,1	744,00	3	6984,94	S-3,1	6984,94	35,1	35,2	40	1,00	1,99	16,58	30,24	52,8	22,6
6	3	7	99,2	744,00	1	7854,70	S-1,2	18085,62	56,6	59,0	63	0,60	1,84	6,18	12,18	52,8	40,7
7	7	8	79,8	744,00	2	8002,19	S-2,2	8243,58	38,2	46,8	50	0,60	1,33	3,65	15,83	52,8	37,0
8	8	9	135,9	743,00	3	8243,58	S-3,2	8243,58	38,2	46,8	50	0,60	1,33	6,21	22,04	53,8	31,8
9	7	10	127,4	743,00	4	9034,26	S-4,1	18085,62	56,6	59,0	63	0,60	1,84	7,94	20,12	53,8	33,7
10	10	11	116,1	743,00	5	9021,74	S-5,1	9137,58	40,2	46,8	50	0,60	1,48	6,41	26,53	53,8	27,3
11	11	12	118,0	742,00	6	9137,58	S-6,1	9137,58	40,2	46,8	50	0,60	1,48	6,52	33,05	54,8	21,8
12	10	13	91,9	741,00	4	8944,02	S-4,2	9022,80	39,9	46,8	50	0,60	1,46	4,96	25,08	55,8	30,8
13	13	14	120,0	740,00	5	9022,80	S-5,2	9022,80	39,9	46,8	50	0,60	1,46	6,48	31,56	56,8	25,3
14	14	15	118,2	739,00	6	8948,04	S-6,2	8948,04	39,8	46,8	50	0,60	1,44	6,28	37,84	57,8	20,0

Tabla 17. Resultados del dimensionamiento de la red de transporte con la aplicación RGW2022.

El siguiente paso que llevaremos a cabo es comprobar si la bomba que actualmente se encuentra en la instalación tiene la suficiente potencia para suministrar el caudal requerido de 18 m³/h con la presión requerida. Para ello, debemos obtener aparte de la altura manométrica ya obtenida, la altura del nivel del agua en el pozo, y las pérdidas ocasionadas en el ascenso del agua hasta la superficie.

Según un aforo del pozo de las parcelas, la altura dinámica del nivel del agua del pozo se encuentra a 75 metros de profundidad, y la tubería por la que la bomba suministra el agua a la superficie tiene una longitud de 96,5 metros. Con estos datos procedemos al cálculo de las pérdidas de carga de esta tubería:

Material	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)
PVC	63,5	53,5	5	96,5

Tabla 18. Características tubería del pozo.

$$h_f = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5}$$

Ecuación 6. Ecuación Darcy-Weisbach para el cálculo de pérdidas de carga.

Donde h_f son las pérdidas de carga (mca); f es el factor de fricción de Darcy con un valor aproximado de 0,012; L la longitud de la tubería (m); Q el caudal (m³/s); g la aceleración de la gravedad; D el diámetro interior de la tubería (m).

Con nuestros datos obtenemos unas pérdidas de carga en la tubería de 5,46 mca.

Por lo tanto, para calcular la altura manométrica total:

$$H_T = h_f + H_g + H_0$$

Ecuación 7. Altura manométrica total necesaria.

Donde H_T es la altura manométrica total; H_g la altura del nivel dinámico del pozo; y H_0 la altura de trabajo necesaria, todo ello en mca.

Finalmente, la altura manométrica total es de **132,3 mca**.

Por lo cual, la actual bomba puede suministrar sin ningún tipo de problema la presión necesaria para el caudal de funcionamiento de la instalación, ya que puede proporcionar para ese caudal una altura de 145 mca.

3.5 DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO

El cabezal de riego en este caso estará formado por la bomba, que cuenta con un filtro de malla para un prefiltrado, el equipo de filtrado, el sistema de fertirrigación, un programador y las electroválvulas para su automatización, el contador y los diferentes elementos de seguridad y válvulas.

La obturación de los emisores es uno de los grandes problemas del riego localizado, aumentando mucho el coste de mantenimiento de la instalación y reduciendo la vida útil de los componentes de esta, y por este motivo es necesario diseñar un buen sistema de filtrado para evitarlo. Estas obturaciones pueden ser producidas tanto por partículas orgánicas (algas, restos de plantas y animales) como por partículas inorgánicas (arena, limo, arcilla, sales precipitadas).

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

En este proyecto se ha optado por elegir un filtro de anillas auto limpiante como equipo de filtrado, facilitando así su mantenimiento y reduciendo las posibles pérdidas de carga por excesiva suciedad y evitando posibles atascos que deteriorasen la instalación y obteniendo una mayor optimización del rendimiento.

El modelo seleccionado es el AZUD HELIX AUTOMATIC SERIE 201 DLP con un grado de filtrado de 130 micrómetros. Sus principales características son las siguientes:

FILTRADO Caudal máximo por filtro
Superficie filtrante filtro AZUD HELIX AUTOMATIC 1.620 cm²

AZUD HELIX AUTOMATIC 201 DLP		micron	400	200	130	100
		mesh	40	75	120	150
AGUA BUENA	m ³ /h gpm				24 106	
AGUA MEDIA	m ³ /h gpm				20 88	
AGUA MALA	m ³ /h gpm				18 79	
AGUA MUY MALA	m ³ /h gpm				12 53	

Tabla 19. Características filtro de anillas AZUD HELIX AUTOMATIC SERIE 201 DLP.

Como podemos comprobar, para una calidad de agua media como es nuestro caso, cuenta con un caudal máximo de 20 m³/h, por tanto, cumple con los requerimientos de la instalación que son de 18 m³/h.

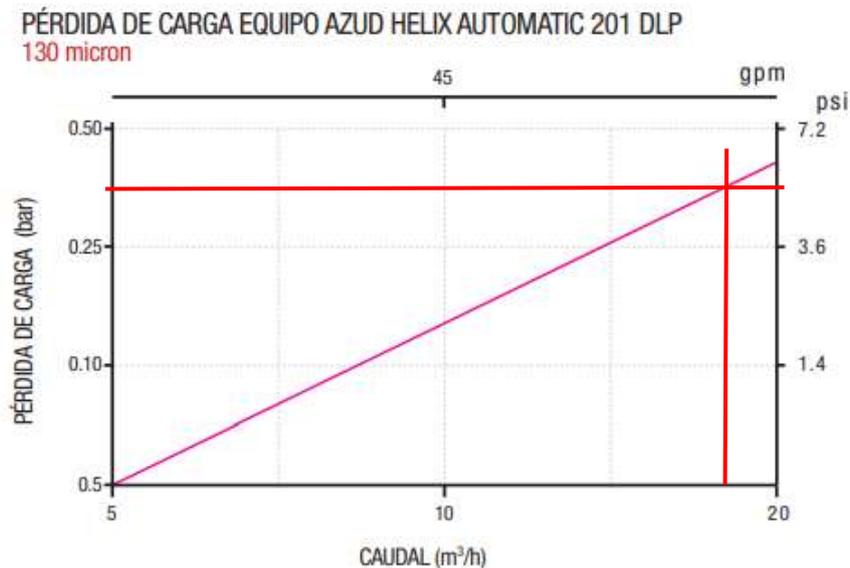


Ilustración 28. Pérdidas de carga del filtro de anillas.

Las pérdidas de carga de este filtro para nuestro caudal son de alrededor de 3,75 mca.

Además del sistema de filtrado, como ya se ha comentado anteriormente, el cabezal de riego también constará de un sistema de fertirrigación, el cual estará formado por un tanque de 1000 litros para fertirrigación, un inyector, un programador y las válvulas necesarias para su correcto funcionamiento, al igual que los manómetros necesarios.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

El inyector seleccionado es la bomba dosificadora de la serie ST-P GAER o similar, la cual es capaz de inyectar un caudal de 225 l/h, con una potencia de 0,25 kW accionada mediante un motor eléctrico realizando la dosificación mediante un pistón. Este nos permite inyectar el tanque de 1000 litros en 4,4 horas, por lo que dependiendo del tipo de abonado o tratamiento a realizar se deberá calcular la dosis, el tiempo de riego necesario por sector y si fuera necesario realizarlo en dos días diferentes.

El programador seleccionado es el TISU ICD-150 o similar, de 14 estaciones diferentes independientes y que permite su apertura simultánea. Además, cuenta con un canal al cual se le puede programar la limpieza de filtros gracias a la lectura de un presostato. Por lo tanto, se adapta perfectamente a nuestras necesidades ya que así podemos programar independientemente las 12 subunidades, dos por sector que serán simultáneas, aunque se podrían programar de forma independiente, y además se añadiría la válvula principal y el presostato de limpieza de filtros, sobrando dos canales libres.

El siguiente paso para poder automatizar completamente el riego junto con el programador son las electroválvulas. Se han seleccionado el modelo IR-21T de BERMAD o similar, la cual se activa y se abre o cierra completamente en respuesta a una señal eléctrica que activa el solenoide para abrir o cerrar el circuito de control hidráulico interno de la válvula. Se deberá colocar una por subunidad.

Se colocará para la correcta medida del caudal de agua un contador, en este caso un contador de 6" el cual es el diámetro de la tubería del pozo a la superficie.

Después del contador será necesaria una válvula general de compuerta de cierre elástico de 4", antes de esta se habrá colocado una reducción de 6" a 4". A la salida de la válvula se colocará una reducción de 4" a 2" para adaptar la tubería a las conexiones del equipo de filtrado.

Finalmente, el cabezal de riego quedaría diseñado de la siguiente forma:

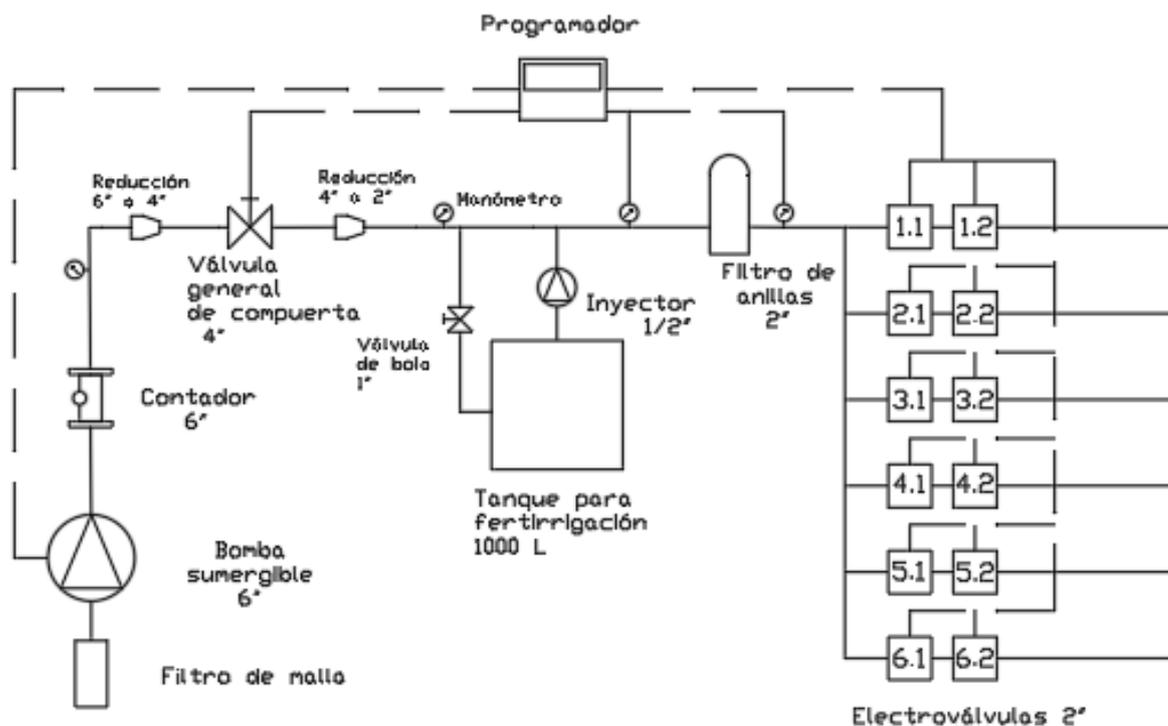


Ilustración 29. Esquema cabezal de riego.

4. INVERSIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

La inversión total que hay que realizar para el proyecto consta de la inversión en la plantación, labores preparatorias del terreno para ella y estructuras necesarias, y en la inversión para la instalación de riego por goteo, además de toda la mano de obra y maquinaria necesaria. Esta inversión puede verse resumida en la siguiente tabla, existiendo un presupuesto más desarrollado en el apartado de anejos.

Resumen de presupuestos	
<i>Capítulo</i>	Importe (€)
Preparación de terreno para la plantación	5076,60
Plantación	39743,96
Espaldera	28357,10
Mano de obra de plantación y espaldera	12448,08
Red de distribución	3993,82
Terciarias	4591,46
Laterales	5860,24
Cabezal de riego	4028,35
Mano de obra de la instalación de riego y cabezal	10066,92
Presupuesto de ejecución material (PEM)	114166,53
13% gastos generales	14841,65
6% beneficio industrial	6849,99
Suma	135858,17
21% IVA	28530,22
Presupuesto de ejecución por contrata	164388,39€

Tabla 20. Resumen de presupuesto.

La inversión total necesaria sería de CIENTO SESENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

4.2 ESTUDIO ECONÓMICO ESTÁTICO

Un año de plena producción puede resumirse en la siguiente tabla:

BALANCE ECONÓMICO AÑO DE PLENA PRODUCCIÓN	
COSTE	19814,16
PRODUCCIÓN (KG)	271200,00
PRECIO	0,31
IMPORTE	85156,80
GASTOS GENERALES COOPERATIVA	18395,50
CARGO POR GLUCÓNICO	406,80
RESULTADO	46540,34
IVA 12%	5584,84
RET. IRPF 2%	930,81
RESULTADO FINAL	40.024,69€

Tabla 21. Balance económico de un año de plena producción.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

Un año de plena producción el resultado final sería de CUARENTA MIL VEINTICUATRO EUROS CON 69 CÉNTIMOS.

La tabla de los costes de un año de plena producción es la siguiente:

Costes de mantenimiento de la explotación (cepa adulta, resto de la vida útil)				
Descripción	Unidad	Coste unitario (€)	Cantidad	Coste total (€)
Prepoda	u	0,02	22600,00	452,00
Poda	u	0,10	22600,00	2260,00
Sarmentar	u	0,02	22600,00	452,00
Pase de cultivador (se realizan 4)	u	0,02	90400,00	1808,00
Despuntar	u	0,02	22600,00	452,00
Pase de tratamientos (se realizan dos)	u	0,02	45200,00	904,00
Líquidos para tratamientos	ha	75,00	10,17	762,75
Atar rastras	u	0,06	22600,00	1356,00
Vendimia y acarreo	u	0,02	22600,00	452,00
Gallinaza	Ton	33,30	30,00	999,00
Aporte y esparcimiento de gallinaza	u	0,02	22600,00	339,00
Abonado adicional	ha	20,00	10,17	203,40
Agua de riego	m3	0,55	13850,00	7617,50
Gasoil grupo electrógeno (consumo 5 l/h)	l	1,14	1200,00	1368,00
Costes directos complementarios	%	2,00	19425,65	388,51
			TOTAL	19.814,16€

Tabla 22. Costes de mantenimiento de la explotación en plena producción.

Los costes totales de un año de plena producción serán de DIECINUEVE MIL OCHOCIENTOS CATORCE EUROS CON 16 CÉNTIMOS.

4.3 ESTUDIO ECONÓMICO DINÁMICO

El estudio económico de la explotación durante toda su vida útil, que serán 25 años será el que se puede observar en la siguiente tabla. En él, se ha tenido en cuenta la amortización de la inversión y las pérdidas producidas en los primeros 4 años improductivos, todo ello se ha repartido en los 20 años productivos de la explotación para llevar a cabo su amortización.

Igualmente, se ha calculado que la inversión y los gastos producidos de los 4 primeros años serían cubiertos con los beneficios obtenidos hasta el año 10 de la explotación incluido.

DISEÑO DE UNA PLANTACIÓN DE VID EN ESPALDERA CON SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO MEDIANTE BOMBEO SOLAR EN SAN CLEMENTE (CUENCA).

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Años 6	Año 7	Años siguientes
Coste (€)	17301,50	17301,50	17301,50	21280,52	22871,10	22871,10	22871,10	19814,16
Producción (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	135600,00	189840,00	271200,00	271200,00
Precio (€)	0,314	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Importe (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	42578,40	59609,76	85156,80	85156,80
Gastos generales cooperativa (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	9197,75	12876,85	18395,50	18395,50
Cargo por glucónico (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	203,40	284,76	406,80	406,80
Resultado (€)	-17301,50	-17301,50	-17301,50	-21280,52	10306,15	23577,05	43483,40	46540,34
IVA 12% (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	1236,74	2829,25	5218,01	5584,84
Ret. IRPF 2% (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	206,12	471,54	869,67	930,81
Resultado final (€)	-17301,50	-17301,50	-17301,50	-21280,52	8863,29	20276,26	37395,72	40024,69
Amortización de la inversión y de los años no productivos (20 años de vida útil productiva) (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	11878,67	14894,05*	11878,67	11878,67
Beneficio después de la amortización (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	-3015,38	5382,21	25517,05	28146,02
Beneficio por ha (€)	0	0	0	0	-296,50	529,224284	2509,051609	2767,55391

Tabla 23. Estudio económico de la vida útil de la explotación.

*En este año se amortizan las pérdidas del año 5 que acaba en negativo.

Beneficio total explotación tras su vida útil	506366,28€
Rendimiento medio por año de vida útil	20254,65€

Tabla 24. Resumen de los beneficios totales de la explotación en su vida útil.

Después de amortización nos queda un beneficio de VEINTIOCHO MIL CIENTO CUARENTA Y SEIS EUROS CON 2 CÉNTIMOS en los años de plena producción con los gastos de mantenimiento.

Al acabar la vida útil de la explotación esta nos habrá dejado un beneficio de QUINIENTOS SEIS MIL TRESCIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Arviza, J. (2014). Aplicación DimSub.
- Arviza, J. (2014). Aplicación DISAGRO.
- Arviza, J. (2014). Aplicación RGW2022.
- Barber, V. (s.f.). *Vitivinicultura*. Obtenido de <https://www.vitivinicultura.net/patron-de-vid-140-ruggeri.html>
- Bodegas Puente de Rus S.C.A.* (s.f.). Obtenido de <https://www.puentederus.com/vinedos-y-entorno/>
- Castellanos. (1980).
- Chomé, P. (2006). *Variedades de vid. Registro de variedades comerciales*. Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=447>
- Consejería de Agricultura, A. y. (11 de Enero de 2022). *Resolución de 09/12/2021, de la Consejería de Agricultura, Agua y Desarrollo Rural de Castilla la Mancha*.
- D.O. La Mancha.* (s.f.). Obtenido de <https://lamanchawines.com/uvas-2/>
- Domínguez, E. G.-E. (14 de 05 de 2013). *tecnicoagricola*. Obtenido de <https://www.tecnicoagricola.es/abonado-de-la-vina-o-vinedo/>
- EnergyPlus. (2016). *Weather Data*. Recuperado el 20 de October de 2016, de <https://energyplus.net/weather>
- López Cortés, I., & Salazar Hernández, D. M. (2023). *Viticultura*.
- López, M. (2020). *Fertibox análisis agrícolas*. Obtenido de <https://www.fertibox.net/single-post/fertilizacion-vid#:~:text=Las%20extracciones%20estimadas%20por%20cada,de%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20gl%C3%BAcidos>.
- Ministerio de Agricultura, P. y. (2002). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/produccion-integrada/>
- Ministerio de Agricultura, P. y. (2014). *Guía de gestión integrada de plagas: uva de transformación*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIAUADETRANSFORMACION_tcm30-57934.pdf
- Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.* (s.f.). Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-96--de-la-superficie-de-vid%C3%B1edo-en-espa%C3%B1a-est%C3%A1-en-territorio-de-alguna-denominaci%C3%B3n-de-calidad-/tcm:30-561255>

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (31 de Julio de 2020). Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-96--de-la-superficie-de-vi%C3%B1edo-en-espa%C3%B1a-est%C3%A1-en-territorio-de-alguna-denominaci%C3%B3n-de-calidad-/tcm:30-561255>
- OEMV. (2022). OEMV. Obtenido de <https://www.oemv.es>
- Ojeda, T. d. (2017). *NECESIDADES NUTRICIONALES DE LA VID, FERTILIZANTES Y DISPOSITIVO*. VILA REAL.
- Ortíz-Villajos, J. Á. (2000). *ADAPTACIÓN DE VARIETADES BLANCAS DE VID (Vitis vinífera,L.) EN CASTILLA-LA MANCHA*.
- Pumps, C. (s.f.). *C.R.I. Pumps 6" STAINLESS STEEL SERIES*. Obtenido de <https://www.crifluidsystems.com/50/50-hz/pumps-motors/deep-well-submersible-pumps/6-stainless-steel-submersible-pump/>
- Ramos, I., Bravo, S., Sánchez, M., Pérez de los Reyes, C., & Amorós, J. (2016). Estudio comparativo entre los sistemas de poda (Guyot y Cordón Royat) para Moscatel de Grano Menudo en La Mancha.
- Salazar, D. M., & Melgarejo Moreno, P. (2005). *Viticultura*.
- Sela, G. (2022). *Cropaia*. Obtenido de <https://croipaia.com/es/blog/requerimiento-nutricionales-de-la-vid/>
- SiAR. (2023). Obtenido de <https://portal.mapa.gob.es/websiar/NecesidadesHidricas.aspx>