

Documento N° 2

Anejos a la memoria

ANEJO I: DISEÑO AGRONOMICO

ANEJO II: DISEÑO DE SUNIDADES, RED DE TRANSPORTE Y CABEZAL DE RIEGO

ANEJO III: PLANOS

ANEJO I: Diseño Agronómico

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Datos de la situación.....	1
3. Datos del suelo	1
4. Datos del Cultivo	1
5. Datos agroclimáticos.....	2
6. Datos del agua	2
7. Calculo de las necesidades de riego	3
7.1 Datos Climáticos	3
7.2 Datos de cultivo	3
7.3 Necesidades Netas	4
7.4. Necesidades totales.....	5
8. Determinación de los parámetros de riego.....	6
8.1 Número de emisores por planta	6
8.2. Superficie mojada por emisor	6
8.3. Caudales	7
8.4 Tiempo de riego.....	8
8.5. Sectorización	8
Tabla 1: Datos climáticos	3
Tabla 2: Datos de cultivo	4
Tabla 3: Necesidades netas	4
Tabla 4: Necesidades totales	5
Tabla 5: Parámetros del gotero seleccionado.....	7
Tabla 6: Tiempos de riego.....	8

1. Introducción

En este primer anejo se han recogido los datos que son necesarios para poder llevar a cabo este proyecto. En él se encuentran todos los datos obtenidos tras haber realizado varios estudios de la zona. A continuación, se expone toda la información necesaria.

2. Datos de la situación

Las parcelas destinadas al cultivo elegido se sitúan en la provincia de Valencia, concretamente en el término municipal de Paiporta, la clase del suelo es rústica. La parcela se ubica en el Polígono 6 Parcela 32 LLANO DE SAN JOAQUIN. PAIPORTA (VALENCIA) y su número de referencia catastral es 46188A00600032. La superficie total suma 61.998 m² (6.1 ha).

3. Datos del suelo

En nuestra parcela, el suelo tiene una textura franca con permeabilidad media, la cual no es ideal para este cultivo, ya que prefiere suelos ligeramente ácidos y no tolera suelos muy alcalinos. Por esta razón, se optará por implantar el cultivo en bolsas de sustrato de turba y fibra de coco.

4. Datos del Cultivo

El cultivo seleccionado es *Passiflora edulis* (maracuyá), una planta trepadora que se adapta bien a las condiciones de cultivo en invernadero. El sistema de plantación utilizado sigue un diseño en espaldera, con una distancia de 2.5 metros entre plantas tanto en la misma fila como entre las calles. Esta especie, conocida por su crecimiento vigoroso, puede alcanzar hasta 2 metros de altura cuando se cultiva en un sistema de conducción.

Passiflora edulis es una planta perenne con hojas lobuladas y flores llamativas de color púrpura y blanco, que emergen individualmente en las axilas de las hojas. Los frutos, conocidos como maracuyás, son bayas ovaladas con una cáscara lisa y resistente, que maduran a lo largo del verano, coincidiendo con el período de floración y fructificación óptimo para esta especie.

5. Datos agroclimáticos

Los datos agroclimáticos medios en la estación de Picassent de los últimos 4 años, en nuestro caso, el cultivo se encuentra bajo invernadero por lo que calcularemos la Eto a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Almeria Radiation method (Fernández et al. (2010))

$$ET_0 = (0.288 + 0.0019 \cdot JD) \cdot R_0 \cdot \tau \quad \text{if Julian Day(JD) < 221}$$

$$ET_0 = (1.339 - 0.00288 \cdot JD) \cdot R_0 \cdot \tau \quad \text{if Julian Day(JD) > 220}$$

Donde R_0 es la radiación solar y T es el ratio entre la radiación dentro y fuera del invernadero, se adoptará un coeficiente 0.7. Los datos obtenidos son los siguientes.

Tabla 1: Datos agroclimáticos necesarios

Mes	Radiación media (MJ/m ²)	Ro (mm día ⁻¹)	ETo medio (mm día ⁻¹)	Kc
Enero	8,68	3,54	0,78	0,85
Febrero	11,31	4,62	1,21	0,9
Marzo	12,72	5,19	1,56	1
Abril	17,23	7,03	2,40	1,05
Mayo	22,50	9,18	3,50	1,05
Junio	23,99	9,79	4,13	1,05
Julio	24,23	9,89	4,57	1
Agosto	22,59	9,22	4,42	0,95
Septiembre	17,10	6,98	2,91	0,95
Octubre	12,69	5,18	1,85	1
Noviembre	8,98	3,66	1,08	1,05
Diciembre	7,60	3,10	0,72	1

6. Datos del agua

He seleccionado que la conductividad eléctrica del agua de riego en el depósito sea de 0.9 dS/m, dado que no se cuenta con datos iniciales específicos para el cultivo de *Passiflora edulis*. Este valor se mantiene dentro de un rango seguro, considerando que el maracuyá puede tolerar una conductividad eléctrica máxima de aproximadamente 1.5 dS/m antes de que comience a experimentar estrés salino.

Para garantizar una eficiencia óptima, tanto la eficiencia de aplicación como la uniformidad de distribución del sistema de riego se han determinado en un 90%. Además, he establecido que el

porcentaje mínimo de sustrato húmedo sea del 30%, teniendo en cuenta que el cultivo se realiza en bolsas de sustrato, donde el solape entre emisores no es un factor relevante.

Por último, he seleccionado un caudal disponible ,en la aplicación DimSub, en la toma de 50m³/h, y he definido la jornada efectiva de riego en 12 horas diarias, lo que asegura un suministro adecuado de agua para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo bajo las condiciones establecidas.

En los apartados siguientes del proyecto se procede al cálculo de las necesidades de riego netas y totales del cultivo, además de calcular el número necesario de emisores, la distancia entre estos, el caudal de cada uno y el tiempo de riego e intervalo entre riegos.

7.Calculo de las necesidades de riego

7.1 Datos Climáticos

Los datos se han obtenido de la estación meteorológica de Picassent, en este caso la más cercana a Paiporta, se ha realizado una media de los últimos 4 años:

Tabla 1: Datos climáticos

Mes	ETo (mm/mes)
Enero	23,54
Febrero	36,20
Marzo	46,72
Abril	71,98
Mayo	104,96
Junio	124,04
Julio	137,10
Agosto	132,61
Septiembre	87,32
Octubre	55,41
Noviembre	32,32
Diciembre	21,75

7.2 Datos de cultivo

Para el cultivo en cuestión, el maracuyá, puedo obtener los siguientes coeficientes de cultivo y de localización, además de tener en cuenta los estados fenológicos.

Tabla 2: Datos de cultivo

Mes	Kc	K1
Enero	0,85	0,8
Febrero	0,9	0,8
Marzo	1	0,8
Abril	1,05	0,8
Mayo	1,05	0,8
Junio	1,05	0,8
Julio	1	0,8
Agosto	0,95	0,8
Septiembre	0,95	0,8
Octubre	1	0,8
Noviembre	1,05	0,8
Diciembre	1	0,8

7.3 Necesidades Netas

Para el cálculo de las necesidades netas, utilizaremos la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Necesidades netas

$$NRn = K1 \cdot ETc - Pe = ETrl - Pe$$

Tabla 3: Necesidades netas

Mes	ETo (mm/mes)	Kc	ETc (mm/mes)	K1	ETRL (mm/mes)	Necesidades Netas (mm/mes)
Enero	23,54	0,85	20,01	0,80	16,01	16,01
Febrero	36,20	0,90	32,58	0,80	26,07	26,07
Marzo	46,72	1,00	46,72	0,80	37,38	37,38
Abril	71,98	1,05	75,58	0,80	60,46	60,46
Mayo	104,96	1,05	110,20	0,80	88,16	88,16
Junio	124,04	1,05	130,24	0,80	104,19	104,19
Julio	137,10	1,00	137,10	0,80	109,68	109,68

Agosto	132,61	0,95	125,98	0,80	100,79	100,79
Septiembre	87,32	0,95	82,95	0,80	66,36	66,36
Octubre	55,41	1,00	55,41	0,80	44,33	44,33
Noviembre	32,32	1,05	33,93	0,80	27,15	27,15
Diciembre	21,75	1,00	21,75	0,80	17,40	17,40

Considerando que la Pe (precipitación efectiva) es nula, debido a que el cultivo se realiza bajo invernadero, concluimos que el mes desfavorable es Julio.

7.4. Necesidades totales

Para realizar el calculo de las necesidades deberá de tenerse en cuenta la fracción de lavado (LR) y el volumen necesario con las siguientes formulas.

Ecuación 2: Fracción de lavado

$$LR = \frac{CEw}{2 \cdot CE_s}$$

Ecuación 3: Volumen necesario 1

$$V = \frac{NRn}{1 - LR}$$

Por tanto se establece que que la conductividad del agua (CEw) es 1 ds/m y la máxima (Ces) que puede tolerar el cultivo es 3 dS/m por tanto la fracción de lavado es 0.25.

Con estos datos y estableciendo la UE y la eficiencia de aplicación (EA) obtendremos las necesidades totales máximas con las siguientes fórmulas:

Ecuación 4: Eficiencia de aplicación

$$EA = \frac{NRn}{V}$$

Ecuación 5: Necesidades Totales

$$NT_{m\acute{a}x} = \frac{NRn}{UE(1 - LR)} \quad ; \quad NT_{m\acute{a}x} = \frac{NRn}{UE \cdot EA}$$

Tabla 4:Necesidades totales

Necesidades Netas (mm/mes)	LR	Volumen 1	EA	UE	Necesidades netas Maximas
16,0	0,3	22,3	0,7	0,9	24,8
26,1	0,3	36,4	0,7	0,9	40,4

37,4	0,3	52,2	0,7	0,9	58,0
60,5	0,3	84,4	0,7	0,9	93,7
88,2	0,3	123,0	0,7	0,9	136,7
104,2	0,3	145,4	0,7	0,9	161,5
109,7	0,3	153,0	0,7	0,9	170,0
100,8	0,3	140,6	0,7	0,9	156,3
66,4	0,3	92,6	0,7	0,9	102,9
44,3	0,3	61,9	0,7	0,9	68,7
27,2	0,3	37,9	0,7	0,9	42,1
17,4	0,3	24,3	0,7	0,9	27,0

8. Determinación de los parámetros de riego

8.1 Número de emisores por planta

El número de emisores por planta dependerá del tipo sistema de riego, que en este caso es por goteo; y del emisor que se ha escogido, en este caso es un gotero pinchado autocompensante de Regaber, en concreto Netafim . Y se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 6: N° Emisores

$$n_e \geq \frac{a \cdot b \cdot P}{100 \cdot A_m}$$

Se opta por colocar 3 goteros por planta de un caudal de 2.2 L/h.

8.2. Superficie mojada por emisor

Cada emisor debe asegurar un solape mínimo con los emisores adyacentes. Dado que el cultivo en nuestra zona es semileñoso, se ha decidido que este solape sea del 10% como mínimo. Para calcular el área mojada por cada emisor, primero necesitamos determinar el diámetro mojado que cubre cada uno de ellos. Para ello, se utiliza una fórmula específica para suelos de textura media. Una vez obtenido el diámetro mojado, se aplica la ecuación correspondiente para calcular el área mojada.

Ecuación 7: Diámetro mojado

$$Dm = 0,5 + 0,115 \cdot q_{emisor}$$

Ecuación 8: Área mojada

$$Am = \frac{\pi \cdot Dm^2}{4}$$

Una vez establecido el diámetro mojado para emisor, necesitaremos conocer la distancia que en este caso serán $a=2.5$ m entre filas y $b=2.5$ m entre plantas ya que para que haya una eficiencia adecuada entre el desarrollo de la planta y el espacio disponible para un invernadero de tamaño medio.

8.3. Caudales

Una vez obtenido todos los resultados anteriores, podemos obtener el caudal unitario por unidad de superficie y el caudal por planta:

Ecuación 11: Caudal unitario

$$q_{unitario} = \frac{n_e \cdot q_{emisor}}{a \cdot b}$$

Ecuación 12: Caudal planta

$$q_{planta} = n_e \cdot q_{emisor}$$

Por tanto la solución adoptada es la siguiente:

Tabla 5: Parámetros del gotero seleccionado

Caudal emisor (L/h)	2,2
Diámetro mojado (m)	0,8
Superficie mojada (m2)	0,4
Nº emisores por planta	3,0
Separación emisores	2,5
Caudal unitario(L/h*m2)	1,1
Cadal por planta (L/h)	6,6

8.4 Tiempo de riego

Después de recopilar los datos sobre el emisor, se procede al cálculo de los tiempos de riego según las necesidades totales de la planta. Para ello, se utilizará la fórmula adecuada, considerando las necesidades hídricas, el intervalo de riego y el caudal por planta.

Tabla 6: Tiempos de riego

Mes	Necesidades Netas (mm/mes)	Tiempo Total (mes)	Promedio Riegos/Semana	mm/emisor
Enero	16,0	16h 32m	27	17,5
Febrero	26,1	18h 10m	30,6	19,2
Marzo	37,4	18h 16m	42,2	19,3
Abril	60,5	23h 0m	54,8	24,3
Mayo	88,2	27h 45m	65,6	29,4
Junio	104,2	28h 36m	48,2	30,3
Julio	109,7	40h 23m	62,2	42,7
Agosto	100,8	48h 43m	86,6	51,5
Septiembre	66,4	34h 6m	60,6	36,1
Octubre	44,3	23h 52m	42,4	25,3
Noviembre	27,2	16h 42m	29,7	17,7
Diciembre	17,4	11h 41m	20,8	12,4

8.5. Sectorización

En la sectorización, dado que tenemos un grupo de bombeo que trabaja gracias a un motor eléctrico, el caudal y la presión son parámetros que debemos garantizar. Por lo tanto, en el proceso de sectorización, debemos dividir la parcela en sectores de manera que se ajuste el tiempo de riego a las franjas horarias donde las tarifas son más económicas.

Se ha adoptado un valor de 12 horas para la jornada efectiva de riego, dado que con las nuevas reformas se han reducido las horas valle y llano a un máximo de 12 horas.

En este caso, el número máximo de sectores se ha calculado mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 14: Caudal total

$$Q_{total} = \frac{q_{planta} \cdot Superficie\ total}{a \cdot b}$$

Ecuación 15: Sectores mínimos

$$Número\ mínimo\ de\ sectores \geq \frac{Q_{requerido}}{Q_{disponible}}$$

Eligiendo el gotero de 2.2 l/h, con una superficie total cerca de las 21000 m² y con un marco de plantación de 2.5 x 2.5 se obtiene un Q_{total}= 21.1 m³/h.

De forma que teniendo un caudal disponible de 50m³/h según la fórmula debería adoptarse un único sector, se opta por establecer 1 sector y 3 subunidades.

ANEJO II: DISEÑO Y
DIMENSIONADO DE
LAS SUBUNIDADES,
RED
DE TRANSPORTE Y
EL CABEZAL RIEGO

Índice

1. Introducción.....	1
2. Organización y regularización de las parcelas	1
3. Características del material utilizado.....	1
3.1. Emisores	1
3.2. Conducciones	2
3.2.1. Laterales	2
3.2.2. Terciarias.....	2
4. Dimensionado	2
4.1. Uniformidad de emisión	2
4.2. Máxima variación de presión en la subunidad	3
4.3. Pérdidas de Carga Localizadas	3
4.4. Dimensionado de la terciaria	3
4.5. Pérdidas de Carga Continuas en Laterales y Terciarias.....	4
4.6. Pérdida de carga totales	5
4.7. Presión al inicio de la subunidad	6
5. Resolución de las subunidades.....	6
5.1. Metodología de cálculo	6
5.2. Resumen de los resultados obtenidos	7
6. Datos de partida	10
7. Estudio del diseño propuesto:.....	10
8. Cálculo de la red	11
8.1. Metodología de cálculo	11
8.2. Cálculo de la red de distribución.....	11
9. Resultados de la red	12

Tabla 7: Distribución de subunidades y caudales	1
Tabla 8: Características de los laterales:	2
Tabla 9: Conformación y necesidades de cada sector	10
Tabla 10: Resultados red transporte.....	12
Tabla 11: Mediciones de la red	12
Tabla 12: Conformación y necesidades de cada sector.....	10
Tabla 13: Resultados red transporte.....	12
Tabla 14: Dato técnicos bomba.....	13

1.Introducción

En este anejo se va a diseñar y dimensionar todas las subunidades de la parcela con sus correspondientes cálculos. De esta forma sabremos todas las características necesarias de los laterales y terciarias

2. Organización y regularización de las parcelas

Para la distribución y dimensionamiento de las subunidades, se han considerado diversas características y factores del terreno en cuestión. Entre ellos, las pendientes, cuyos valores varían entre el 0% y el 0.5%; la forma geométrica de las subparcelas y la alineación de las filas de las plantas. Teniendo en cuenta estos factores, las subparcelas se han dividido en subunidades de riego, organizadas de la manera más eficiente y manejable posible. Al dividir las subparcelas, se ha respetado la geometría existente y los caminos ya establecidos. Además, se ha procurado que estas subunidades sean lo más regulares posible para facilitar su manejo.

La parcela se ha dividido en 4 subunidades de riego, estas tienen unas características similares, y por ello , habrá un manejo sencillo de las instalaciones. Estas subunidades las podemos encontrar en el Plano 4. Subunidades

Tabla 7: Distribución de subunidades y caudales

Sector	Caudal sector (l/ha)	Descripción Subunidad	Caudal inicio (l/h)	m2
1	19200	SUB 1.1	5852	4146
		SUB 1.2	9752	8804
		SUB 1.3	5456	4600

3. Características del material utilizado

Este apartado se ha dividido en dos grupos, los emisores y las conducciones. En este último se encuentra las características de los laterales utilizados y las terciarias.

3.1. Emisores

En nuestro caso en la parcela no existen variaciones de pendiente, se utilizara el mismo gotero de Regaber, modelo NETAFIM PCJ, en toda la explotación, sus características son las siguientes:

Características Técnicas	Especificaciones
Rango de presión de trabajo	De 0,7 a 4,0 bar
Presión de cierre	0.12 bar
Laberinto TurboNET® con amplios pasos de agua	
Número de caudales	7 caudales diferentes de 0,5 a 12,0 l/h
Salidas diferentes	2 salidas: cilíndrica y dentada de 3 mm de diámetro
Apto para tuberías de pared gruesa	0,9, 1,0 y 1,2 mm
Tipo de gotero	Gotero pinchado, muy bajo CV (0,03)
Diafragma	Diafragma de silicona inyectada

3.2. Conducciones

3.2.1. Laterales

En los laterales se encuentran pinchados los emisores anteriormente expuestos. Cada uno de ellos es del modelo Regaber PCJ que irán acompañados de una piqueta con manguera desde el gotero hasta el saco del sustrato.

EL lateral según Tubo de riego **fabricado en España** según **norma UNE-EN 12201-2**

tendrá las siguientes características

Tabla 8: Características de los laterales:

∅ INTERIOR (MM)	ESPESOR (MM)	∅ EXTERIOR (MM)	PRESIÓN MÁXIMA (BAR)	KD
14.2	1.2	16.6	4	1.2

3.2.2. Terciarias

En las tuberías terciarias, se ha utilizado PVC conforme a la norma UNE EN 1452 en todas las subunidades. Este material fue seleccionado por su óptima adaptación a las características de cada subunidad, aunque el diámetro de las tuberías varía en función de las necesidades específicas de cada una de ellas.

4. Dimensionado

4.1. Uniformidad de emisión

La uniformidad de emisión se establece entre el 80% y el 95%, dependiendo las características de la parcela. En este caso, se adoptará el valor de 90% de uniformidad de emisión.

4.2. Máxima variación de presión en la subunidad

La ecuación característica del emisor nos permite establecer la relación entre la máxima variación de caudal admisible y la variación máxima de presión. Esta ecuación es proporcionada por el fabricante, y en este caso, es la siguiente:

Ecuación 1: Ecuación característica del emisor

$$q = 3,8 \cdot h^0$$

4.3. Pérdidas de Carga Localizadas

Para el cálculo de las pérdidas de carga localizadas en los laterales y en las tuberías terciarias, es importante distinguir entre dos tipos de pérdidas:

- **Pérdidas debido a las conexiones de los emisores en los laterales.**
- **Pérdidas debido a las conexiones de los laterales en las tuberías terciarias.**

Estas pérdidas localizadas se han abordado utilizando dos métodos diferentes:

- **Coefficiente mayorante (Km):** Este método consiste en aplicar un coeficiente $K_m > 1$ para considerar que las pérdidas de carga localizadas corresponden a un porcentaje de las pérdidas continuas. En este caso, se ha utilizado un valor de $K_m = 1.2$.
- **Longitudes equivalentes (Le):** Este método asume una longitud ficticia en la que la pérdida de carga por rozamiento es equivalente a la pérdida de carga localizada en la zona evaluada. Para este proyecto, se ha determinado una longitud equivalente de 0,3 m.

En este proyecto, las pérdidas de carga se han calculado utilizando la herramienta DIMSUB, proporcionada por los profesores de la asignatura de Ingeniería del Riego.

4.4. Dimensionado de la terciaria

Para realizar el cálculo del dimensionado de la terciaria es necesario calcular primero el diámetro teórico mínimo y posteriormente elegir el diámetro comercial superior al calculado:

Ecuación 2: Diámetro teórico mínimo

$$D_{t \min} = \left(\frac{K_m \cdot C \cdot L_t \cdot F_d \cdot Q_T^{1,75}}{h_{t \max \text{ adm}}} \right)^{\frac{1}{4,75}}$$

Tras seleccionar el diámetro comercial, comprobaremos que la pérdida de carga es igual o inferior a la obtenida anteriormente.

4.5. Pérdidas de Carga Continuas en Laterales y Terciarias

Las pérdidas de carga en los laterales y las tuberías terciarias se determinan utilizando la fórmula de Blasius. Dado que el espaciamiento entre los emisores o los laterales es uniforme, se puede asumir que el caudal derivado por cada conexión se mantiene constante. Esto nos permite calcular el caudal al inicio de la tubería, conociendo tanto el número de derivaciones como el caudal derivado en cada una de ellas. El caudal al inicio de la tubería se expresa mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Caudal al inicio del lateral

$$Q_{lat} = n^q \text{ emisores} \cdot q_n$$

Donde:

- **n**: Número de derivaciones.
- **q**: Caudal derivado en cada emisor.

Para calcular las pérdidas de carga continuas en los laterales, se aplica la fórmula de Blasius, que es adecuada para flujos turbulentos y tuberías de material plástico. Esta fórmula se puede expresar de la siguiente manera:

Ecuación 4: Pérdida de carga en el lateral

$$h_{lat} = F \cdot C \cdot L \cdot \frac{Q_{lat}^{1,75}}{D_{l\ lat}^{4,75}} \quad \text{dónde} \quad \left\{ \begin{array}{l} F = \text{Factor de Christiansen generalizada} \\ C = \text{Coeficiente en función de la } T^a \text{ (20}^\circ\text{)} = 0,466 \end{array} \right.$$

Donde:

- **h_L**: Pérdida de carga (en metros de columna de agua, m.c.a.).
- **F**: Factor de fricción.
- **M**: Coeficiente que depende del material de la tubería.
- **L**: Longitud de la tubería.
- **Q**: Caudal en la tubería.
- **m**: Exponente que depende del régimen de flujo.

Este enfoque permite calcular con precisión las pérdidas de carga que ocurren a lo largo de las tuberías laterales y terciarias en el sistema de riego, asegurando un diseño eficiente y operativo.

Tras calcular las pérdidas de carga en el lateral, se calcula la variación de presión al inicio de la terciaria con la siguiente ecuación:

Ecuación 5: Variación de presión en el lateral

$$\Delta H_{lat} = h_{lat} + \Delta Z_{lat}$$

La diferencia máxima de presión en la tubería terciaria se calcula restando la pérdida de carga en el lateral de la máxima variación de presión en la subunidad.

Ecuación 6: Máxima diferencia de presión en la terciaria

$$\Delta H_T = \Delta H_s - \Delta H_{lat}$$

Conociendo el desnivel de la terciaria, se calcula la pérdida de carga admisible en la terciaria.

Ecuación 7: Pérdida de carga admisible en la terciaria

$$h_{T adm} = \Delta H_T - \Delta Z_T$$

Para el cálculo del caudal al principio de la terciaria multiplicaremos el número de laterales en la terciaria y el caudal al inicio del lateral.

Ecuación 8: Caudal al inicio de la terciaria

$$Q_T = n^{\circ} laterales \cdot Q_{lat}$$

La pérdida de carga de la terciaria se calcula con la fórmula de Blasius:

Ecuación 9: Pérdida de carga en la terciaria

$$h_T = K_m \cdot F \cdot C \cdot L_T \cdot \frac{Q_T^{1,75}}{D_{lcom}^{4,75}}$$

4.6. Pérdida de carga totales

Tras haber realizado los anteriores cálculos, se obtiene las pérdidas de carga totales mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 10: Pérdida de carga totales

$$h_t = h_r + \sum h_s$$

4.7. Presión al inicio de la subunidad

Para asegurar que el diseño hidráulico funcione correctamente, es crucial que al inicio de cada subunidad se mantenga una presión adecuada, garantizando así un riego uniforme en toda la parcela.

La presión al inicio de la tubería terciaria se calcula utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 11: Presión al inicio de la terciaria

$$\frac{P_{0T}}{\gamma} = \frac{P}{\gamma} + \beta \cdot h_r + \alpha \cdot \Delta Z$$

En este caso, dado que los emisores son compensados, los valores de α y β se establecen en 1.

El cálculo de las subunidades se ha realizado empleando la herramienta DIMSUB, mencionada anteriormente.

5. Resolución de las subunidades

5.1. Metodología de cálculo

La metodología de cálculo se ha llevado a cabo utilizando la herramienta DIMSUB, con la cual se han determinado los valores de pérdida de carga, las variaciones máximas de presión en cada subunidad y las longitudes máximas de ciertos laterales.

Esta herramienta se basa en la entrada de datos previos que deben ser proporcionados, tales como:

Caudal del emisor.

Longitud equivalente.

Distancia inicial S0.

Separación entre emisores.

Longitud del lateral.

Diámetro interior del lateral.

Pendiente del lateral.

Coefficiente de variación.

Temperatura de cálculo.

Número de emisores por planta.

Alimentación del lateral por el extremo y por el medio.

Emisor autocompensante

5.2. Resumen de los resultados obtenidos

Tabla 9 Resumen de los resultados de la red

Descripción Subunidad	Caudal inicio (l/h)	Presión inicio (mca)	Longitudes laterales (m)	Diámetro lateral (m)	Longitud Terciaria DN1 (m)	Diámetro 1 terciaria (m)
SUB1.1	5852	17.77	2200	14.2	50.0	32
SUB1.2	9752	17.29	3658	14.2	77.5	40
SUB1.3	5456	12.3	2046	14.2	77.5	40

5.3.1. Resultados subunidad 1.1.

Denominación Subunidad	SUB 1.1
Características Emisor	
Tipo:	Auto Compensante
Presión máxima en subunidad (m) :	18,0
Presión mínima en subunidad (m) :	10,0
Caudal del emisor (l/h):	2,20
Longitud equivalente emisor (m):	,30
Coefficiente Variación emisor CV (%):	3,0
Número emisores por planta :	3
Resultados del lateral	
Caudal inicio lateral (l/h) :	292,2
Presión inicio lateral (mca)	10,262
Presión final lateral (mca)	10,0
Presión mínima lateral (mca)	10,0
Coefficiente Uniformidad lateral (%)	97,80
Resultados de la terciaria	
Diámetro interior (mm) :	43,60
Diámetro Nominal (mm) :	50
Coefficiente Beta :	01,0

Pérdida de carga (mca)		07,02
:		
Variación de presión (mca) :		07,04
Presión inicio terciaria (mca) :		17,31
Presión final terciaria (mca) :		10,26

5.3.2. Resultados subunidad 1.2

Denominación Subunidad	SUB 1.2	
Características Emisor		
Tipo:	Auto Compensante	
Presión máxima en subunidad (m) :	18,0	
Presión mínima en subunidad (m) :	10,0	
Caudal del emisor (l/h):	2,20	
Longitud equivalente emisor (m):	,30	
Coefficiente Variación emisor CV (%):	3,0	
Número emisores por planta :	3	
Resultados del lateral		
Caudal inicio lateral (l/h) :	314	
Presión final lateral (mca)	10,0	
Presión mínima lateral (mca)	10,0	
Coefficiente Uniformidad lateral (%)	97,80	
Resultados de la terciaria		
Diámetro interior (mm) :	28,0	
Diámetro Nominal (mm) :	32	
Coefficiente Beta :	01,0	
Pérdida de carga (mca) :	06,39	
Variación de presión (mca) :	06,39	
Presión inicio terciaria (mca) :	16,85	
Presión final terciaria (mca) :	10,46	

5.3.3 Resultados subunidad 1.3

Denominación Subunidad		SUB 1.3
Características Emisor		
Tipo:		Auto Compensante
Presión máxima en subunidad (m) :		18,0
Presión mínima en subunidad (m) :		10,0
Caudal del emisor (l/h):		2,20
Longitud equivalente emisor (m):		,30
Coefficiente Variación emisor CV (%) :		3,0
Número emisores por planta :		1
Resultados del lateral		
Caudal inicio lateral (l/h) :		147
Presión inicio lateral (mca)		10,675
Presión final lateral (mca)		10,0
Presión mínima lateral (mca)		10,0
Coefficiente Uniformidad lateral (%)		96,190
Resultados de la terciaria		
Diámetro interior (mm) :		28,0
Diámetro Nominal (mm) :		32
Coefficiente Beta :		01,0
Pérdida de carga (mca) :		03,32
Variación de presión (mca) :		03,32
Presión inicio terciaria (mca) :		14,0
Presión final terciaria (mca) :		10,68

En los posteriores apartados se procederá al diseño y dimensionamiento de la red de transporte, justificando la selección de los elementos necesarios para conformar toda la infraestructura que llevará el agua desde el depósito hasta las distintas subunidades de la parcela. Para ello, se tomarán como referencia los cálculos previamente realizados en el Anejo III, donde se llevó a cabo el diseño y dimensionamiento de las subunidades, que fueron agrupadas en distintos sectores. Para garantizar que los caudales y presiones requeridos por las subunidades se mantengan a lo largo de toda la red de transporte, asegurando así el adecuado funcionamiento del sistema de riego.

6. Datos de partida

Los datos de partida son su superficie, caudales y las presiones requeridas en cada una de las subunidades, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10: Conformación y necesidades de cada sector

Sector	Descripción Subunidad	Caudal inicio (l/h)	m2
1	SUB 1.1	5852	5171
	SUB 1.2	9752,60	8199
	SUB 1.3	5456,0	4460

7. Estudio del diseño propuesto:

Para el diseño de la red de transporte, es crucial establecer la ubicación exacta de cada uno de los componentes. En este caso, el depósito está situado a 33 metros al norte del cabezal de riego.

Al trazar la red de transporte, se ha considerado que esta debe situarse a lo largo de los márgenes de los caminos y las lindes de las parcelas, con el fin de optimizar su instalación y reducir al mínimo la longitud de la red.

La automatización del riego se gestionará desde el cabezal, donde se instalarán las electroválvulas que controlarán la apertura de cada sector.

8. Cálculo de la red

8.1. Metodología de cálculo

El cálculo de la red de transporte se ha llevado a cabo utilizando la aplicación informática RGWin (Arviza, 2022). Esta herramienta permite, a partir de una imagen y la introducción de los datos previos necesarios, diseñar y dimensionar la red de transporte de manera eficiente.

8.2. Cálculo de la red de distribución

La metodología de cálculo utilizada para dimensionar la red de transporte se ha basado en el criterio de velocidad máxima de circulación. Este criterio consiste en seleccionar una velocidad máxima para el flujo a través de la red. Posteriormente, aplicando la ecuación de continuidad, se determina el diámetro interior mínimo necesario para cumplir con dicho criterio.

Una vez que se normaliza la ecuación de continuidad para un caudal expresado en m³/s y un diámetro en metros, se obtiene la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Diámetro teórico

$$D \text{ (mm)} \geq 16,67 \sqrt{\frac{4 \cdot Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{\pi \cdot V_{\text{diseño}} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}}$$

Donde:

- **D**: Diámetro de la tubería en el tramo (m).
- **Q_i**: Caudal que circula por el tramo (m³/s).
- **V_{{\text{max}}}**: Velocidad máxima de circulación (m/s).

Una vez determinado el diámetro de la tubería para cada tramo, se selecciona el diámetro inmediato superior y se calculan las pérdidas de carga en cada una de las líneas de la red, utilizando la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_r = 0,0826 \cdot f_i \cdot K_m \cdot L(m) \cdot \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)^2}{D(\text{mm})^5}$$

Donde:

- **C**: Coeficiente que depende de la rugosidad del tubo (para PVC, C=140C = 140C=140).
- **L**: Longitud del tramo (m).
- **K_m**: Coeficiente mayorante para pérdidas localizadas.
- **Q**: Caudal que circula por el tramo

Una vez calculadas las pérdidas de carga en toda la red de transporte, se debe determinar si es necesario añadir energía al sistema para asegurar su correcto funcionamiento. Esta evaluación se realiza utilizando la ecuación de Bernoulli

Ecuación 3: Bernoulli

$$\frac{P_r}{\gamma} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} - Z_2 - h_{acumulada}$$

9. Resultados de la red

Como se ha comentado anteriormente, los cálculos para dimensionado de la red se han realizado con la aplicación RGWin (Arviza, 2022). Para que la aplicación funcione, es necesario introducir los siguientes datos.

Tabla 11: Resultados red transporte

Línea	Nudo(+)	Nudo (-)	Tipo línea	Longitud (m)	Cota nudo (-)	Sector Riego	Consumo nudo(-)	Presión requerida (m)	Caudal línea	Diámetro int. Teórico (mm)	Diámetro interior (mm)
1	1	2	Tubería	15,0	18,00				19200,60	67,3	70,4
2	2	3	Bomba		18,00				19200,60	67,3	
3	3	4	Tubería	1,0	18,00				19200,60	67,3	70,4
4	4	5	Filtrado		18,00				19200,60	67,3	
5	5	6	Tubería	93,0	19,00	1.1	6450,60	17,0	19200,60	67,3	70,4
6	6	7	Tubería	50,0	19,00	1.2	8020,00	17,0	12750,00	54,8	59,0
7	7	8	Tubería	72,0	19,00	1.3	4730,00	12,0	4730,00	33,4	35,2

9.2. Mediciones de la red

Tabla 12: Mediciones de la red

Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (MPa)	Material
109	75	0,60	PVC UNE EN 1452
50	63	0,60	PVC UNE EN 1452
72	40	1,00	PVC UNE EN 1452

9.3. Resultados sistema bombeo

En el momento de seleccionar la bomba, es crucial tener en cuenta la altura manométrica calculada mediante la aplicación RGWin, que en este caso es de 32.8 metros de columna de agua (m.c.a.). Además, es necesario asegurarse de que la bomba pueda manejar el caudal máximo que fluye por la red de transporte, el cual es de 19.2 m³/h. Estos parámetros son

esenciales para garantizar que la bomba elegida cumpla con los requisitos operativos del sistema de riego.

En nuestro caso, escogeremos la siguiente bomba NB 50-315/344 AAF2AESBQQENW3, marca Grundfos, que nos ofrece las siguientes prestaciones:

Tabla: Datos técnicos bomba.

Tabla 13: Datos técnicos bomba

Datos técnicos	Especificaciones Técnicas
Velocidad de la bomba	1475 rpm
Caudal real calculado	50.86 m ³ /h
Altura resultante de la bomba	37.25 m
Impulsor reducción	No aplicable (Monobloc)
Potencia nominal grupo motor-bomba - P2	11 kW
Frecuencia de red	50 Hz
Velocidad nominal	1475 rpm
Tipo de arranque	Directo (DOL)
Protección térmica	Exterior (opcional)
Bobinados	PVC
Fases	3
U(V)	380-420-415
Eficiencia de la bomba [%]	IE3 91.4%
Eficiencia de la bomba + motor [%]	Depende de la instalación

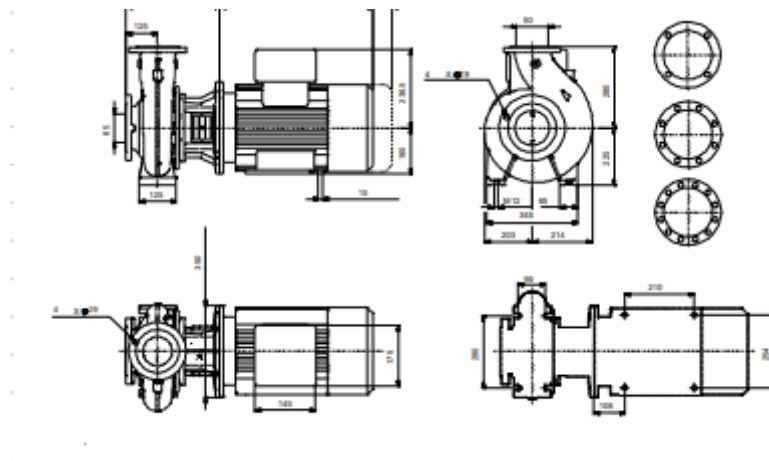
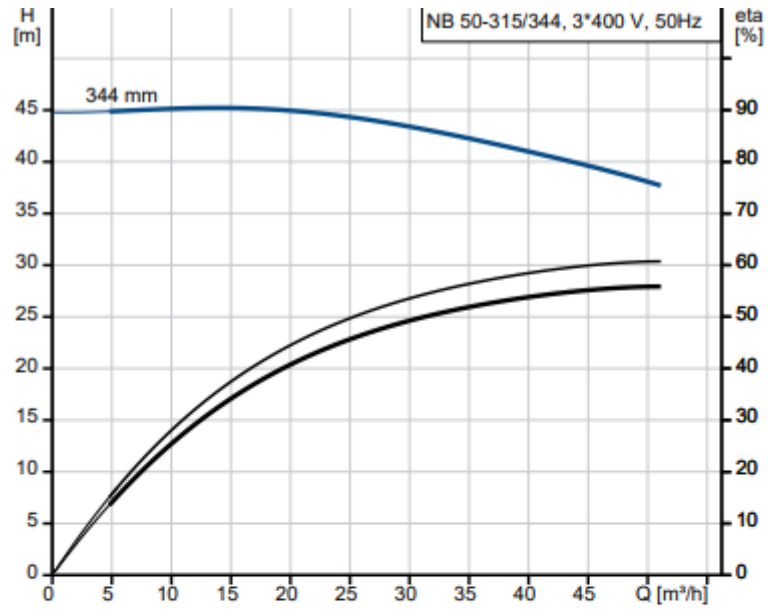


Ilustración 1; Esquema de bomba seleccionada



Líquido bombeado = Agua
 Temperatura del líquido durante el funcionamiento = 20 °C
 Densidad = 998.2 kg/m³

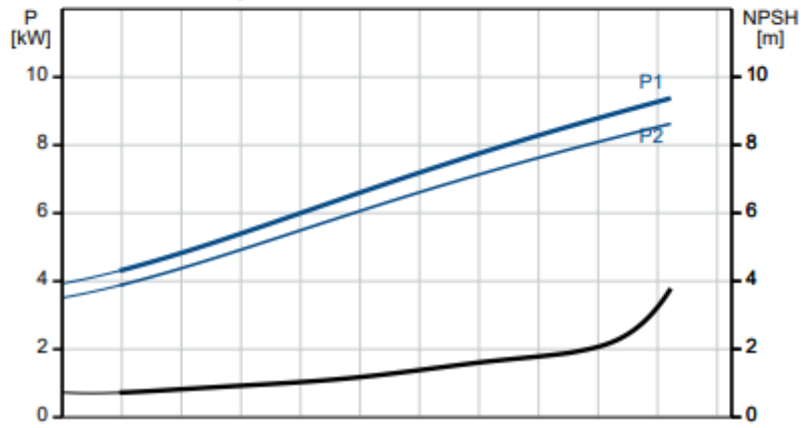


Ilustración 2; Curvas características de bomba elegida

En este anejo se organizará el cabezal de riego, que incluye todos los dispositivos situados aguas arriba en la instalación de riego, desde donde se controlará tanto el sistema de riego como el de fertilización. El cabezal de riego está ubicado dentro de la parcela, al norte de la zona regable.

Dentro del cabezal se encuentra los siguientes elementos:

Sistema de filtrado.

Sistema de fertirrigación.

Elementos de control.

Elementos de protección.

Equipos de automatización.

10. Sistema de filtrado.

El sistema de filtrado es responsable de retener toda la materia en suspensión presente en el agua, tanto inerte como biológica. Este componente es esencial para proteger el sistema de riego y prevenir la obstrucción de los goteros. Para asegurar su eficacia, es fundamental dimensionar adecuadamente los elementos filtrantes, considerando los siguientes aspectos.

- Procedencia del agua de riego.
- Diámetro mínimo de paso del emisor.
- Calidad físico-química del agua.
- Caudal de diseño.
- Presión disponible del cabezal.
- Pérdida de carga admisible en el cabezal.
- Posibilidad de automatizar los filtros.

El tipo de elementos filtrantes a instalar depende principalmente del origen del agua de riego. En este caso, dado que el agua proviene de un depósito al descubierto, es necesario instalar un equipo de prefiltrado a la salida del depósito para garantizar una correcta filtración.

10.1 Prefiltrado

En nuestro caso, dado que el agua proviene de un depósito al cubierto, que contenga partículas de mayor tamaño que podrían dañar el cabezal de riego se reduce considerablemente. Por ello optaremos por no instalar un sistema de prefiltrado.

10.2 Grado de filtración

Para seleccionar los elementos de filtración, es fundamental conocer el grado de filtración, que debe estar en relación con el diámetro de paso de los emisores (0,3 mm). Para garantizar una filtración efectiva, la capacidad de retención del filtro debe ser entre el 8 y 10% del diámetro mínimo del emisor, lo que equivale a un grado de filtración entre 24 y 30 micras.

10.3. Elección de sistema de filtrado

Para seleccionar el sistema de filtrado, se llevará a cabo una comparación entre dos opciones: un filtro de mallas automático y un filtro de anillas automático. Para tomar la decisión, es necesario considerar los siguientes datos.

Caudal máximo de riego = 20 m³/h

Calidad de agua = media

Grado de filtración = 24-30 micras

Pérdidas admisibles a filtro limpio = 1-2 m.c.a.

Teniendo en cuenta los requisitos anteriores se opta por **filtro de anillas Spin Klin Nova** es el filtro de anillas más avanzado, reduciendo las pérdidas de carga hasta un 80% y ofreciendo ciclos de filtración más largos.

A continuación, se describen sus datos técnicos:

- **Tipo:** Anillas automático Nova
- **Ubicación:** Cabezal
- **Número de Elementos:** 2
- **Caudal por elemento:** 35,9 m³/h
- **Superficie filtrante:** 0,1760m²
- **Superficie total:** 0,176 m²
- **Volumen de filtración:** 40 m³/h
- **Diámetro nominal (DN):** 3"

- **Pérdidas de carga:** se observan en el grafico. (mca)
- **Caudal de lavado:** 7,2 m³/h
- **Presión de lavado:** 15 mca
- **Coste:** No especificado (€)

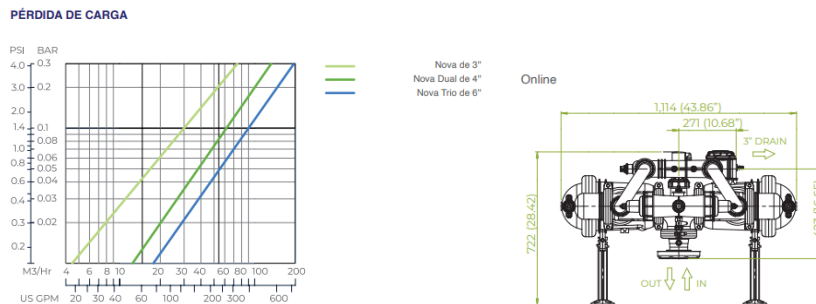


Ilustración 3: Pérdidas de carga Spin Klin nova

Este filtro está diseñado para optimizar la eficiencia en sistemas de filtración, proporcionando menor pérdida de carga y requerimientos de mantenimiento reducidos.

12. Sistema de Fertirrigación

12.1. Depósitos de Fertilizantes

Se instalarán dos depósitos de poliéster, destinados a diferentes propósitos y con distintos líquidos en su interior. Estos depósitos se colocarán en el almacén, cerca del cabezal de riego y junto al sistema de fertirrigación. El primer depósito, con una capacidad de 500 litros, se utilizará para diluir los fertilizantes minerales de NPK. El segundo depósito, de 250 litros, contendrá ácido nítrico, utilizado para la limpieza y disolución de precipitaciones en el sistema de riego.

Para el sistema de fertirrigación, se ha optado por una bomba dosificadora de diafragma. Este tipo de bomba, cuyo funcionamiento se basa en el movimiento alternativo de un diafragma, permite bombear el líquido tratado de manera eficiente. El motor eléctrico asíncrono trifásico proporciona la energía necesaria para el funcionamiento del sistema.

Se ha seleccionado una bomba dosificadora con un caudal máximo de inyección de 330 l/h, ajustable según los requerimientos de fertilización.

13. Sistemas de control y automatización

Los siguientes elementos se pueden observar cómo están dispuestos en el Plano 6: Cabezal de riego.

13.1. Contador Volumétrico

Realizar una medición del agua que se consume en la explotación, es necesario instalar un contador volumétrico al inicio de la red. Para esta red de riego, se ha escogido el contador Woltman Silver Turbo Gaer de 2". Este contador tolera una presión máxima de 16 bar y soporta una temperatura máxima de 60°C y debe instalarse horizontalmente con tuberías del mismo diámetro que el contador.

13.2 Válvulas de mariposa

Se utilizan para regular el flujo de agua en un tramo específico de la red de riego, controlando el paso mediante una placa giratoria sobre un eje. En este caso, se emplearán para interrumpir o permitir el paso del agua a lo largo de toda la red. Se instalará una válvula antes de la bomba y otra después, con el objetivo de garantizar la seguridad del sistema en caso de que ocurra algún fallo, ya sea en la red o en la bomba. Se ha escogido la válvula mariposa tipo "U" de Gaer DN80.

13.3 Válvula de Retención

La válvula de retención es un dispositivo de seguridad esencial para la protección de la bomba, ya que impide el retroceso del agua hacia la bomba, evitando posibles daños o averías. Para esta red de transporte, se ha elegido una válvula de retención de clapeta oscilante Gaer, con un diámetro nominal de DN80 y una presión nominal de PN10.

13.4. Electroválvulas

En esta red de transporte se ha decidido instalar electroválvula para automatizar su funcionamiento. Estas válvulas permiten abrir o cerrar el paso del agua al recibir una señal eléctrica, la cual es previamente programada por el controlador del sistema. En nuestro caso únicamente instalaremos una única electroválvula.

13.5. Programador de Riego

El programador de riego es el responsable de gestionar de forma automática las electroválvulas y la bomba. Es un dispositivo sencillo y fácil de manejar, que permite incorporar funciones adicionales según sea necesario.

Su principal tarea es abrir las electroválvulas de los distintos sectores conforme al tiempo previamente establecido, y activar la bomba durante el riego. En este sistema, se ha optado por instalar el programador Regaber Módulo de 4 estaciones para AC 8/24.

ANEJO III: PLANOS

PLANO 1: SITUACIÓN

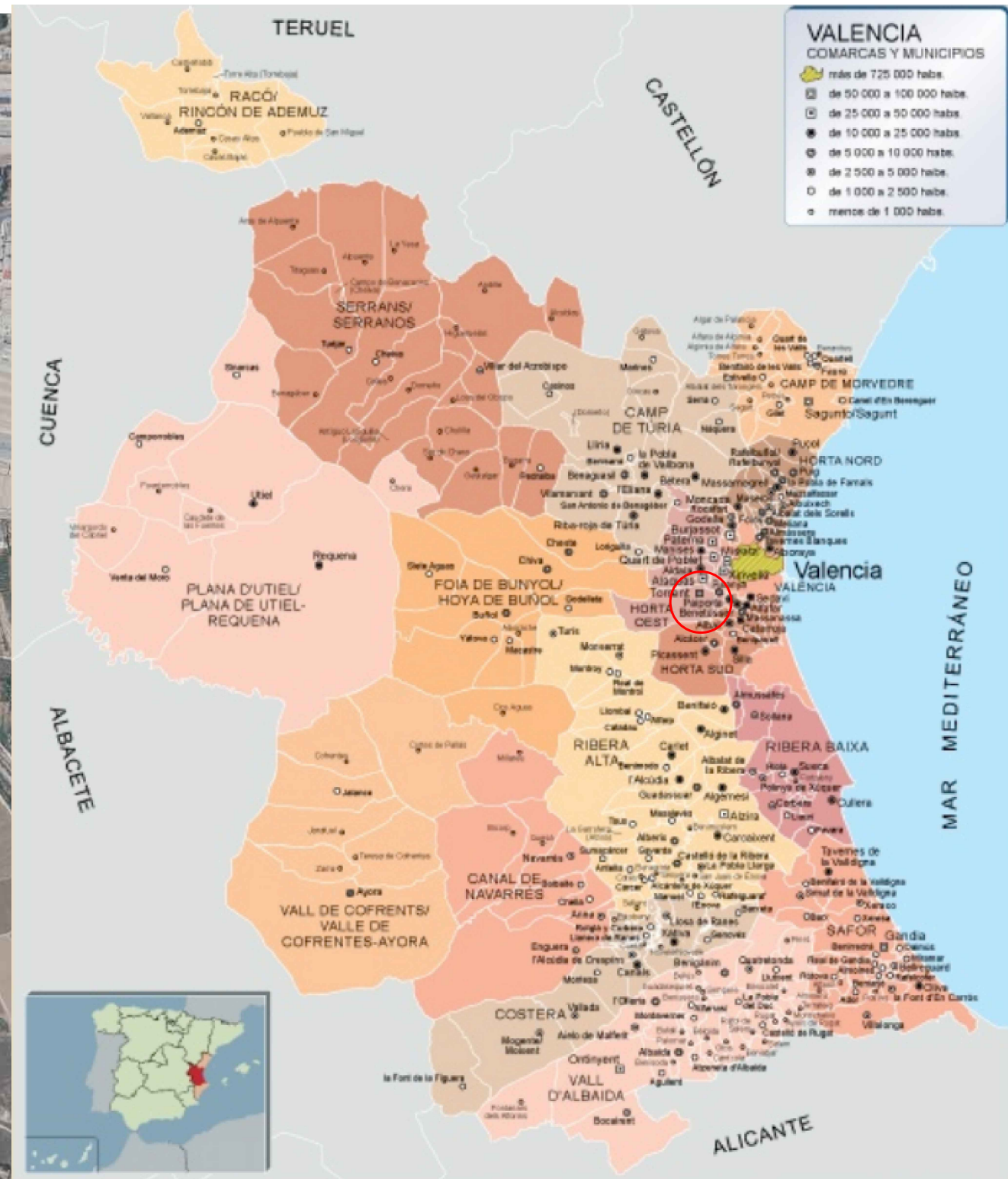
PLANO 2: EMPLAZAMIENTO

PLANO 3: DISTRIBUCIÓN SUBUNIDADES

PLANO 4: RED TRANSPORTE

PLANO 5: TOPOLOGIA Y DIMENSIONADO DE LA RED

PLANO 6: ESQUEMA DEL CABEZAL.

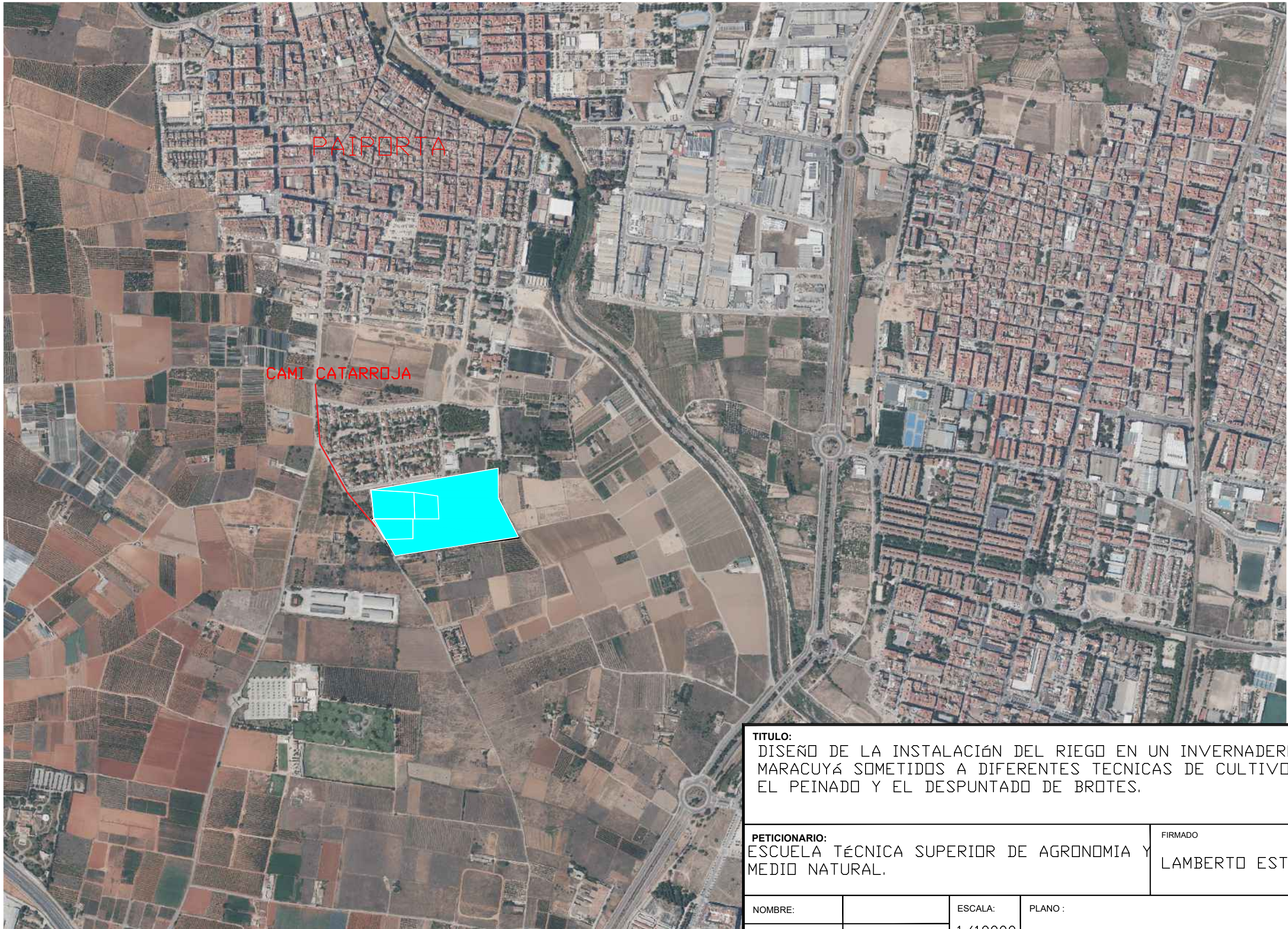


TITULO:
 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL RIEGO EN UN INVERNADERO DE MARACUYÁ SOMETIDOS A DIFERENTES TÉCNICAS DE CULTIVO COMO EL PEINADO Y EL DESPUNTADO DE BROTES.

PETICIONARIO:
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE AGRONOMIA Y MEDIO NATURAL.

FIRMADO
 LAMBERTO ESTELLES

NOMBRE:		ESCALA:	PLANO :
FECHA:	6/09/2024		SITUACIÓN
Nº DEL PLANO :	1		



PAIPORTA

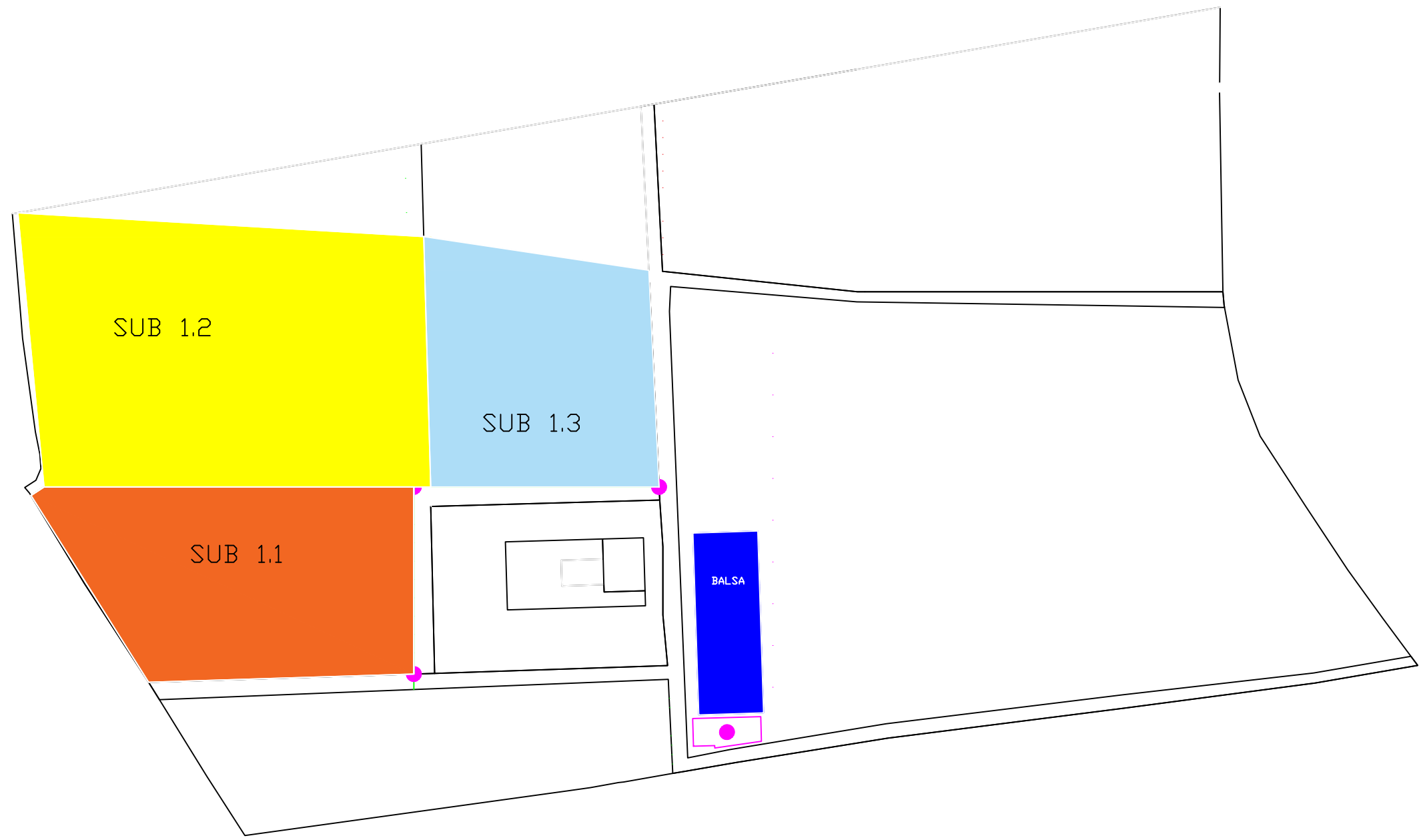
CAMI CATARROJA

TITULO:
DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL RIEGO EN UN INVERNADERO DE MARACUYÁ SOMETIDOS A DIFERENTES TÉCNICAS DE CULTIVO COMO EL PEINADO Y EL DESPUNTADO DE BROTES.

PETICIONARIO:
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE AGRONOMIA Y MEDIO NATURAL.

FIRMADO
LAMBERTO ESTELLES

NOMBRE:		ESCALA:	PLANO:
FECHA:	6/09/2024	1/10000	EMPLAZAMIENTO
Nº DEL PLANO:	2		



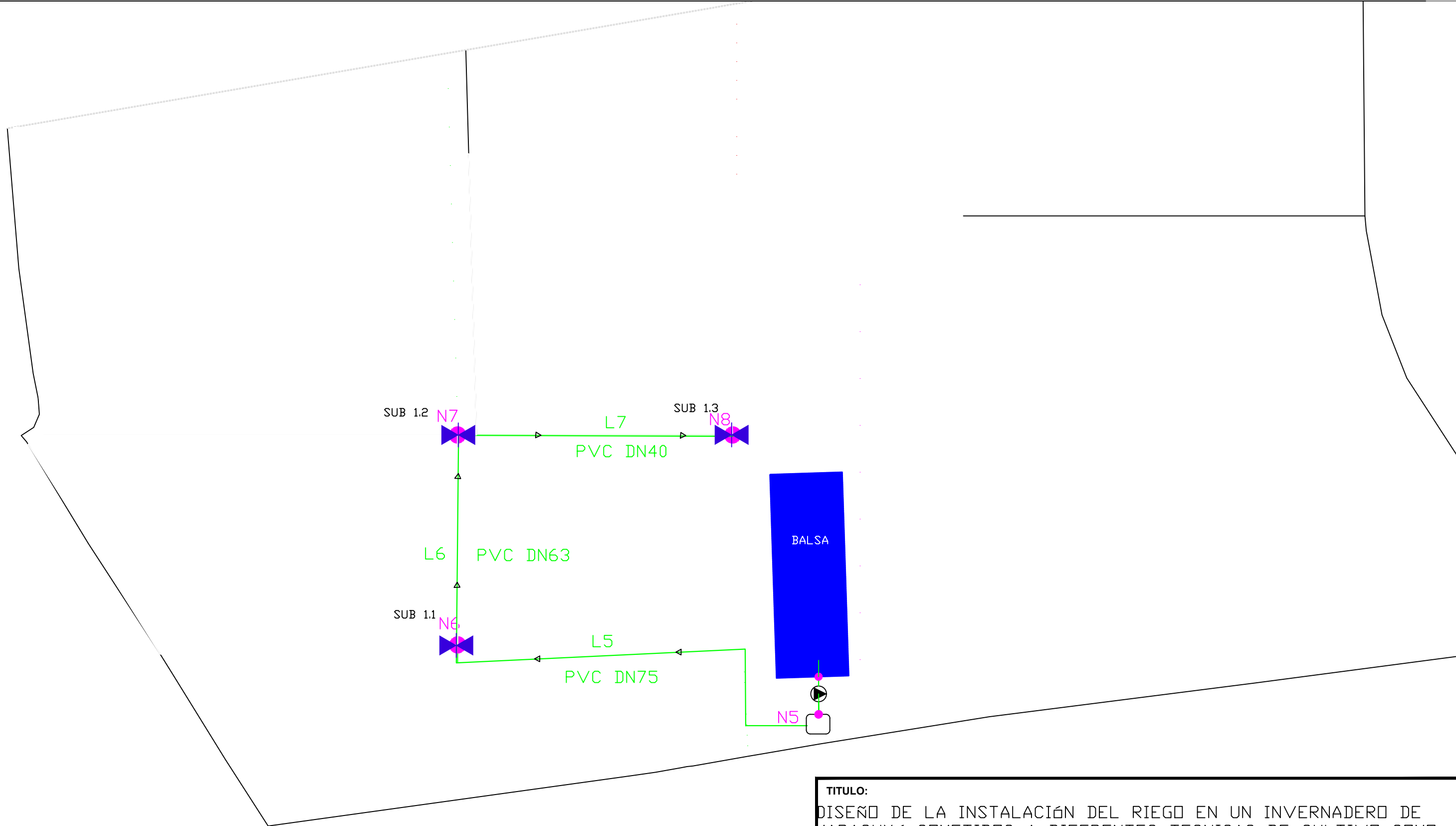
TITULO: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL RIEGO EN UN INVERNADERO DE MARACUYÁ SOMETIDOS A DIFERENTES TECNICAS DE CULTIVO COMO EL PEINADO Y EL DESPUNTADO DE BROTES.			
PETICIONARIO: ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE AGRONOMIA Y MEDIO NATURAL.			FIRMADO LAMBERTO ESTELLES
NOMBRE:		ESCALA:	PLANO :
FECHA:	6/09/2024	1/1500	DISTRIBUCIÓN SUBUNIDADES
Nº DEL PLANO :	3		



Línea	Nudo(+)	Nudo(-)	Caudal línea	Diámetro int. Teórico (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro nominal (mm)
1	1	2	19200,60	67,3	70,4	75
2	2	3	19200,60	67,3		
3	3	4	19200,60	67,3	70,4	75
4	4	5	19200,60	67,3		
5	5	6	19200,60	67,3	70,4	75
6	6	7	12750,00	54,8	59,0	63
7	7	8	4730,00	33,4	35,2	40

- RED TRANSPORTE
- Terciaria
- NUDDO DE CONSUMO
- ← DIRECCION LATERALES

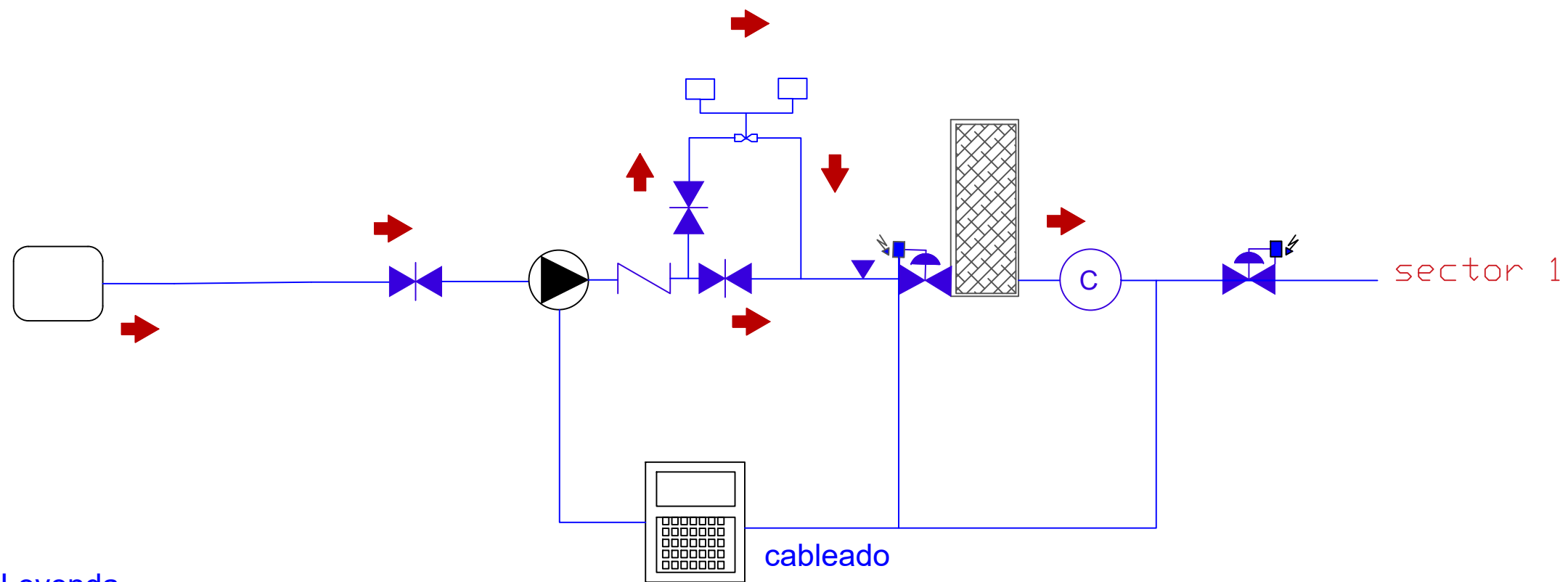
TITULO: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL RIEGO EN UN INVERNADERO DE MARACUYÁ SOMETIDOS A DIFERENTES TECNICAS DE CULTIVO COMO EL PEINADO Y EL DESPUNTADO DE BROTES.			
PETICIONARIO: ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE AGRONOMIA Y MEDIO NATURAL.			FIRMADO: LAMBERTO ESTELLES
NOMBRE:		ESCALA:	PLANO :
FECHA:	6/09/2024	1/1500	DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LAS SUBUNIDADES
Nº DEL PLANO :	4		




- NUDO
- BOMBA
- CABEZAL RIEGO
- VÁLVULA


Línea	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Presión de trabajo (MPa)	Material
5	93,0	75	0,60	PVC UNE EN 1452
6	50,0	63	0,60	PVC UNE EN 1453
7	72,0	40	1,00	PVC UNE EN 1454

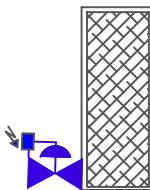

TITULO: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL RIEGO EN UN INVERNADERO DE MARACUYÁ SOMETIDOS A DIFERENTES TÉCNICAS DE CULTIVO COMO EL PEINADO Y EL DESPUNTADO DE BROTES.			
PETICIONARIO: ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE AGRONOMIA Y MEDIO NATURAL.			FIRMADO LAMBERTO ESTELLES
NOMBRE:		ESCALA:	PLANO :
FECHA:	6/09/2024	1/1000	TOPOGRAFIA Y DIMENSIONADO DE LA RED
Nº DEL PLANO :	5		

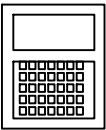




Leyenda


- 
Ventosa




Grupo bombeo


Filtro malla
- 
Tanques fertilizantes


Programador


Electrovalvula
- 
Valvula mariposa


Contador


Valvula retención
- 
Depósito

TITULO: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL RIEGO EN UN INVERNADERO DE MARACUYÁ SOMETIDOS A DIFERENTES TECNICAS DE CULTIVO COMO EL PEINADO Y EL DESPUNTADO DE BROTES.			
PETICIONARIO: ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE AGRONOMIA Y MEDIO NATURAL.			FIRMADO LAMBERTO ESTELLES
NOMBRE:		ESCALA:	PLANO :
FECHA:	6/09/2024		ESQUEMA CABEZAL
N° DEL PLANO :	6		