



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

*ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL (E.T.S.I.A.M.I.N.)*



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA CULTIVOS HORTÍCOLAS EN ALMANSA

Autor: **Eduardo Demetrio Gras Sáez**

Tutora: Carmen Virginia Palau Esteban

VALENCIA, a 5 de Julio de 2021.

RESUMEN:

TÍTULO DEL PROYECTO:

DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA CULTIVOS HORTÍCOLAS EN ALMANSA (ALBACETE)

En inglés: DESIGN AND DIMENSIONING OF A SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM FOR HORTICULTURAL CROPS IN ALMANSA (ALBACETE)

En valenciano: DISSENY I DIMENSIONAMENT D'UNA INSTAL·LACIÓ DE REG PER ASPERSIÓ PER A CULTIUS HORTÍCOLES A ALMANSA (ALBACETE)

RESUMEN DEL PROYECTO

En castellano:

El objetivo de este trabajo final de grado es la puesta en marcha de un equipo de riego por aspersión en una finca destinada a la producción de cultivos herbáceos (cebolla/nabo) en el término municipal de Almansa (Albacete). Se dispone de una única parcela cuyas dimensiones son 8.5 hectáreas.

El proyecto contendrá un análisis de funcionamiento y características del sistema de riego por aspersión, con la intención de decantarse por sistemas actuales que trabajen a media o baja presión. Para la elección más adecuada se diseñará la red de distribución del agua con los cálculos hidráulicos pertinentes. Se procederá a la sectorización del sistema y se estudiarán diferentes distribuciones de los aspersores dentro de la parcela con el objetivo de obtener altas eficiencias de aplicación.

Además, se estimarán las necesidades hídricas de diferentes especies que serán cultivadas de acuerdo con la climatología de la zona y características propias de las especies cultivadas. El suministro de agua será a partir de un pozo ya perforado, donde hará falta seleccionar un grupo de presión para elevar el agua y garantizar la energía suficiente para que los aspersores rieguen con la uniformidad establecida. La elección final se basará principalmente en la instalación que menos costes genere tanto de instalación como de gasto energético, sin dejar de lado los parámetros de eficiencia del riego.

En inglés:

The aim of this final degree project is the implementation of a sprinkler irrigation system on a farm for the production of arable crops (onion/turnip) in the municipality of Almansa (Albacete). There is a single plot of land measuring 8.5 hectares.

The project will contain an analysis of the operation and characteristics of the different sprinkler irrigation equipment, with the intention of opting for current systems working at medium or low pressure. For the most appropriate choice, the water distribution network will be designed with the relevant hydraulic calculations. The system will be sectorised and different sprinklers distributions of the within the plot will be studied in order to obtain high application efficiencies.

In addition, the water requirements of the different species that will be cultivated will be estimated according to the climatology of the area and the characteristics of the cultivated species. The water supply will be from a well already drilled, where it will be necessary to select a pressure group to raise the water and guarantee sufficient energy for the sprinklers to irrigate with the established uniformity. The final choice will be based mainly on the installation that generates the lowest costs both in terms of installation and energy expenditure, without neglecting the parameters of irrigation efficiency.

PALABRAS CLAVE DEL PROYECTO:

En castellano:

Cultivos, cebolla, nabo, riego por aspersión, red de distribución, necesidades hídricas, grupo de presión.

En inglés:

Crops, onion, turnip, sprinkler irrigation, distribution network, water requirements, pressure group.

Alumno: D. Eduardo Demetrio Gras Sáez.

Tutor Académico: Prof. Dña. Carmen Virginia Palau Esteban.

Localidad y fecha: Almansa a 5 de Julio de 2021-07-05

ÍNDICE PROYECTO

DOCUMENTO 1. MEMORIA

DOCUMENTO 2. ANEJOS A LA MEMORIA

- **ANEJO 1. Situación, análisis y objetivos.**
- **ANEJO 2. Estudio climático.**
- **ANEJO 3. Estudio edafológico.**
- **ANEJO 4. Estudio calidad agua de riego.**
- **ANEJO 5. Rotación de cultivos propuesta.**
- **ANEJO 6. Diseño agronómico.**
- **ANEJO 7. Dimensionado de la red.**

DOCUMENTO 3. PLANOS

- **Plano 1. Emplazamiento.**
- **Plano 2. Localización.**
- **Plano 3. Superficie regable.**
- **Plano 4. Cotas (Z) topográficas.**
- **Plano 5. Diseño de ramales porta-aspersores y terciarias.**
- **Plano 6. Dimensionado posturas de riego.**
- **Plano 7. Dimensionado red transporte agua hasta terciaria.**
- **Plano 8. Esquema hidráulico de la instalación.**

PRESUPUESTO DETALLADO

DOCUMENTO 1.

MEMORIA

ÍNDICE DOCUMENTO 1. MEMORIA

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes, objetivo y ubicación.....	1
2.1 Antecedentes.....	1
2.2 Objetivo.....	1
2.3 Ubicación.....	2
3. Estudio alternativas.....	2
4. Estudios realizados.....	3
4.1 Estudio climatológico.....	3
4.1.1 Temperatura.....	3
4.1.2 Heladas.....	4
4.1.3 Precipitaciones.	4
4.1.4 Humedad relativa.	5
4.1.5 Viento.	5
4.1.6 Radiación solar.	6
4.1.7 Clasificación climática.	6
4.1.8 Evapotranspiración de referencia.	7
4.1.9 Evapotranspiración aplicada al cultivo.	7
4.2 Estudio edafológico.....	10
4.2.1 Propiedades físicas.	10
4.2.2 Propiedades químicas.	11
4.2.3 Enmienda húmica necesaria a aportar.	12
4.3 Estudio calidad agua de riego.....	12
4.4 Rotación de cultivos propuesta.....	14
4.5 Diseño agronómico.....	14
4.5.1 Necesidades hídricas.	15
4.5.2 Dosis máximas y dosis útil de agua.	15
4.5.3 Intervalo entre riegos.	16
4.6 Características sistema de riego.....	16
4.6.1 Marco instalación aspersores.	16
4.6.2 Pluviometría aportada.	17
4.6.3 Duración del riego.	17
4.6.4 Organización por posturas de riego.	18
4.7 Cálculos hidráulicos.....	19
4.7.1 Datos parcela.	19
4.7.2 Cálculos caudales por postura de riego.	19
4.7.3 Elección de materiales.	20
4.7.4 Dimensionado ramales porta-aspersores y terciarias.....	21
4.7.5 Dimensionado red de transporte de agua hasta terciarias.....	22
4.7.6 Resumen de resultados.....	23
4.7.7 Elementos singulares.....	25
5. Presupuesto.....	25
6. Bibliografía.....	26
7. Webgrafía.....	27

1. Introducción.

Castilla-La Mancha cada vez está implantando más el regadío a toda su superficie dedicada a la agricultura siendo esta un gran aporte de hortalizas como la cebolla o el ajo, cereales y frutos secos a toda la industria de España y de la Unión Europea.

En esta comunidad se tiene más de 500.000 hectáreas en regadío y aumenta en cada registro anual.

En este caso la disponibilidad hídrica no resulta un inconveniente ya que se explota un acuífero extenso como es el del Mesozoico del flanco occidental de la Ibérica.

2. Antecedentes, objetivo y ubicación

2.1 Antecedentes.

El abandono de canalizaciones de agua antiguas como acequias, presentes en la zona de estudio, ha llevado a buscar otras fuentes de agua como pueden ser los acuíferos.

Otro aspecto muy a tener en cuenta es la aplicación del riego, pues si es aplicado en riego por superficie (riego a manta, por tablares, etc.) se obtienen eficiencias de aplicación de hasta un 70% en las ocasiones de buen manejo mientras que en el riego por aspersión se alcanzan valores de eficiencia de aplicación de hasta 85-90%, cuando la instalación está correctamente diseñada. Los riegos por superficie van reduciendo la superficie total en la que son aplicados conforme el tiempo avanza y se implantan nuevos materiales y formas de trabajar.

2.2 Objetivo.

El objeto de este proyecto es la definición técnica y económica de las obras que a ejecutar para el equipamiento mediante cobertura total enterrada de una parcela de 8,44 hectáreas de superficie.

Para el correcto dimensionado de la red de transporte y grupo de bombeo se van han realizado una serie de estudios, los cuales se presentan en forma de anejo:

- Estudio de Situación, análisis y objetivos
- Estudio climatológico
- Estudio edafológico
- Estudio de la calidad del agua de riego
- Rotación de cultivos propuesta
- Diseño agronómico
- Dimensionado de la red
- Presupuesto

En conclusiones se pretende con este proyecto:

- Obtener mayores rendimientos en cada uno de los cultivos que se propondrán.
- Mayor comodidad en el manejo.
- Aumentar la rentabilidad de la explotación.

2.3 Ubicación.

Localización y emplazamiento:

- Término municipal: Almansa
- Provincia: Albacete
- Superficie finca: 8,4441 ha

Linderos:

- Norte: Parcela cultivo ajos
- Sur: Carretera CM-3220
- Este: Camino agrícola y Granja Porcina
- Oeste: Camino agrícola

Identificación catastral:

- Referencia catastral: 02009A511000260000DQ
- Localización catastral: Polígono 511, Parcela 26, PRIMERA MANCORA ALM.
- Término municipal: Almansa
- Clasificación catastral del suelo: Rústico
- Uso: Agrario
- Superficie del suelo: 84.441 m²
- Clase de cultivo: Cultivo Regadío Labor
- Intensidad productiva: 01

3. Estudio de alternativas.

En primer lugar se han de exponer los requisitos del promotor:

- El promotor ha exigido que estén los siguientes cultivos: Ajo, Cebolla, Zanahoria, Maíz y Cebada, ya que todos estos serán consumidos directamente por el mismo para otro proceso en la industria agroalimentaria que él dirige como son una granja porcina y una cadena de supermercados.
- El riego ha de ser riego por aspersión en cobertura total enterrada, debido a la maquinaria que posee el mismo.

- Implantar el mayor número de cultivos posible a lo largo de 5 años (dentro de estos 5 años han de implantarse los cultivos anteriormente nombrados) y en estos obtener unos rendimientos lo más elevado posible utilizando todos los insumos como pueden ser la aplicación de fertilizantes a razón de las extracciones de cada cultivo, aplicación de herbicidas, laboreo del terreno etc.

Con las condiciones expuestas se procederá al estudio de las diferentes variables requeridas para el correcto dimensionado de la red de tuberías y grupo de bombeo en un sistema de riego por aspersión.

4. Estudios realizados.

En cada uno de estos estudios realizados se ha detallado la metodología y la información utilizada para la caracterización de cada uno de los parámetros analizados y se muestran organizados a modo de anejos.

4.1 Estudio climatológico.

Los datos meteorológicos utilizados han sido obtenidos de la estación meteorológica de Almansa cuyas coordenadas son: latitud 38° 53' 43,03 Norte y longitud 1° 5' 55,65 Oeste a una altitud de 698 m.s.n.m. siendo esta una información muy fiable debido a su cercanía a la parcela en cuestión, tan solo a unos 500 metros aproximadamente.

Esta estación pertenece al SIAR (Servicio Integral de Asesoramiento al Regante) del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

La toma de datos meteorológicos abarcará un periodo de 10 años, de 2010-2020, suficientes datos para tener con exactitud los valores adecuados para la realización del proyecto.

Los parámetros climáticos que estudiaremos son: las temperaturas, régimen de heladas, precipitaciones, humedad relativa, viento y radiación solar.

4.1.1 Temperatura

Podemos considerar que en la zona de estudio, el clima se identifica como Mediterráneo con verano cálido:

- La temperatura media anual es de: 14,2°C
- La temperatura media del mes más frío: 6°C
- La temperatura media en los meses más cálidos es de: 24,2°C

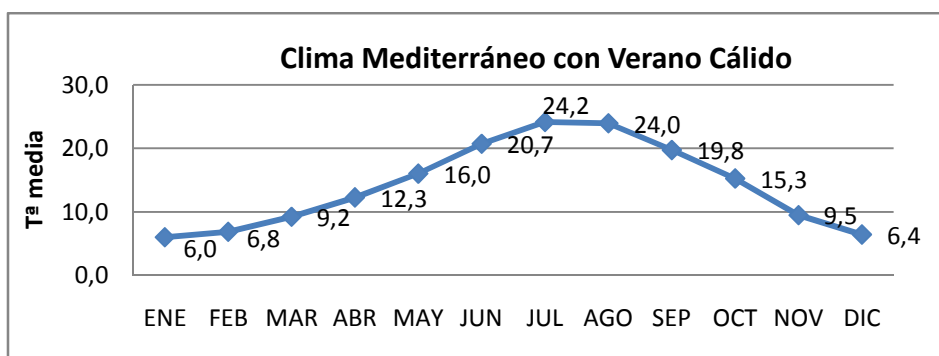


Figura1. Clima Mediterráneo según Köppen.

4.1.2 Régimen de heladas.

Según el modelo de Emberger para la clasificación de periodos de heladas se concluye que hay riesgo frecuente de helada (t° media de las mínimas entre 3°C y 7°C) durante los meses de diciembre, enero y febrero.

4.1.3 Precipitaciones

Las precipitaciones en el lugar de la plantación se dan de forma escasa y concentrada en su mayoría en los meses de noviembre, marzo, abril y mayo.

Cabe destacar que durante todo el verano se produce un periodo prolongado de sequía que tendremos que suplir con el sistema de riego elegido.

La pluviometría media anual se sitúa en torno a 400 (mm/año), repartiéndose por estaciones según muestra la siguiente tabla:

ESTACION	MES	P media(mm)	Nº EVENTOS DE PRECI.	% EVENTOS	% PRECI.
INVIERNO	Diciembre	27,0	5	27	20
	Enero	32,0	4		
	Febrero	22,0	5		
PRIMAVERA	Marzo	52,9	5	34	36
	Abril	48,5	6		
	Mayo	39,5	6		
VERANO	Junio	19,1	3	12	15
	Julio	14,0	1		
	Agosto	26,2	2		
OTOÑO	Septiembre	37,8	4	27	29
	Octubre	25,5	5		
	Noviembre	52,4	5		

Tabla1. Valores medios de Precipitación mensual (P_{media} , en mm) junto al % que supone por estaciones y su reparto por eventos, elaborados a partir de los datos obtenidos de la estación meteorológica del SIAR en Almansa.

Como se ha dicho es de vital importancia tener en cuenta que las precipitaciones se dan de forma torrencial como se dijo anteriormente, por eso se calculará la *Precipitación efectiva*, desde un punto de vista agronómico, se puede decir que, un agricultor individual considera que la lluvia efectiva es aquella cantidad que es útil para sembrar cultivos en su suelo, bajo su manejo. El agua que sale del campo por escorrentía o por percolación profunda más allá de la zona de las raíces de su cultivo es ineficaz. En el anejo de climatología se muestran los valores de este dato.

4.1.4 *Humedad relativa.*

El parámetro de la humedad relativa es de vital importancia tenerlo en cuenta para el cálculo de los requerimientos hídricos de cualquier cultivo, por ejemplo para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia.

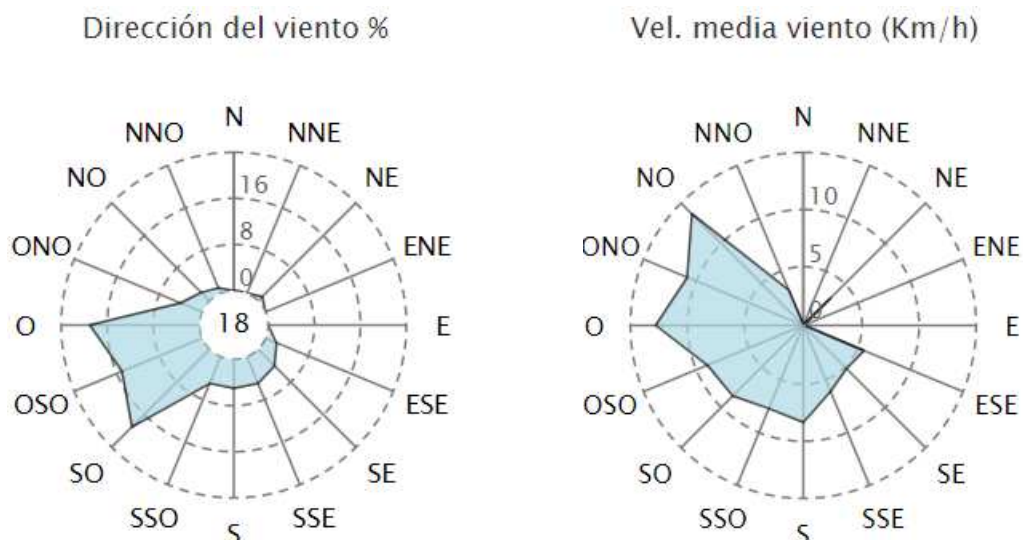
La humedad relativa media anual se situó en 67%, oscilando desde 55% (meses de verano) hasta 78% (meses de invierno).

4.1.5 *Viento.*

El viento es un factor limitante en algunos de los diferentes sistemas de regadío, en este caso al ser riego por aspersión, el viento puede condicionar la aplicación del riego reduciendo su eficiencia de aplicación ya que por la fuerza de este desplaza la mayoría de las gotas aplicadas por el aspersor.

La velocidad media anual del viento en la serie climática escogida resultó 2,3 m/s, variando entre, 1,7 m/s en el mes de octubre y 3,2 m/s en el mes de febrero.

A continuación se muestran dos figuras denominadas “rosas de los vientos” donde se puede ver la dirección de los vientos predominantes (%) y otra con la velocidad media (Km/h), será de vital importancia tener en cuenta estos valores a la hora de diseñar el sistema de riego y la distribución



Figuras 2 y 3. Rosas de los vientos mostrando sus porcentajes y velocidades respecto su dirección proveniente.

4.1.6 Radiación solar extraterrestre.

Es necesario el dato de **Radiación Solar Extraterrestre (R_a)** para calcular la Evapotranspiración (Apartado 8), esta R_a es la radiación solar media que incide sobre una superficie horizontal que se encuentra por encima de la atmósfera terrestre. Esta varía en cada instante de tiempo según la posición de un punto en concreto de la Tierra y de la posición de ésta respecto la posición del Sol.

También es necesario para el cálculo de la Evapotranspiración obtener el **coeficiente de insolación n/N** , donde n son las horas de insolación reales (tiene en cuenta la nubosidad) y N son las horas de insolación teóricas (se obtiene por la latitud sin tener en cuenta la nubosidad).

Los valores de **Radiación Solar Extraterrestre (R_a)** y n serán extraídos de los datos registrados por la estación meteorológica entre los años 2010-2020.

El valor de N se obtiene de forma teórica y para este caso será obtenida del Documento 56 de la FAO "Evapotranspiración del cultivo".

Se destaca que la máxima radiación solar extraterrestre (R_a) es registrada en julio con $27 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{día}$.

Por otro lado las horas de insolación real (n) se sitúan entre 12,7 horas en el mayor de los casos y 6,8 horas en el menor.

4.1.7 Clasificación climática

Según el Índice de LANG nos encontramos en una zona árida.

Diagrama ombrotérmico de Gausson corresponde a un clima monoxérico, a continuación se muestra.

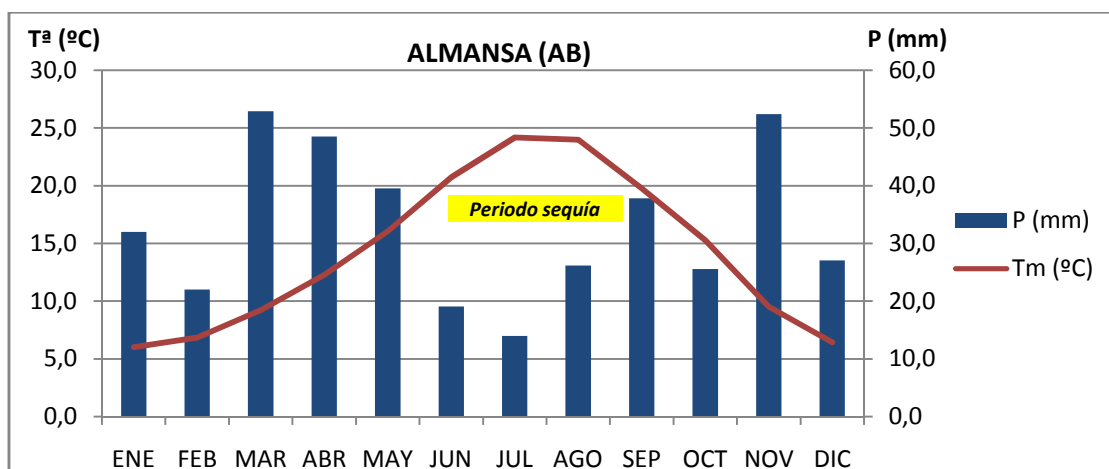


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de Gausson en la zona de estudio.

4.1.8 Evapotranspiración de referencia.

Para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET_0) se va a utilizar la metodología FAO Penman-Monteith.

Los datos de ET_0 son proporcionados por la estación meteorológica del SIAR en la localidad de Almansa y son calculados por la misma metodología antes nombrada.

Se detectó unos valores máximos de 204,7 mm/mes en la evapotranspiración de referencia (ET_0) en el mes de julio, por otro lado, resultaron 34,5 mm/mes de ET_0 en el mes de diciembre. Mientras que anualmente se registró 1296 mm de ET_0 .

4.1.9 Evapotranspiración aplicada al cultivo.

Siguiendo el procedimiento mencionado, de acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo (ET_c) se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0) y el coeficiente del cultivo (K_c):

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

Donde:

- ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)
- K_c : Coeficiente del cultivo.
- ET_0 : Evapotranspiración de referencia (mm/día).

En el mismo documento de la FAO muestra los **coeficientes de cultivo Kc** para cada una de las diferentes fases del cultivo en sí. A continuación se muestran dichos valores:

VALORES DE Kc PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS				
CULTIVO	F _{inic}	F _{desarr}	F _{medio}	F _{final}
Cebolla	0,15	ΔKc^{**}	0,95	0,65
Nabo	0,15	ΔKc^{**}	1	0,85
Zanahoria	0,15	ΔKc^{**}	0,95	0,85
Guisante	0,15	ΔKc^{**}	1,1	0,2
Maíz	0,15	ΔKc^{**}	1,15	0,15-0,5 *
Ajo	0,15	ΔKc^{**}	0,9	0,6
Acelga	0,15	ΔKc^{**}	0,9	0,85
Cebada	0,15	ΔKc^{**}	1,1	0,15
Espinaca	0,15	ΔKc^{**}	0,9	0,85

Tabla3. Valores de Kc en cada una de las diferentes fases de los cultivos, extraído del Documento 56 de la FAO "Evapotranspiración del cultivo".

*: El primer valor de Kc fin corresponde a los casos donde el cultivo se cosecharon gran humedad en el grano. El segundo valor de Kc fin es para cuando se cosecha después de un secado completo del grano en el campo (hasta alrededor de 18% de humedad, basado en materia húmeda).

** : Como se puede ver en la *Figura 6*, en la Fase desarrollo la cobertura del suelo varía debido al crecimiento del cultivo en sí por lo que el valor de Kc sigue un modelo lineal ascendente, se medirá el incremento de Kc y posteriormente se dividirá entre el nº de días de dicha fase del cultivo y obtendremos el aumento diario de Kc, con esto se ajustará el valor de Kc por quincenas.

A continuación se muestra una tabla con la duración y distribución temporal por quincenas de los diferentes cultivos junto a los valores de Kc aplicado al cultivo. Para consultar las fechas de siembra y recolección de los cultivos seleccionados se ha consultado el documento del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de "Calendario de siembra, recolección y comercialización 2014-2016", de Castilla-La Mancha.

VALORES DE Kc PARA LOS DIFERENTES CULTIVOS POR QUINCENAS												
CULTIVO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cebolla			0,15	0,37	0,6	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Nabo	1	0,85									0,15	0,17
Zanahoria			0,15	0,15	0,39	0,63	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Guisante	0,15	0,15	0,47	0,79	1,1	1,1	1,1	1,1	0,2	0,2	0,15	0,15
Maíz						0,15	0,58	1	1	1	1	1
Ajo	0,15	0,15	0,43	0,71	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,6		0,15
Acelga							0,15	0,71	0,9	0,9	0,9	0,85
Cebada	0,63	0,87	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,85	0,15	0,15	0,15	0,39
Espinaca	0,85									0,15	0,28	0,53

Tabla4. Valores de Kc asignado por quincenas, elaborados por el autor.

Se han elaborado unas tablas resumen con los resultados obtenidos de evapotranspiración aplicada al cultivo (ETc), agrupados por años, estas se muestran en el anejo estudio climatología.

El AÑO 2 corresponde al periodo de máxima Evapotranspiración aplicada a los cultivos (ETc) con 886 mm/anuales y será el que utilizaremos para el diseño de la instalación de riego por aspersión.

4.2 Estudio edafológico.

Es de vital importancia caracterizar adecuadamente nuestro suelo no solo por los cultivos que se puedan implantar y las carencias que les puedan surgir sino también para el diseño agronómico en los cálculos de la cantidad de agua que es capaz de retener nuestro suelo y así evitar las pérdidas de agua por percolación profunda y/o escorrentía al aplicar una cantidad de agua excesiva para el suelo objeto de estudio.

Se van a mostrar las conclusiones obtenidas en el anejo estudio edafológico.

4.2.1 Propiedades físicas

PRUEBA	RESULTADO	UNIDADES
Arena	67	%
Limo	19	%
Arcilla	14	%

Tabla5. Datos para la determinación textural del suelo, a 30cm de profundidad.

Según la metodología de la USDA para la clasificación de la textura a partir de los porcentajes de arena, limo y arcilla el suelo objeto de análisis posee una **textura Franco arenosa con una densidad aparente (da) 1,575 t/m³**

Se ha calculado la capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PM) y agua útil (Au).

A continuación se muestra una figura representado a grosso modo la relación que existe entre textura del suelo y los diferentes parámetros como son capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PM).



Figura 6. Relación entre textura del suelo y capacidad de campo y/o punto de marchitez, obtenido imágenes google.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

PRUEBA	RESULTADO	UNIDADES
Capacidad Campo, CC	14	% en peso
Punto marchitez, PM	7,15	% en peso
Agua útil, AU	6,85	% en peso

Tabla6. Valores calculados de Capacidad de Campo, Punto de Marchitez y Agua Útil expresados en % de peso de los gramos de agua por cada 100 gramos de suelo seco.

4.2.2 Propiedades químicas

Los resultados obtenidos en el análisis de suelo son los siguientes, se han tenido en cuenta criterios de clasificación como son el de USDA o FAO:

- El **pH** del suelo es de **8,38 uds. de pH, medianamente alcalino**, suelo típico de la zona de Castilla-La Mancha.
- La **conductividad eléctrica** del extracto saturado **CE_{es}** de nuestro suelo es de **1,1 dS/cm, muy ligeramente salino**.
- Unos niveles de **9% en Caliza Activa** y **18% de Carbonatos Totales**, estos últimos se interpretan como **normal**, de forma similar, la **Caliza Activa** se puede clasificar como cantidad **media**.
- En el muestreo de suelo resultaron 2100 ppm de **Calcio (Ca)** presente en el suelo, se puede considerar cantidad **normal**.

- En el muestreo de suelo resultaron 284 ppm de **Magnesio (Mg)** presente en el suelo, se puede considerar cantidad **alta**.
- En el muestreo de suelo resultaron 400 ppm **Potasio (K)** presente en el suelo se puede considerar **muy alta**.
- En el muestreo resultaron 60ppm de **fósforo (P)** presente en el suelo lo que se puede interpretar como un **nivel alto**.
- Para valorar si el suelo en cuestión presenta problemas de liberación de sodio (Na) por parte del complejo de cambio del suelo, se va a calcular su relación de absorción de sodio (RAS) y con ella se obtendrá el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). **El PSI resulta 0,296 %** lo que se interpreta como un **suelo no sódico** porque es menor de 15%.

4.2.3 *Enmienda húmica para el mantenimiento de M.O. presente en el suelo.*

Se puede considerar que el **nivel de M.O. es alto** ya que el valor obtenido en el muestro resultó **2,1%**.

Se ha de realizar un balance de M.O. en el suelo para la estimación de la cantidad de estiércol que es necesario aportar para mantener un 2% como mínimo de M.O.

$$\text{Balance M.O.} = \text{Aporte total humus} - \text{Humus total mineralizado}$$

Se va a aplicar **estiércol maduro de ovino** cuyo **coeficiente isohúmico (K₁)** es de **0,4-0,5** (Gross, 1986) y **cuya materia seca (MS)** es de **30-40%**.

Resultan alrededor de **20tn/ha de estiércol maduro de ovino** cada 5 años, que serán necesarios aportar si queremos mantener el nivel de M.O. adecuado en el suelo en el transcurso de todos los cultivos en la propuesta de rotación teniendo

Se recomienda realizar el aporte en el AÑO 4 durante el verano ya que en ese periodo no se ha previsto implantar ningún cultivo hasta la llegada del otoño.

4.3 *Estudio de la calidad del agua de riego.*

Es imprescindible analizar la calidad del agua de riego ya que esta puede contener diferentes elementos disueltos o en suspensión lo que puede afectar negativamente al desarrollo de los cultivos o a la instalación de riego.

El agua de riego proviene de un pozo con el siguiente identificador según el IGME (Instituto Geológico y Minero de España):

INFORMACIÓN DEL PUNTO	
Identificador	2731-5-0008
Hoja	2731
Octante	5
Punto	0008

LOCALIZACIÓN	
Municipio	Almansa
Provincia	Albacete
Sistema acuífero	Mesozoico del flanco occidental de la Ibérica
Unidad hidrogeológica	Mancha oriental
Cuenca	Júcar

PIEZOMETRÍA	
Profundidad del agua	25,68 m
Nivel piezométrico	663,32 m.s.n.m.

Tabla 7. Información del punto de abastecimiento, pozo, datos proporcionados por el IGME.

En el anejo estudio de la calidad del agua de riego se muestra un análisis de la misma, a continuación, se muestran las conclusiones obtenidas.

Es muy importante tener en cuenta las unidades fertilizantes (UF) de los diferentes elementos que se aportan al cultivo a través del agua de riego para no excederse en la aplicación de fertilizantes. A continuación, se muestra una tabla con los Kg de fertilizante que se aplican a través del agua de riego:

PARÁMETROS	Kg/(ha·1000m ³)	Kg/(ha·5000m ³)
Nitratos	10,5	55
Potasio	2,4	12
Calcio	15	77
Magnesio	8	40
Hierro	0,006	0,03
Fosfatos	0,021	0,105

Tabla 8. Cantidad de compuestos fertilizantes en Kg/ha·1000m³ o 5000m³.

Las conclusiones que sacamos son las siguientes:

- En el análisis del agua resultó una **Conductividad eléctrica a 25°C de 953 µS/cm** lo que se puede interpretar como **apta con precauciones**.
- El **nivel de sólidos en suspensión** se interpreta como **apto**.
- El resultado del **nivel de bicarbonatos** fue **apto con precauciones**.
- La **concentración de hierro** resultó **apto**.
- La **concentración de sodio** se puede clasificar como **apto**.

- **Resultan 31,5 grados franceses (F)** lo que se interpreta como **agua medianamente dura**, aunque está muy próxima al rango superior.
- Según las normas Riverside los datos corresponden a un tipo de agua C3-S1, **Aguas utilizables para el riego con precauciones**.
- Según la interpretación de la FAO se puede decir que se trata de **aguas para riego de buena calidad**.

Se concluye que el agua de riego es aceptable con precauciones, las cuales son que el nivel de sales en el agua resulto elevado lo que tendrá que ser tenido en cuenta con aumentos de frecuencia de riego.

4.4 Rotación de cultivos propuesta.

A parte de las condiciones del promotor se han tenido en cuenta las siguientes premisas:

- No cultivar dos veces seguidas el mismo cultivo o cultivos que pertenezcan a la misma familia botánica para evitar la proliferación de malas hierbas y patógenos específicos.
- Intercalar cultivos que sean mejorantes como las leguminosas (guisante).
- La aplicación de las necesidades hídricas se realiza por aspersión por lo que los cultivos deben ser tolerantes a este tipo de riego.
- Capacidad del propietario de comercializar los productos.
- Alternar cultivos que sean buenos precedentes de otros como en el caso del nabo, tiene un buen precedente como es la cebolla o el caso del maíz, cultivo que tiene un buen precedente como es el guisante como se ha demostrado en muchos estudios agronómicos.

Al principio de la memoria se ha presentado la propuesta de rotación de cultivos.

En el anejo rotación de cultivos se ha especificado unas ciertas premisas en cuanto al tipo de suelo y en cuanto a las cantidades de fertilizante que se han de aplicar en cada uno de los cultivos e indicando en algunos casos la dosificación del N que se ha de aportar en cada caso.

4.5 Diseño agronómico.

En este apartado se van a calcular las necesidades de agua que tendrá que suministrar el sistema de riego por aspersión para cada uno de los cultivos de la rotación propuesta.

Como se ha visto las precipitaciones en la zona de estudio no resultan suficientes para el correcto desarrollo de los diferentes cultivos seleccionados, la cantidad de agua requerida por cada cultivo a lo largo de su desarrollo se aportará con el sistema de riego seleccionado.

4.5.1 Necesidades hídricas.

Las necesidades hídricas de los diferentes cultivos se obtienen del balance entre la **evapotranspiración aplicada al cultivo (ETc)** y la **precipitación efectiva (Pe)** en el mismo periodo de cada uno de los cultivos propuestos.

A continuación, se muestra el año que posee el mes con mayores necesidades hídricas o volumen de riego requerido en cada uno de los meses del cultivo correspondiente. En el anejo diseño agronómico se puede ver detalladas las necesidades hídricas en cada uno de los cultivos propuestos.

Donde:

- *ETc*: Evapotranspiración aplicada al cultivo.
- *Pe*: Precipitación efectiva.
- NHnetas: Necesidades hídricas netas.
- NHbrutas: Necesidades hídricas brutas, (estimando 85% de *Ea*, eficiencia de aplicación).

- | | |
|--|--|
| | Dato máximas necesidades mensuales y diarias en mm |
| | Meses donde el cultivo solo está 15 días. |

		AÑO 1 -NECESIDADES HÍDRICAS						
		(mm/mes) <i>ETc</i>	(mm/15días) <i>ETc</i>	(mm/mes) <i>Pe</i>	(mm/15días) <i>Pe</i>	mm/mes <i>NHnetas</i>	mm/mes <i>NHbrutas</i>	mm/día <i>NHbrutas</i>
Espinaca	ENE	18,5	9,3	14,9	7,4	11,1	13,1	0,42
	FEB	-	-	7,1	3,5	-	-	-
Cebolla	MAR	22,2	11,1	25,0	12,5	-2,9	-2,4	-0,08
	ABR	83,2	41,6	21,5	10,7	61,8	72,7	2,42
	MAY	141,7	70,8	15,8	7,9	125,9	148,1	4,78
	JUN	171,9	86,0	8,8	4,4	163,2	192,0	6,40
	JUL	195,3	97,6	3,7	1,9	191,6	225,4	7,27
	AGO	117,9	58,9	13,5	6,7	104,4	122,8	3,96
	SEP	79,1	39,6	19,8	9,9	59,3	69,7	2,32
	OCT	-	-	11,2	5,6	-	-	-
Nabo	NOV	7,3	3,6	25,3	12,7	-18,0	-15,3	-0,51
	DIC	27,3	13,7	11,8	5,9	15,5	18,2	0,59

Tabla 9. Necesidades hídricas en el AÑO 1.

4.5.2 Dosis máxima y útil de riego.

Se han calculado las dosis de agua máximas que, con nuestro suelo, podrían aprovechar los cultivos implantados. Resultó en el caso más desfavorable una

dosis máxima de 54 mm/riego en el caso de la cebolla y por contrario el caso más favorable lo encontramos en la cebada con una dosis máxima de 108 mm/riego.

Como se sabe el punto de marchitez permanente no se ha de llegar a él, podría provocar el descenso del rendimiento de la cosecha, por lo que se va a aplicar un factor reductor (α) adoptando un valor diferente según cada cultivo según la fracción de agua del suelo que puede ser agotada antes de que la planta sufra estrés hídrico en cada caso, estos valores han sido obtenidos del documento de la FAO, Evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar (parte C).

Cultivo	m ³ /ha y riego Dosis máximas <i>D_m</i>	Factor reductor	m ³ /ha y riego Dosis útil <i>D_u</i>	mm/riego Dosis útil <i>D_u</i>
Cebolla	539,44	0,3	161,83	16,18
Zanahoria	809,16	0,35	283,20	28,32
Maíz	1078,88	0,4	431,55	43,16
Acelga	431,55	0,2	86,31	8,63
Cebada	1078,88	0,4	431,55	43,16

Tabla 10. Dosis máxima y útil de agua en cada riego.

4.5.3 Intervalo entre riegos.

Se va a calcular el tiempo que ha de transcurrir entre dos riegos consecutivos, para ello se utilizará la dosis útil como cantidad máxima de agua que se aporta de manera ininterrumpida.

El intervalo entre riegos se calculará para el cultivo más exigente en cada uno de los años de la propuesta de cultivos en el mes más exigente de estos, los resultados se muestran en el anejo diseño agronómico.

El caso más desfavorable resultó la cebolla durante el mes de julio en cuyo caso el intervalo entre riegos resultó de 2 días, por otro lado, en el caso de la cebada se obtuvieron 11 días de intervalo entre riegos consecutivos durante el mes de abril, aplicando en cada uno de ellos la dosis útil expuesta.

4.6 Características sistema riego.

4.6.1 Marco instalación de los aspersores

Se va a optar por una **disposición en cuadrado** con un **marco de 12 x 12 metros**.

4.6.2 Pluviometría aportada por los aspersores propuestos.

Se ha de conocer la pluviometría aplicada por el sistema en un rango de tiempo, se puede decir que es la cantidad de agua (caudal) aportada por un aspersor por unidad de superficie asignada (S_a) y por hora.

Las características de los aspersores circulares son las siguientes:

- Marca comercial: Regaber; Aspersor Circular de impacto, D-NET 8550.
- Caudal aportado: 680 L/h.
- Presión trabajo seleccionada: 2,5 bar.
- Diámetro mojado: 20 m.
- Doble boquilla con tamaños \varnothing : 2,9mm (Naranja) + 1,8mm (Verde lima)
- El fabricante indica que con la combinación de tipo de aspersor, presión de trabajo y tamaño de las boquillas se pueden alcanzar coeficientes de uniformidad de hasta 92%.

Las características de los aspersores sectoriales son las siguientes:

- Marca comercial: Regaber; Aspersor Sectorial de impacto, D-NET 8550.
- Caudal aportado: 630 L/h.
- Presión trabajo seleccionada: 2,5 bar.
- Radio mojado: 10 m.
- Única boquilla frontal con tamaño \varnothing : 3,2mm (Verde).
- Estos serán utilizados para los lindes de la parcela.

La pluviometría (i) que se obtuvo es la siguiente:

$$i = \frac{680}{144} = 4,72 \frac{mm}{hora} \text{ aspersores circulares}$$

$$i = \frac{630}{144} = 4,38 \frac{mm}{hora} \text{ aspersores sectoriales}$$

4.6.3 Duración del riego.

La duración del riego se trata del tiempo necesario que tiene que estar en funcionamiento la instalación de riego ininterrumpidamente para aportar la lámina de agua deseada, en este caso se van a utilizar las necesidades hídricas brutas (NH_{brutas}) mensuales.

Para dimensionar correctamente la instalación, se va a considerar el mes de mayores exigencias hídricas en cada uno de los años, a continuación se muestra el tiempo de riego que se requiere en cada caso.

Cultivo	mm/mes <i>NHbrutas</i>	mm/semana <i>NHbrutas</i>	mm/hora <i>Pluviometría</i>	h/semana <i>Horas riego por semana</i>	h y minutos <i>Horas riego por semana</i>	h <i>Horas riego por día</i>
Cebolla	225,37	50,89	4,72	10,78	10 h y 45 '	1,54
Zanahoria	225,37	50,89	4,72	10,78	10 h y 45 '	1,54
Maíz	197,49	44,59	4,72	9,45	9 h y 27 '	1,35
Acelga	155,89	35,20	4,72	7,46	7 h y 27 '	1,07
Cebada	113,74	26,54	4,72	5,62	5 h y 37 '	0,80

Tabla 11. Horas de riego semanales y diarias en los cultivos más exigentes durante los meses más desfavorables.

Se observa que la cebolla y la zanahoria requieren de 10 horas y 45 minutos de funcionamiento acumulado durante el periodo de 7 días dentro del mes más con mayores requerimientos hídricos.

4.6.4 Organización en posturas de riego o sectores.

Para dimensionar correctamente la instalación es de vital importancia organizar todos los aspersores de la parcela en sectores o posturas de riego, se debe organizar en posturas de riego para evitar tener que trabajar con motores excesivamente grandes y también para no excederse de la jornada efectiva de riego (*JE_r*) impuesta.

El sistema que diseñemos ha de permitir aplicar en una jornada efectiva de riego (16horas, el propietario tiene previsto instalar paneles fotovoltaicos por lo que la jornada efectiva se fijará en 16h) la suficiente cantidad de agua requerida para el cultivo más exigente en días más desfavorables.

Se han agrupado en 10 posturas de riego, a continuación, se distribuirán los aspersores en las diferentes posturas, sectoriales en los lindes de la parcela y circulares en el resto.

Postura	Nº Aspersores circulares	Nº Aspersores sectoriales	Nº total de aspersores
1	49	15	64
2	56	8	64
3	56	8	64
4	56	19	75
5	56	8	64
6	64	0	64
7	66	6	72
8	56	8	64
9	51	4	55
10	26	6	32

Tabla 12. Disposición en posturas de riego y número de aspersores.

4.7 Cálculos hidráulicos.

En este apartado se va a dimensionar toda la red de distribución de agua, dimensionando el sistema de riego por aspersión en cobertura total y calculando las pérdidas de carga que se producen. También se procederá a la elección de un grupo de bombeo y un equipo de filtrado.

4.7.1 Datos de la parcela.

La topografía de la parcela indica que la **pendiente es nula o despreciable**, como se puede ver en las cotas del plano topográfico en el estado actual.

Se ha escogido un **marco** de instalación de aspersores de **12x12 metros** con una disposición en **cuadrado**.

Como se puede ver en el anejo Características del riego, la **pluviometría aportada** por los aspersores circulares seleccionados corresponde a **4,72 mm/hora de riego**.

Se obtuvieron unas **necesidades hídricas brutas (NHbrutas) diarias de 7,27 mm**, en el caso del mes más desfavorable, resultado **julio** y el cultivo más exigente, en este caso la **cebolla y zanahoria** con idénticas necesidades hídricas brutas (NHbrutas) diarias.

El **tiempo de riego** resultó de **10 horas y 45 minutos semanales**, en la semana de mayores necesidades hídricas.

4.7.2 Cálculo de caudales en cada postura de riego adoptada.

Postura	ud. Nº Aspersores circulares	L/h Caudal unitario aspersor circular	ud. Nº Aspersores sectoriales	L/h Caudal unitario aspersor sectorial	L/h Caudal total postura riego	m3/h Caudal total postura riego
1	49	680	15	630	42770	42,77
2	56	680	8	630	43120	43,12
3	56	680	8	630	43120	43,12
4	56	680	19	630	50050	50,05
5	56	680	8	630	43120	43,12
6	64	680	0	630	43520	43,52
7	66	680	6	630	48660	48,66
8	56	680	8	630	43120	43,12
9	51	680	4	630	37200	37,2
10	26	680	6	630	21460	21,46

Tabla13. Caudales en cada postura de riego adoptada.

Como se puede ver en la tabla anterior el caudal superior corresponde en la postura 4 con $50,05\text{m}^3/\text{h}$, este caudal será utilizado para la elección del grupo de bombeo porque se pretende que las posturas de riego trabajen individualmente.

4.7.3 Elección de materiales.

Se va a proponer como material para la red de tuberías enterradas el **PE-AD (PE 100 PN 0,6MPa)** polietileno de alta densidad) ya que es un material muy resistente, con una fácil instalación, de una calidad aceptable, otro aspecto muy a tener en cuenta es a la hora de adquirir el material puesto que el PE-AD puede ser suministrado en rollos de hasta 100 metros evitando así el mayor número de uniones y posibles puntos de rotura en cambio por ejemplo el PVC se suministra en piezas normalmente de 6 metros, e irán **enterrados 40cm**. Para la elección del tarado máximo de presión de las tuberías a instalar en primer lugar se fijarán las alturas piezométricas máximas y presión de trabajo de la tubería.

Se va a distinguir entre tubería terciaria (corresponde a la tubería que suministra caudal a cada uno de los ramales porta-aspersores) y ramal porta-aspersor o lateral (es donde se sitúan los aspersores en las posiciones propuestas).

Se ha de mencionar que **el tramo de altura libre del pozo**, la tubería será en **acero galvanizado**.

Por otro lado, en los **porta-aspersores** se propone utilizar una altura de **2,5 metros**, que descontado la profundidad a la que serán enterrados corresponde a 2,1 metros de altura desde el inicio del suelo, material de **acero galvanizado** con un **diámetro de 3/4"** ya que estos estarán expuestos a la intemperie y han de ser resistentes.

Aspersor Circular:

Tipo	bar Presión	L/h Caudal	m x m Marco	m Øalcance	mm/h Pluviometría
D-NET 8550	2,5	680	12x12	20	4,72

Tabla 14. Datos de aspersor circular propuesto.

Aspersor Sectorial:

Tipo	bar Presión	L/h Caudal	m x m Marco	m Øalcance	mm/h Pluviometría
D-NET 8550	2,5	630	12x12	20	4,38

Tabla 15. Datos de aspersor sectorial propuesto.

4.7.4 Dimensionado ramales porta-aspersores y tuberías terciarias.

En este apartado se van a calcular las presiones requeridas tanto al inicio de las tuberías terciarias como al inicio de los ramales porta-aspersores en cada una de las posturas de riego propuestas, para ello habrá que calcular las pérdidas de carga que se producen en cada una de las tuberías.

Para el diseño de las posturas o unidades de riego se ha utilizado la aplicación DimSub (Arviza, 2020), tomando los laterales como ramales porta-aspersores y en las terciarias como tuberías principales en cada postura. Los espaciamientos y caudales son los expuestos en el diseño agronómico del riego por aspersión.

En primer lugar, se dimensionará hasta nivel de la tubería terciaria, posteriormente se procederá al dimensionado de la red de transporte hasta la alimentación de las tuberías terciarias.

Se ha seguido la siguiente metodología:

- En primer lugar se ha obtenido la máxima variación de caudal que nos podemos permitir en un mismo ramal porta-aspersores, en este caso se ha supuesto un 20% del caudal total del mismo.
- Mediante la ecuación característica de un emisor se obtiene el caudal a diferentes presiones de trabajo, combinando esta ecuación junto a la ecuación de máxima variación de caudal se obtiene la máxima variación de presión que nos podemos permitir en el ramal porta-aspersores.
- Habiendo asignado una variación de presión máxima en el ramal se puede obtener mediante la ecuación de Hazen-William el diámetro interior mínimo, en el material seleccionado (PE 100), para posteriormente normalizarlo y recalcular las pérdidas de carga reales.
- Una vez dimensionadas las tuberías de los ramales porta-aspersores y tuberías terciarias, se procede a dimensionar la red de transporte de agua hasta las tuberías terciarias, en el siguiente apartado se muestra la metodología utilizada para ello.

Se ha de tener en cuenta que en cada punto de emisión se eleva la cota piezométrica hasta 2,5 m.c.a. por encima debido a que el porta-aspersor se ha escogido con esa altura, lo que será una pérdida de presión en cada uno de estos puntos de consumo.

Aquí se muestra una tabla con los resultados obtenidos en las posturas que se han podido organizar de forma regular y las que resultan idénticas, en el anejo cálculos hidráulicos se pueden ver las diferentes tablas de las posturas de riego restantes.

4.7.5 Dimensionado red de transporte del suministro hasta tuberías terciarias.

Se va a optar por el criterio clásico de restricción de velocidad fijado en la red de transporte hasta las tuberías terciarias, fijando entre **1,5-2 m/s como velocidad máxima**.

Conocida la presión y caudal requeridos en cada postura de riego, en el dimensionado de la red que transportará el agua hasta cada postura se calcularán las pérdidas de carga junto a que las cotas de nivel son conocidas, se aplicara el teorema de Bernoulli para obtener la energía necesaria que ha de suministrar el grupo de bombeo que propongamos.

Se ha elaborado una figura a modo de representación del esquema hidráulico de la red que transportará el agua hasta las posturas de riego. Esta se relaciona con la hoja resumen con los cálculos obtenidos.

Las posturas de riego se han dimensionado para que se riegue tan solo 1 postura de riego a la vez, que sumando las horas de riego por las 10 posturas, resulta menor tiempo que la jornada efectiva de riego que fue fijada en 16 horas al día.

Se ha de resaltar que las bifurcaciones hasta cada postura de riego se realizará a nivel del cabezal de riego, pues este es una caseta de construcción donde se ubica el sondeo, el filtrado y las válvulas solenoides propuestas.

Línea	Nudo (+)	Nudo (-)	m Longitud	Cota nudo (-)	Postura	m ³ /h Consumo	m.c.a. Presión requerida
1	1	13	3	679,3	-	-	-
2	13	14	1	679,3	-	-	-
3	14	2	5	679,3	-	-	-
4	2	3	290	676,33	10	21,46	31,1
5	2	4	235	677,47	8	43,12	30,3
6	2	5	140	678	5	43,12	30,3
7	2	6	45	678,8	1	42,77	30,3
8	2	7	285	677,2	9	37,2	29,5
9	2	8	235	677,6	6	43,52	30,3
10	2	9	140	679	2	43,12	30,3
11	2	10	285	677,9	7	48,66	30,8
12	2	11	235	678,7	3	43,12	30,3
13	2	12	300	678,6	4	50,05	31,3

Tabla 16. Datos líneas propuestas en el esquema hidráulico.

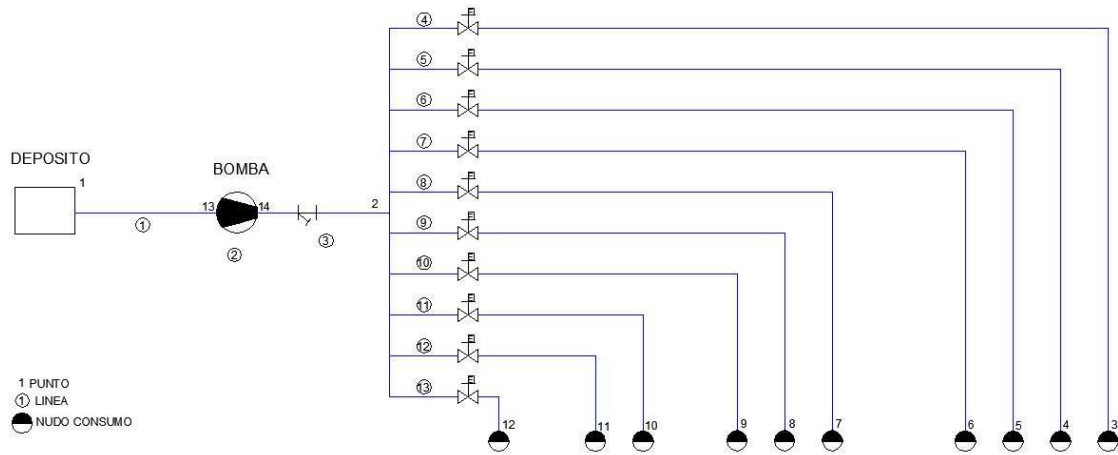


Figura 7. Suposición para el dimensionado de la red de transporte hasta terciarias, figura relacionada con la Tabla 10.

4.7.6 Resumen de resultados.

Por otro lado en el dimensionado de la red de distribución de agua hasta las diferentes posturas de riego resulto en todos los casos:

- DN 110mm
- PN de 0,6MPa
- Material: PE 100 UNE EN 12201

A continuación, se muestra una tabla resumen con los resultados del dimensionado hasta nivel de postura de riego.

RESUMEN RESULTADOS			
Postura de riego	Uso propuesto	mm	MPa
		DN	PN
1	Ramal porta-aspersor	40	0,6
1	Terciaria	63	0,6
2	Ramal porta-aspersor	40	0,6
2	Terciaria	63	0,6
3	Ramal porta-aspersor	40	0,6
3	Terciaria	63	0,6
4	Ramal porta-aspersor	50	0,6
4	Terciaria	90	0,6
5	Ramal porta-aspersor	40	0,6
5	Terciaria	63	0,6
6	Ramal porta-aspersor	40	0,6
6	Terciaria	63	0,6
7	Ramal porta-aspersor	50	0,6
7	Terciaria	90	0,6
8	Ramal porta-aspersor	40	0,6
8	Terciaria	63	0,6
9	Ramal porta-aspersor	50	0,6
9	Terciaria	90	0,6
10	Ramal porta-aspersor	40	0,6
10	Terciaria	63	0,6

Tabla 17. Resumen del dimensionado de las tuberías en las diferentes posturas de riego.

A continuación, se muestra el resumen de variaciones de presión que se generan en nuestra instalación para que la energía requerida sea suministrada por la bomba.

$$Hr_{bomba} = H_{red\ distribución} + \Delta Z_{tramo\ ascendente} + h_{tramo\ ascendente} + h_{filtrado}$$

$$Hr_{bomba} = 39,1 + 15,5 + 2,11 + 3 = 59,71 \approx 60\ m.c.a.$$

Como se ha dicho anteriormente la bomba sumergible ha de suministrar un **caudal de 50,05 m³/h** junto a una **altura manométrica de 60m.c.a.**

En el anejo cálculos hidráulicos se propone una bomba sumergible al igual que un filtro de malla manual.

4.7.7 Elementos singulares.

Como elementos singulares se han tenido en cuenta las válvulas solenoides que servirán para el control del riego. Se ha propuesto un modelo de solenoide cuyas características se muestran en el anejo cálculos hidráulicos.

5. Presupuesto.

RESUMEN PRESUPUESTO	
CAPÍTULO 1. Movimiento de tierras	3.160 €
CAPÍTULO 2. Tuberías	48.093 €
CAPÍTULO 3. Grupo de bombeo	10.035 €
CAPÍTULO 4. Automatismos	3.345 €
CAPÍTULO 3. Elementos de la instalación	6.641 €
TOTAL: 71.274 €	

Tabla 18. Resumen del presupuesto.

6. Bibliografía.

- Apuntes de las asignaturas de *“Horticultura”*, *“Cultivos herbáceos”*, *“Necesidades del riego y la fertilización”* y *“Análisis agrícola”* en el Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del medio rural, de la Universidad Politécnica de Valencia, durante el periodo de tiempo comprendido entre 2016-2021

- Documento del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de *“Calendario de siembra, recolección y comercialización 2014-2016”*, de Castilla-La Mancha

- Documento del Ministerio denominado *“Guía práctica para la fertilización racional de los cultivos en España”*

- Pascual, B. 2018. *Riegos de gravedad y a presión*. Ed: Universidad Politécnica de Valencia.

- Tarjuelo Martin- Benito, J.M. ; *El riego por aspersión y su tecnología*. Ediciones Mundi-Prensa (2002).

- Maroto, J.V. y Baixauli, C. 2016. *Cultivos Hortícolas al aire libre*. Ed, Cajamar, Caja Rural.

- Maroto, J.V. 2008. *Elementos de Horticultura General*. Ed. Mundi-Prensa.

- Catálogos GRUNDFOS
- Catálogos REGABER



7. Webgrafía

- www.siar.es
- www.sedecatastro.gob.es
- www.signa.ign.es
- www.castillalamancha.es
- <https://sigpac.mapama.gob.es/fega/visor/>

