

ÍNDICE:

1 INTRODUCCIÓN..... 1

2 DATOS CLIMÁTICOS 1

2.1 TEMPERATURA 1

2.2 PRECIPITACIÓN 2

2.2.1 PRECIPITACIÓN EFECTIVA 3

2.3 HUMEDAD RELATIVA 4

2.4 VIENTO 4

2.5 INSOLACIÓN 4

3 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET₀) 4

4 DISEÑO DE LA ALTERNATIVA. SELECCIÓN DE CULTIVOS 10

4.1 PRINCIPALES CULTIVOS DE INTERÉS EN LA ZONA 10

4.2 DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA TIPO 10

4.3 CICLOS DE CULTIVO 11

5 EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS 11

5.1 COEFICIENTES DE CULTIVO (Kc)..... 12

5.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETc) 13

6 NECESIDADES HÍDRICAS NETAS DE LOS CULTIVOS 13

7 NECESIDADES HÍDRICAS BRUTAS DE LOS CULTIVOS. EFICIENCIA DE APLICACIÓN 15

7.1 DOTACIONES ANUALES..... 15

8 CAUDAL FICTICIO CONTINUO 16

9 DOTACIONES DE CULTIVO..... 16

10 PREVISIÓN DE FUTURO 16

10.1 NECESIDADES HÍDRICAS BRUTAS DE LOS CULTIVOS. EFICIENCIA DE APLICACIÓN 17

10.1.1 DOTACIONES ANUALES 17

- ANEXO 1. DATOS CLIMÁTICOS
- ANEXO 2. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS
- ANEXO 3. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo es estimar y justificar las necesidades de agua de los cultivos previstos en la zona regable de Valls para optimizar tanto la red de riego que se proyectará (en cuanto a caudales se refiere), como la capacidad de almacenamiento de balsa (volumen de agua necesario que hay que almacenar para poder abastecer a toda la zona regable).

Una vez definidos y contrastados los ciclos agronómicos fechas de plantación y recolección, de los cultivos existentes con interés para el regadío, se ha planteado una alternativa media.

Disponer de una buena estimación de las necesidades hídricas de los cultivos es imprescindible para el diseño de cualquier sistema de riego. Además de la estimación a nivel estacional es especialmente importante predecir bien la demanda en el período crítico, pues la instalación debe calcularse para satisfacer la demanda pico. La capacidad de la instalación debe ser suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo en la estación de máxima demanda. Por tanto, será ésta la cifra a estimar para cada tipo de cultivo con los parámetros climáticos disponibles.

Para realizar los cálculos estimativos de la demanda hídrica se necesita conocer las necesidades medias de los cultivos existentes en la zona, calculadas a partir de datos climáticos zonales, las necesidades en el período de máxima demanda, la contribución de las precipitaciones así como el porcentaje de esa precipitación que se hace efectivo para los cultivos. Finalmente con estos datos y conociendo el sistema de riego que se empleará (en este caso riego localizado de alta frecuencia, llamado más comúnmente riego por goteo) se podrá estimar cual es el volumen de agua a aportar mediante el riego a cada parcela en todo momento, la capacidad de la balsa y de las infraestructuras necesarias para su transporte, así como las aportaciones globales necesarias para toda la superficie existente y a transformar.

A continuación se recogen los datos referentes a la climatología de la zona, calculando en los siguientes apartados del anejo las necesidades de agua de los cultivos.

2 DATOS CLIMÁTICOS

El clima tiene una gran influencia tanto en la configuración del relieve como en el tipo y distribución de los usos del suelo y de la vegetación de la zona. Asimismo los elementos del clima, tales como la temperatura y las precipitaciones son determinantes en la toma de decisiones con respecto al riego y en la evaluación de los recursos hídricos necesarios.

El análisis climático de la zona objeto de estudio se ha realizado mediante los datos proporcionado por el Instituto Meteorológico Nacional a partir de la estación completa de Valls San Antoni, cuyos datos generales de ubicación son los siguientes:

TABLA 1. Caracterización de la estación pluviométrica de Valls San Antonio

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PROVINCIA	MUNICIPIO	UTM-X (Huso 30)	UTM-Y (Huso 30)	Hoja 50.000
Valls San Antonio	41º 15'	01º16'	222 m	Tarragona	Valls	855.929,270	4.578.879,75	446

Del observatorio seleccionado se trabaja con los siguientes datos meteorológicos: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, velocidad media del viento, humedad relativa media, horas de insolación y precipitación. La serie de datos de las variables climáticas abarca mensualmente desde el año 1990 hasta 2006 (17 años) y para el estudio de la precipitación se ha ampliado la serie mensual desde el año 1980 hasta 2006 (27 años).

2.1 TEMPERATURA

Los datos de temperaturas estudiados son: temperaturas máximas, mínimas y medias. La temperatura media anual es de 15,6 °C. Los meses más cálidos son agosto con una temperatura media de 24,2 °C seguido de julio con 23,7 °C, con unas temperaturas medias máximas de 30,2 en agosto y 30 °C en julio y la una temperatura media de mínimas de 18,2 °C en el mes de agosto y de 17,4 °C en el mes de julio. El mes más frío es enero con una temperatura media de 8,2 °C.

Las tablas 1, 2 y 3 del ANEXO nº 1 (datos climáticos), que se encuentra al final de este anejo de cálculo de necesidades de agua, ofrece los datos termométricos de la serie

correspondiente a la estación meteorológica estudiada. Seguidamente figura la distribución mensual media de temperaturas de la serie de 1.990 a 2.006.

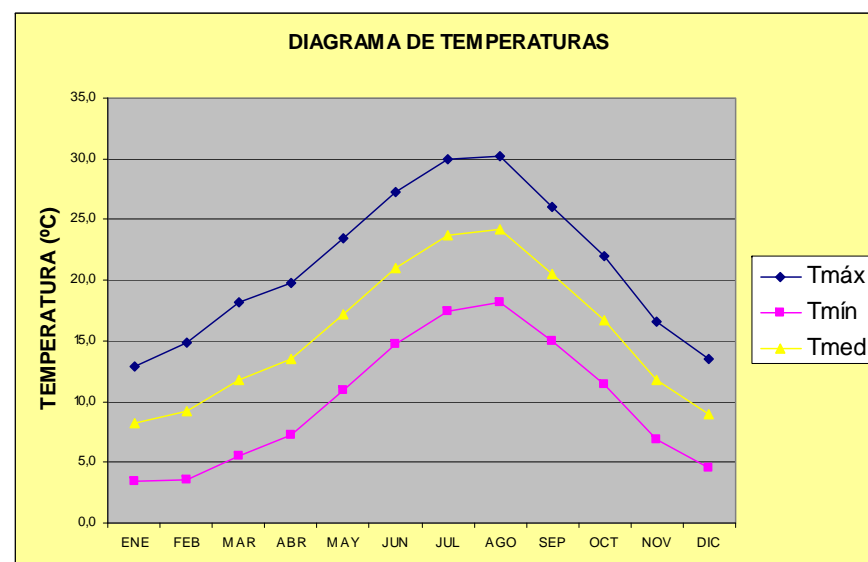
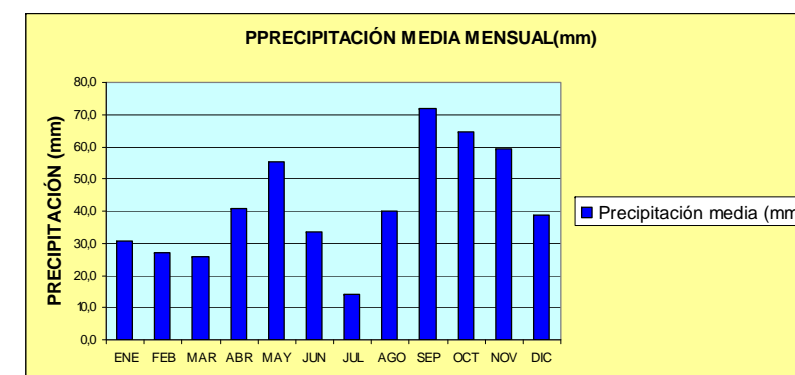


TABLA 2. Valores medios mensuales de temperatura

	Temperaturas °C		
	Media	Máxima	Mínima
ENERO	8,2	12,9	3,4
FEBRERO	9,2	14,9	3,6
MARZO	11,8	18,1	5,5
ABRIL	13,5	19,7	7,3
MAYO	17,2	23,4	11,0
JUNIO	21,0	27,2	14,8
JULIO	23,7	30,0	17,4
AGOSTO	24,2	30,2	18,2
SEPTIEMBRE	20,5	26,0	15,0
OCTUBRE	16,7	21,9	11,4
NOVIEMBRE	11,7	16,6	6,9
DICIEMBRE	9,0	13,5	4,5
Promedio	15,6	21,2	9,9

climática con más probabilidad de sufrir desviaciones anómalas con respecto al comportamiento de otras variables climáticas como la temperatura, humedad, etc. Por tanto se trabaja con una serie de 27 años (1990 – 2006), resumidos en la tabla nº 7 del ANEXO final.

La precipitación media de la zona está entorno a 500 mm, distribuida a lo largo de los doce meses del año de forma variable como muestra el siguiente diagrama.



Teniendo en cuenta la media de todos los meses, las mayores precipitaciones se registran en una proporción prácticamente similar en primavera, otoño e invierno, y las más bajas en verano.

TABLA 3. Valores medios mensuales de precipitación

	P media (mm)
ENERO	30,9
FEBRERO	27,0
MARZO	25,9
ABRIL	40,7
MAYO	55,3
JUNIO	33,6
JULIO	14,3
AGOSTO	40,0
SEPTIEMBRE	68,5
OCTUBRE	64,6
NOVIEMBRE	59,5
DICIEMBRE	38,9
Total	499,2

2.2 PRECIPITACIÓN

Con respecto a la serie de años de datos de precipitación se opta por trabajar con un período más largo respecto al resto de datos climáticos, pues la precipitación es la variable

2.2.1 PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La precipitación efectiva es la precipitación útil, es decir, la precipitación no perdida por escorrentía o percolación profunda, también se puede considerar como la cantidad de precipitación que queda almacenada en el suelo para disposición y aprovechamiento de los cultivos.

Existen diferentes métodos de cálculo de la precipitación efectiva mensual entre los que destacan:

- Porcentaje Fijo
- Método F.A.O.
- Método del *Bureau of Reclamation* de Estados Unidos
- Método del *Servicio de Conservación de Suelos* de Estados Unidos

Método del Porcentaje fijo

La precipitación efectiva se calcula por la ecuación:

$$Pe = (1 - b) \cdot P$$

Donde b es una fracción fija que representa las posibles pérdidas por percolación y escorrentía. Si consideramos unas pérdidas del 30% los resultados serían:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Pe (mm)	21,6	18,9	18,1	28,5	38,7	23,5	10,0	28,0	48,0	45,2	41,7	27,2	349,5

Método F.A.O.

Este método permite estudiar la Pe correspondiente a la precipitación mensual que se excede en un 80% de los años.

La Pe se estima por las siguientes ecuaciones:

$$Pe = 0,6 \cdot P - 10 \text{ si } P < 70 \text{ mm}$$

$$Pe = 0,8 \cdot P - 24 \text{ si } P > 70 \text{ mm}$$

A continuación se muestran los resultados:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Pe (mm)	8,5	6,2	5,5	14,4	23,2	10,1	0,0	14,0	31,1	28,8	25,7	13,3	181,0

Método del Bureau of Reclamation de Estados Unidos

Se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$Pe = P \cdot \left[\frac{(125 - 0,2 \cdot P)}{125} \right] \text{ si } P < 250 \text{ mm}$$

$$Pe = 125 + 0,1 \cdot P \text{ si } P > 250 \text{ mm}$$

Los resultados de aplicar este método serían:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Pe (mm)	29,3	25,9	24,8	38,0	50,4	31,8	14,0	37,4	61,0	58,0	53,9	36,4	460,9

Método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos

En este método, además de la precipitación registrada, se tiene en cuenta la evapotranspiración del cultivo (ET) y el déficit de agua en el suelo antes de regar (DAS mm/día).

$$Pe = f(DAS) \cdot [1,25 \cdot P^{0,824} - 2,93] \cdot 10^{0,000955 \cdot ET}$$

$$f(DAS) = 0,53 + 0,0116 \cdot DAS - 8,94 \cdot 10^{-5} \cdot DAS^2 + 2,32 \cdot 10^{-7} \cdot DAS^3$$

Los resultados obtenidos de aplicar este método serían:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Pe (mm)	27,6	24,5	26,1	34,9	52,7	30,4	13,9	35,7	52,0	46,2	53,3	34,3	431,6

Conclusiones

Se trata ahora de elegir los valores de precipitación efectiva más adecuados para efectuar los cálculos de necesidades hídricas considerando lo que puede ser más real en la zona de riego.

En principio podemos descartar el método F.A.O., dado que este método es el resultado de un estudio realizado por F.A.O. en zonas áridas y subhúmedas y por ello los valores de precipitación efectiva son tan bajos, se considera que la mayor parte del agua caída no puede ser aprovechada por los cultivos. Dado que la zona de Valls no se acopla a los parámetros de las zonas estudiadas por F.A.O. en este método es aconsejable descartarlo.

En cuanto a los otros tres métodos presentan resultados muy similares por lo tanto para quedarnos del lado de la seguridad escogeremos de los tres métodos el que presenta valores de precipitación efectiva más bajo, que necesariamente inducirán mayores necesidades de riego. Por lo tanto el método que consideramos más adecuado en este caso para calcular la precipitación efectiva es el del **Porcentaje Fijo**, considerando unas pérdidas por percolación y escorrentía del 30%, resultando una precipitación efectiva media anual de 349,5 mm.

2.3 HUMEDAD RELATIVA

Se entiende por humedad relativa atmosférica la cantidad de vapor de agua contenido en el aire. Es un carácter climatológico muy relacionado con la nubosidad, la precipitación, la visibilidad y la temperatura.

El índice más usado para expresar la humedad atmosférica es la humedad relativa o la relación, en tanto por ciento, entre la tensión real del vapor de agua y la tensión de saturación a la misma temperatura del aire existente. La serie de datos utilizada puede verse en la tabla nº 5 del ANEXO 1 al final de este mismo anejo.

2.4 VIENTO

El estudio del factor climático viento no es importante a la hora del diseño de una red de las características de este proyecto en la que el método de riego es por goteo, aunque el conocimiento del régimen de vientos es necesario para calcular las necesidades de agua de los cultivos, al realizar el cálculo de la evapotranspiración potencial (ET_0). Este parámetro climático se ha registrado a una altura de 10 m sobre el nivel del suelo, según los datos facilitados por la estación meteorológica. La tabla nº 4 del ANEXO 1 se muestra los valores recogidos en la serie de años estudiada.

2.5 INSOLACIÓN

La insolación o duración real diaria de la luz solar está expresada mensualmente en décimas de hora por mes medida con el heliógrafo. La tabla nº 6 muestra la variación mensual de la serie de años estudiada.

3 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET_0)

Para la estimación de la evapotranspiración de referencia a partir de los datos meteorológicos se utiliza la metodología de FAO Penman-Monteith, siendo en la actualidad el método estándar recomendado por FAO (desarrollado por el Comité de Expertos de la FAO reunidos en Mayo de 1990) para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos por ser el más adecuado al dar resultados correctos en un amplio rango de condiciones. El método está desarrollado en la publicación nº 56 – Estudio FAO Riego y Drenaje “Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos” –.

La evapotranspiración de referencia ET_0 según FAO Penman-Monteith corresponde a la evapotranspiración de un cultivo hipotético de pasto con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial fija de $70 \text{ s}\cdot\text{m}^{-1}$ y un albedo de 0,23. La superficie de referencia es muy similar a una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme, creciendo activamente y dando sombra totalmente al suelo. La resistencia superficial de $70 \text{ s}\cdot\text{m}^{-1}$ implica un suelo moderadamente seco que recibe riego con una frecuencia semanal aproximadamente.

La fórmula original de Penman-Monteith estima por medio de un modelo físico la evapotranspiración de referencia mediante la combinación de un término de radiación y de un término aerodinámico, respondiendo a la siguiente ecuación:

$$\lambda \cdot ET = \frac{\Delta \cdot (R_n - G) + \rho_a \cdot c_p \cdot \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

donde R_n es la radiación neta, G es el flujo de calor en el suelo, $(e_s - e_a)$ representa el déficit de presión de vapor del aire, ρ_a es la densidad media del aire a presión constante, c_p es el calor específico del aire, Δ representa la pendiente de la curva de presión de vapor de saturación, γ es la constante psicrométrica, y r_s y r_a son las resistencias superficial (total) y aerodinámica.

El método de FAO Penman-Monteith para estimar ET_0 se deriva a partir de la fórmula original de Penman-Monteith, realizando unas transformaciones y simplificaciones o adaptaciones, respondiendo a la siguiente expresión:

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)}$$

donde

ET_0 Evapotranspiración de referencia (mm·día⁻¹)

R_n Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ·m⁻²·d⁻¹)

G Flujo de calor del suelo (MJ·m⁻²·d⁻¹)

T Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

U_2 Velocidad del viento medida a 2 m del altura (m·s⁻¹)

e_s Presión de vapor de saturación (kPa)

e_a Presión real de vapor (kPa)

$(e_s - e_a)$ Déficit de la presión de vapor (kPa)

Δ Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa·°C⁻¹)

γ Constante psicrométrica (kPa·°C⁻¹)

La ecuación utiliza datos climáticos de radiación solar, temperatura del aire, humedad y velocidad del viento. Partiendo de los datos meteorológicos recogidos tanto en el apartado nº 2 como en las respectivas tablas del ANEXO nº 1, se calcula a continuación la ET_0 con

el método de FAO Penman-Monteith empleando para ello los valores medios de la serie de años considerada de temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad del viento, porcentaje de humedad e insolación, de esta forma se realiza un solo cálculo por mes de la ET_0 . El procedimiento de cálculo de los parámetros que forman parte de la ecuación FAO Penman-Monteith se desarrolla a continuación:

Velocidad del viento (u_2)

Para el cómputo de la evapotranspiración, la velocidad del viento es una variable importante. La velocidad del viento a diversas alturas sobre la superficie del suelo tiene valores diferentes. La velocidad del viento es menor cerca de la superficie y aumenta con la altura. Para el cálculo de la evapotranspiración se requiere la velocidad del viento medida a 2 m sobre la superficie. Para ajustar los datos del viento obtenidos de instrumentos situados a elevaciones diferentes a la altura estándar de 2 m, se utiliza la siguiente relación logarítmica:

$$u_2 = u_z \cdot \frac{4,87}{\ln(67,8 \cdot z - 5,42)}$$

donde

u_2 Velocidad del viento medida a 2 m del altura (m·s⁻¹)

u_z Velocidad del viento medida a z m sobre la superficie (m·s⁻¹)

z altura de medición sobre la superficie (m)

Presión atmosférica (P)

La presión atmosférica considerando el aire un gas ideal a temperatura de 20 °C corresponde a la siguiente expresión:

$$P = 101,3 \cdot \left(\frac{293 - 0,0065 \cdot z}{293} \right)^{5,26}$$

donde

P Presión atmosférica (kPa)

z Elevación sobre al nivel del mar (m)

Calor latente de vaporización (λ)

El calor latente de vaporización expresa la energía requerida para cambiar una masa de unidad de agua líquida a vapor de agua bajo presión y temperaturas constantes. Debido a que la variación del valor de λ es de pequeña cuantía en el rango de temperaturas más usuales se adopta un valor constante de 2,45 MJ·kg⁻¹ que es el que corresponde a el aire a temperatura de 20 °C.

Constante Psicrométrica (γ)

La constante psicrométrica γ se calcula por:

$$\gamma = \frac{c_p \cdot P}{\varepsilon \cdot \lambda} = 0,665 \cdot 10^{-3} \cdot P$$

donde

γ	Constante psicrométrica (kPa·°C ⁻¹)
P	Presión atmosférica (kPa)
λ	Calor latente de vaporización, 2,45 MJ·kg ⁻¹
c_p	Calor específico a presión constante, 1,013·10 ⁻³ (MJ·kg ⁻¹ ·°C ⁻¹)
ε	Relación del peso molecular de vapor de agua/aire seco = 0,622

Temperatura del aire (T)

La temperatura del aire ha de corresponder a la existente en las proximidades de la cubierta del cultivo. La temperatura del aire se ha de medir a una altura de 2 m. Debido a la no linealidad de la relación de presión de vapor y temperatura se han de utilizar los valores de la temperatura máxima diaria del aire (T_{\max}) y de la temperatura mínima diaria del aire (T_{\min}) que son, respectivamente, la máxima y mínima temperatura del aire observadas durante un período de 24 horas, desde la medianoche. T_{\max} y T_{\min} por períodos mensuales se obtienen dividiendo la suma de los valores diarios respectivos por el número de días del período. El valor de la temperatura media (T_{med}) como media aritmética de las T_{\max} y T_{\min} se emplea en la ecuación FAO Penman-Monteith solamente para calcular la pendiente de la curva de la presión de saturación de vapor (Δ).

Para la estandarización, T_{med} para períodos se define como el promedio de las temperaturas máxima (T_{\max}) y mínima (T_{\min}) en lugar del promedio de las mediciones horarias de temperatura:

$$T_{\text{media}} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

Presión media de vapor de saturación (e_s)

La presión de vapor de saturación puede ser calculada en función de la temperatura del aire, pues depende de ella. La relación entre ambas variables se expresa como:

$$e^0(T) = 0,6108 \cdot \exp\left(\frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3}\right)$$

donde

$e^0(T)$ Presión de saturación de vapor a la temperatura del aire, T (kPa)

T Temperatura del aire (°C)

$\exp[.]$ 2,7183 (base del logaritmo natural) elevado a la potencia $[.]$

Debido a la característica no-lineal de la ecuación anterior, la presión media de saturación de vapor para un día, semana, década o mes, debe ser calculada como el promedio de la presión de saturación de vapor a la temperatura máxima media y la presión de saturación de vapor a la temperatura mínima media del aire para ese período:

$$e_s = \frac{e^0(T_{\max}) + e^0(T_{\min})}{2}$$

Pendiente de la curva de presión de saturación de vapor (Δ)

La pendiente de la relación entre la presión de saturación de vapor y la temperatura se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\Delta = \frac{4098 \cdot \left[0,6108 \cdot \exp\left(\frac{12,27 \cdot T}{T+237,3}\right) \right]}{(T+237,3)^2}$$

donde

Δ Pendiente de la curva de presión de saturación de vapor a la temperatura del aire T (kPa·°C-1)

T Temperatura del aire (°C)

exp[...] 2,7183 (base del logaritmo natural) elevado a la potencia [...]

Para su aplicación en la ecuación FAO Penman-Monteith, la pendiente de la curva de presión de vapor (Δ) se calcula usando la temperatura media del aire (T_{med}).

Presión real de vapor (e_a)

La presión real de vapor e_a puede derivarse de la humedad relativa media por medio de la siguiente igualdad:

$$e_a = \frac{HR_{media}}{100} \cdot e^0(T_{media}) = \frac{HR_{med}}{100} \cdot \left(\frac{e^0(T_{max}) + e^0(T_{min})}{2} \right)$$

donde HRmedia es la humedad relativa media

Déficit de presión de vapor ($e_s - e_a$)

Se obtiene por la diferencia entre la presión de saturación de vapor (e_s) y la presión real de vapor (e_a) durante un determinado período. Para periodos tales como una semana, diez días, o un mes, es se calcula la ecuación 9 usando el promedio de Tmax y Tmin en el período. En el caso de e_a se computa usando los promedios de cada período. El déficit de saturación viene expresado en kPa.

Radiación extraterrestre (R_a)

La radiación extraterrestre (R_a) es la radiación recibida en la parte superior de la atmósfera sobre una superficie horizontal. Es variable con la latitud, la época del año y la hora del día. Cuando se mide sobre una superficie perpendicular a los rayos solares se denomina Constante solar y tiene un valor de 0,082 MJ·m-2·min-1. Para períodos de tiempo diarios puede estimarse por la siguiente expresión:

$$R_a = \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r \cdot [w_s \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(w_s)]$$

donde

Ra Radiación extraterrestre (MJ·m-2·día-1)

Gsc Constante solar = 0,082 (MJ·m-2·min-1)

dr Distancia relativa inversa Tierra-Sol

ws Ángulo de radiación a la puesta de sol (rad)

φ Latitud (rad)

δ Declinación solar (rad)

La evaporación equivalente en mm·día-1 se obtiene multiplicando R_a por 0,408. La latitud, φ , expresada en radianes es positiva para el hemisferio norte y negativa para el hemisferio sur. La distancia relativa inversa Tierra-Sol, dr, y la declinación solar, δ , están dadas por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot J\right)$$

$$\delta = 0,409 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot J - 1,39\right)$$

donde J es el número del día en el año entre 1 (1 de enero) y 365 (31 de diciembre). Cuando se realiza cálculos mensuales de la ET_0 el valor de J se corresponde con el día 15 de cada mes, resultando los siguientes valores.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
J	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349

El ángulo de radiación a la hora de la puesta del sol, w_s , se da por:

$$w_s = \arcsin[-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)]$$

Duración máxima de la insolación (N)

El número total de horas de sol diarias posibles o la duración máxima de la insolación N, está dada por:

$$N = \frac{24}{\pi} \cdot w_s$$

donde w_s es el ángulo de radiación a la hora de la puesta de sol.

Radiación solar (Rs)

La radiación R_a al penetrar en la atmósfera sufre procesos de dispersión, reflexión y absorción por los gases atmosféricos, nubes y polvo atmosférico. La cantidad de radiación que alcanza un plano horizontal en la superficie terrestre se denomina radiación solar (R_s). La radiación solar R_s puede medirse con radiómetros o piranómetros en las estaciones meteorológicas. Si no se dispone de medidas puede estimarse su valor por la fórmula de Angstrom cuya expresión es:

$$R_s = \left(a_s + b_s \cdot \frac{n}{N} \right) \cdot R_a$$

donde

R_s	Radiación solar o de onda corta ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)
n	Duración real de la insolación (horas)
N	Duración máxima posible de la insolación (horas)
n/N	Duración relativa de la insolación (-)
R_a	Radiación extraterrestre ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)
a_s	Constante de regresión que expresa la fracción de R_a que alcanza la tierra en un día nublado ($n = 0$)
$a_s + b_s$	Fracción de R_a que alcanza la tierra en un día despejado ($n = N$)

En casos en que no se disponga de datos reales de radiación solar y cuando no se han realizado calibraciones previas a la ecuación mencionada, se recomienda usar valores de $a_s = 0,25$ y de $b_s = 0,50$.

Radiación solar en un día despejado (R_{so})

La radiación en días despejados, R_{so} , cuando $n = N$, puede ser recalculada de la siguiente forma:

$$R_{so} = (0,75 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot z) \cdot R_a$$

donde

z	Elevación de la estación sobre el nivel del mar (m)
-----	---

Radiación relativa de ondas cortas (R_s/R_{so})

Es la relación entre la radiación solar (R_s), es decir la radiación solar actualmente existente y la que teóricamente podrá darse si el cielo estuviera despejado y sin nubosidad (R_{so}).

Radiación neta solar o de onda corta (R_{ns})

La radiación neta de onda corta resultante del equilibrio entre la radiación solar entrante y la reflejada está dada por:

$$R_{ns} = (1 - \alpha) \cdot R_s$$

donde

Rns	Radiación neta solar o de onda corta (MJ·m ⁻² ·día ⁻¹)
α	Albedo o coeficiente de reflexión del cultivo, que es 0,23 para el cultivo hipotético de referencia (adimensional)
Rs	Radiación solar entrante (MJ·m ⁻² ·día ⁻¹)

Radiación neta de onda larga (Rnl)

Es la diferencia entre la radiación de onda larga recibida por la tierra y la emitida por la superficie de la tierra. Como la radiación saliente de onda larga es casi siempre mayor que la radiación entrante, Rnl representa una pérdida de energía.

El fenómeno está regido por la ley de Stefan-Boltzman pero también influido por la humedad y el nivel de nubosidad existente y por eso se corrige en función de estos dos factores con lo que la radiación neta de ondas largas (Rnl) se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$R_{nl} = \sigma \cdot \left[\frac{T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4}{2} \right] \cdot (0,34 - 0,14 \cdot \sqrt{e_a}) \cdot \left(1,35 \cdot \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right)$$

donde

Rnl	Radiación neta de onda larga (MJ·m ⁻² ·día ⁻¹)
σ	Constante de Stefan-Boltzman (4,903·10 ⁻⁹ MJ·K ⁻⁴ ·m ⁻² ·día ⁻¹)
Tmax,K	Temperatura máxima absoluta diaria (K = °C + 273,16)
Tmin,K	Temperatura mínima absoluta diaria (K = °C + 273,16)
ea	Presión de vapor real (kPa)
Rs	Radiación solar (MJ·m ⁻² ·día ⁻¹)
Rso	Radiación solar con cielo despejado (MJ·m ⁻² ·día ⁻¹)

Radiación neta (Rn)

La radiación neta (Rn) es la diferencia entre la radiación neta de onda corta (Rns) y la radiación neta de onda larga (Rnl):

$$Rn = Rns - Rnl$$

Flujo de calor del suelo (G)

El flujo de calor del suelo puede ser medido directamente en las estaciones agrometeorológicas mediante placas medidoras del mismo que nos dan la energía utilizada en calentar el suelo. No obstante existen modelos complejos para medir el flujo de calor del suelo. Hay que resaltar que el valor de G es pequeño en comparación con Rn sobre todo cuando el suelo está cubierto de vegetación y el tiempo de cálculo es igual o mayor de 24 horas. Para períodos mensuales, la FAO establece la siguiente ecuación:

$$G_{\text{mes},i} = 0,14 \cdot (T_{\text{mes},i} - T_{\text{mes},i-1})$$

donde

Tmes,i	Temperatura media del aire en el mes i diaria (°C)
Tmes,i-1	Temperatura media del aire en el mes i-1 diaria (°C)
Tmes,i+1	Temperatura media del aire en el mes i+1 diaria (°C)

A través de una sencilla hoja de cálculo se han introducido todas las ecuaciones que determinan la ET₀ según la metodología propuesta por FAO Penman-Monteith, obteniendo un valor tanto diario (mm·día⁻¹) como mensual (mm·mes⁻¹) para cada mes del año empleando valores medios de toda la serie de años estudiada de las variables empleadas.

Finalmente la siguiente tabla muestra el valor medio de la ET₀ que se utilizará en el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos. La tabla nº 8 del ANEXO Nº 1 recogen todos los valores calculados de la ET₀.

TABLA 4. Valores medios de evapotranspiración potencial (ET₀)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ET₀ (mm/día)	1,16	1,63	2,19	3,11	3,72	4,67	5,13	4,50	3,17	2,01	1,44	1,11
ET₀ (mm/mes)	35,85	45,62	67,92	93,32	115,18	140,13	158,98	139,58	95,06	62,38	43,15	34,27

4 DISEÑO DE LA ALTERNATIVA. SELECCIÓN DE CULTIVOS

4.1 PRINCIPALES CULTIVOS DE INTERÉS EN LA ZONA

El municipio de Valls se encuentra situado en el centro de la provincia de Tarragona, entre el río Francolí y el río Gaia. La superficie actual de riego es de aproximadamente 380 ha brutas, a esta superficie hay que descontarle la superficie que ocupará la Autopista (Tarragona-Ap-2) y la variante de Valls que se están construyendo actualmente y por tanto la superficie neta de riego será de aproximadamente 363 ha.

La zona de riego está delimitada por el núcleo de Valls y la carretera local T-742 al norte, el río Francolí al oeste, el torrente de Puig al sur y con la carretera nacional N-240 al este. En cuanto a las vías de comunicación principales son la carretera nacional N-240, las carreteras autonómicas C-14 (al oeste) y C-37 (al sur) y las carreteras locales T-742 y la T-724.

En cuanto a la topografía existente en el perímetro de la zona de riego, la altitud media es de aproximadamente 180 m.s.n.m., la altitud máxima que aparece es aproximadamente la 225 m.s.n.m. y la mínima 144 m.s.n.m.

La geomorfología de la zona se caracteriza por estar situada en una cuenca hidrológica que limita al norte con la Sierra Alta y por estar drenada por diferentes torrentes y ramblas que desaguan al río Francolí.

La zona regable presenta pendientes suficientes para facilitar la evacuación de las aguas de lluvia. Los cauces de los torrentes son los puntos más bajos del sector y actúan como ejes drenantes.

Desde el punto de vista geológico, la zona objeto del proyecto, se enmarca en el sector norte de la depresión de Reus-Valls, también llamada Fosa del Campo de Tarragona, cerca de su contacto con el macizo de las montañas de Prades y Sierra de Miramar.

Las aguas de riego actualmente proceden de puntos de afloramientos del acuífero en los cortes hidrogeológicos generados por los torrentes de Xamora y Catllar. En los últimos 50 años, se ha producido una disminución de los caudales y un aumento del porcentaje del agua residual bruta de los caudales de riego. Dada la falta de agua neta para riego de las últimas décadas, las huertas se han tenido que dedicar a los cultivos frutales.

Cada finca particular no tiene toda la superficie dedicada a un mismo cultivo, con lo que implica que la dotación y el sistema de riego no son homogéneos dentro de una misma parcela.

Actualmente el cultivo mayoritario es el Avellano (76%) seguido de la huerta (20%) y el olivo (4%). De acuerdo con la previsión de aumento de la capacidad productiva y la rentabilidad de los regadíos se han establecido dos tipos de alternativa de cultivos para estimar las necesidades hídricas y las dotaciones de riego.

4.2 DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA TIPO

A la hora de establecer los cultivos y su sucesión en la parcela se consideran las preferencias de los agricultores de la zona, así como los condicionantes que suponen los cultivos actuales y las limitaciones físicas (suelos, climatología). La elección de los cultivos elegidos en la rotación se ha de basar principalmente en factores económicos, sin olvidar los siguientes aspectos:

- Duración de los ciclos, requerimientos ambientales de la especie y adaptabilidad a condiciones climáticas.
- Tiempo requerido para las operaciones previas al establecimiento del cultivo.
- Características ecológicas y de manejo de los distintos cultivos.
- Aprovechamiento y conservación de los recursos.

Se trata de conseguir una adecuada intensificación de la superficie disponible, maximizando la rentabilidad de la explotación. La distribución de cultivos con sus respectivos porcentajes de ocupación para el cálculo de las necesidades hídricas y de acuerdo con los condicionantes anteriormente citados es la siguiente:

TABLA 5. Alternativa de cultivos

CULTIVO	% OCUPACIÓN
Avellano	37
Olivo	50
Lechuga	6
Tomate	2
Patata	3
Pimiento	2
Cebolla de invierno	13

En la alternativa propuesta se ha incluido la huerta formada por lechuga, tomate, patata, pimiento y cebolla de invierno. A la hora de calcular las necesidades anuales se ha considerado en invierno toda la superficie de huerta ocupada tan solo por cebolla de invierno y en verano toda la superficie de huerta ocupada por lechuga, tomate, patata y pimiento.

Calcularemos las necesidades hídricas de ambas alternativas y escogeremos la más desfavorable.

En general, se trata de alternativas que refleja las perspectivas tanto actuales como futuras de los agricultores de la zona, formada por cultivos con los que el agricultor está ya familiarizado, tanto en las labores de cultivo como con los canales de adquisición de materiales y de ventas de productos, así como por su rentabilidad económica.

4.3 CICLOS DE CULTIVO

En la siguiente tabla se presenta las fechas aproximada de siembra, plantación, así como las de recolección de los cultivos de huerta seleccionados:

TABLA 6. Cultivos para la alternativa. Ciclos

CULTIVO	Fecha siembra o plantación	Fecha siega/recolección
Lechuga	Abril	Junio
Tomate	Abril	Septiembre
Patata	Abril	Agosto
Pimiento	Abril	Agosto
Cebolla invierno	Octubre	Abril

La representación temporal de la presencia, a efectos de consumo de agua, de estos cultivos en la alternativa, es la siguiente:

TABLA 7. Representación temporal de consumos de agua de los cultivos

CULTIVO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Avellano												
Olivo												
Lechuga												
Tomate												
Patata												
Pimiento												
Cebolla Invierno												

5 EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS

En este apartado se calcula la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc). Las mismas se refieren a la evapotranspiración de un cultivo que se desarrolla libre de enfermedades, con buena fertilización, que crece en un campo extenso bajo condiciones óptimas de humedad en el suelo y el cual alcanza su producción total bajo ciertas condiciones climáticas. La evapotranspiración de un cultivo será diferente a la del cultivo de referencia (ET0) en la medida en que sus características de cobertura del suelo, propiedades de la vegetación y resistencia aerodinámica difieran de las correspondientes al pasto. Los efectos de las características que distinguen la superficie cultivada de la superficie de referencia se integran en el coeficiente del cultivo (Kc). Para determinar ETc se multiplica ET0 por el coeficiente de cultivo, obteniendo la siguiente expresión:

$$ET_c = K_c \cdot ET_0$$

donde

ETc Evapotranspiración del cultivo (mm·día-1)

Kc Coeficiente del cultivo (adimensional)

ET0 Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm·día-1)

Siguiendo la metodología de la FAO en su Manual nº 56 de Riego y Drenaje, se presentan dos enfoques de cálculo del coeficiente de cultivo: un enfoque con un coeficiente único donde las diferencias entre el cultivo y el pasto de referencia se combinan dentro de un coeficiente sencillo (K_c); y un enfoque dual del coeficiente del cultivo, donde se divide en dos factores que describen por separado las diferencias en la evaporación y en la transpiración entre el cultivo y el pasto de referencia.

El procedimiento del coeficiente único de cultivo es el que se utiliza por ser más adecuado para la planificación y diseño de una zona regable, empleándose el procedimiento dual del cultivo en aquellos tipos de cálculos donde se requieran estimaciones detalladas de la evaporación en el suelo, tales como en los calendarios de riego en tiempo real, las aplicación de modelos de calidad del agua y la investigación en general.

5.1 COEFICIENTES DE CULTIVO (K_c)

La mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de ET_0 . Por tanto, mientras ET_0 representa un indicador de la demanda climática, el valor de K_c varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima. Esto permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas, aunque siempre será más exacto y preciso contar con valores de estudios de los coeficientes de cultivos que se desarrollen en una zona a nivel local.

Factores que determinan el coeficiente del cultivo

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente de cultivo. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectarán al valor del coeficiente K_c . Por último, debido a que la evaporación es un componente de la evapotranspiración del cultivo, los factores que afecten la

evaporación en el suelo también afectarán al valor K_c . Por consiguiente los factores que determinan el valor de K_c son los siguientes:

Tipo de cultivo

Debido a las diferencias en albedo, altura del cultivo, propiedades aerodinámicas, así como a las características de los estomas y hojas de las plantas, se presentarán diferencias entre la evapotranspiración de un cultivo bien desarrollado y regado y la de referencia ET_0 . También los espaciamientos entre plantas, la altura y rugosidad de la superficie producen que los cultivos hortícolas presenten coeficientes K_c mayores a 1. En cambio, las especies leñosas (respuesta de los estomas a las condiciones ambientales, la posición y su número así como la resistencia de la cutícula a la transferencia de vapor de agua) determinan que sea menor la pérdida de agua y por tanto, el coeficiente K_c sea menor de la unidad.

Clima

Los valores de K_c que se presenta en la monografía de la FAO nº 56 son valores medios típicos que se pueden esperar bajo condiciones climáticas estándar, las cuales son definidas como aquellas condiciones correspondientes a climas sub-húmedos, con una humedad relativa mínima diaria $\sim 45\%$ y con velocidades de viento bajas a moderadas, con un promedio de $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Si las condiciones climáticas se desvían de las anteriores el valor de K_c también lo hace. Si el régimen de vientos aumenta su velocidad y la humedad relativa disminuye el valor de K_c aumenta. Por el contrario si el régimen de vientos disminuye su velocidad y la humedad relativa aumenta el valor de K_c es inferior al determinado en condiciones estándar.

Evaporación del suelo

Cuando el cultivo cubre y sombrea completamente el terreno la evaporación del suelo es relativamente baja. Pero en los casos en que el cultivo ocupa y sombrea una superficie del terreno pequeña (estados iniciales) el valor de K_c depende en gran medida de la evaporación del suelo y por tanto de las condiciones de humedad de éste que a su vez están determinadas por la frecuencia de riego o de lluvia. En el caso de suelo húmedo la evaporación puede ser considerable

y Kc superar el valor de 1. En caso contrario y con el suelo seco la evaporación está restringida y Kc puede alcanzar valores del orden de 0,1.

Etapas del crecimiento del cultivo

A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar variarán progresivamente. Debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo, el valor de Kc correspondiente a un cultivo determinado, también variará a lo largo del período de crecimiento del mismo. Este período de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, desarrollo, mediados de temporada y de final de temporada.

Una vez analizado todos los factores que determinan el valor del coeficiente de cultivo, se adoptarán los siguientes valores para cada uno de los cultivos que componen la alternativa, los valores empleados para los cultivos leñosos (Avellano y Olivo), se han obtenido de publicaciones realizadas por el “Institut de Reserca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA)” y la F.A.O. referidos a lugares de similares condiciones a las de Valls. Los coeficientes de cultivo de las hortalizas se han obtenido de la monografía nº 56 de la F.A.O. completando los cálculos del Kc inicial a partir del método de Doorenbos y Pruitt (1.977) que considera el intervalo entre lluvias en la fase inicial.

Para el cálculo del intervalo medio entre lluvias se ha empleado el método de Villalobos y Ferreres (1.989) que corrige el intervalo medio entre lluvias con un factor en el que interviene la frecuencia media de días de lluvia durante el período considerado.

En el caso del olivo que es de hoja perenne los Kc invernales pueden ser superiores a los de frutales de hoja caduca. En zonas de clima mediterráneo como Valls, el Kc es máximo en el invierno y mínimo durante el verano, ya que el árbol cierra estomas cuando la humedad relativa del aire es baja como respuesta al elevado déficit de presión de vapor, independientemente del contenido de agua en el suelo.

En el caso de los cultivos leñosos se estima el porcentaje de suelo cubierto superior al 50% de manera que el coeficiente reductor (Kr) del coeficiente de cultivo sea igual a 1, de esta manera tendremos un margen de seguridad al calcular las necesidades de riego.

A continuación exponemos los valores de Kc empleados para calcular las necesidades de riego de los cultivos:

TABLA 8. Valores de Kc para los cultivos

Kc	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Avellano	0	0	0,3	0,5	0,65	0,7	0,85	0,8	0,75	0,65	0	0
Olivo	0,63	0,63	0,63	0,63	0,585	0,585	0,495	0,495	0,585	0,63	0,63	0,63
Lechuga	0	0	0	0,63	0,95	1,04	0	0	0	0	0	0
Tomate	0	0	0	0,55	0,77	1,1	1,25	1,1	0,93	0	0	0
Patata	0	0	0	0,55	0,83	1,1	1,16	0,94	0	0	0	0
Pimiento	0	0	0	0,55	0,81	1	1,06	0,93	0	0	0	0
Cebolla	1,1	1,1	1,1	1,09	0	0	0	0	0	0,72	0,93	1,1

Finalmente se obtiene la ETc (mm/mes), mostrándose a continuación una tabla resumen para cada cultivo:

5.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETc)

La evapotranspiración del cultivo se calcula multiplicando la ET₀ por Kc, tal y como se ha comentado. A continuación se muestran los valores de la ETc (mm/mes) para cada cultivo.

TABLA 9. Valores de ETc (mm/mes) para los cultivos

ETc (mm/mes)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Avellano	0	0	20,38	46,66	74,87	98,09	135,13	111,66	71,30	40,55	0	0	598,63
Olivo	22,59	28,74	42,79	58,79	67,38	81,98	78,70	69,09	55,61	39,30	27,18	21,59	593,73
Lechuga	0	0	0	58,79	109,42	145,74	0	0	0	0	0	0	313,95
Tomate	0	0	0	51,33	88,69	154,14	198,73	153,54	88,41	0	0	0	734,83
Patata	0	0	0	51,33	95,60	154,14	184,42	131,21	0	0	0	0	616,69
Pimiento	0	0	0	51,33	93,30	140,13	168,52	129,81	0	0	0	0	583,08
Cebolla	39,44	50,18	74,71	101,72	0	0	0	0	0	44,91	40,13	37,70	388,79

6 NECESIDADES HÍDRICAS NETAS DE LOS CULTIVOS

Las necesidades de riego (o demanda neta de riego) pueden obtenerse a partir del balance hídrico de entradas y salidas. Estas necesidades constituyen la cantidad de agua que se ha de suministrar a la zona radical del cultivo mediante el riego, independiente del método con que se lleve a cabo el riego de la planta. La ecuación del balance hídrico se expresa con la siguiente igualdad:

$$NHn = (ETc + Pp + Es) - (Pe + Ge + Es') + \Delta W$$

donde

NHn Necesidades de riego netas (mm)

Pe Precipitación efectiva (mm)

Ge Ascenso capilar (mm)

Es y Es' Escorrentía superficial de entradas y salidas (mm)

ETc Evapotranspiración del cultivo con fines de diseño (mm)

Pp Percolación profunda (mm)

ΔW Variación de la reserva de agua en el suelo (mm)

Teniendo en cuenta que el ascenso capilar, la percolación profunda y la reserva de agua en el suelo son nulas, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$NHn = ETc - Pe$$

Tal y como se ha calculado en el apartado 2.2.1 la precipitación efectiva calculada por el método del porcentaje fijo es la siguiente:

TABLA 10. Valores de Precipitación efectiva (mm/mes) para la alternativa. Método porcentaje fijo.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Pe (mm)	21,6	18,9	18,1	28,5	38,7	23,5	10,0	28,0	48,0	45,2	41,7	27,2	349,5

Es importante distinguir entre las necesidades hídricas de los cultivos por independiente y las necesidades hídricas de toda la alternativa, obtenidas a partir de las necesidades hídricas de los cultivos y realizando una media ponderada en función de la superficie que ocupa cada uno. La

siguiente tabla muestra las necesidades hídricas netas mensuales resultantes para los cultivos propuestos.

TABLA 11. Valores de NHnetas de los cultivos (mm/mes)

NHnetas (mm/mes)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Avellano	0	0	0	8,65	24,47	66,32	121,16	74,25	10,27	0	0	0	305,12
Olivo	0	2,87	17,95	20,78	16,98	50,21	64,73	31,68	0	0	0	0	205,20
Lechuga	0	0	0	20,78	59,02	113,97	0	0	0	0	0	0	193,77
Tomate	0	0	0	13,32	38,29	122,37	184,76	116,13	27,38	0	0	0	502,24
Patata	0	0	0	13,32	45,20	122,37	170,45	93,80	0	0	0	0	455,13
Pimiento	0	0	0	13,32	42,90	108,36	154,55	92,40	0	0	0	0	411,52
Cebolla	10,09	24,31	49,87	63,71	0	0	0	0	0	0	0	1,25	149,22

Las necesidades hídricas máximas de los cultivos en (mm/día) serían:

TABLA 12. Valores de NHnetas de los cultivos (mm/día)

NHnetas (mm/mes)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Avellano	0,00	0,00	0,00	0,29	0,79	2,21	3,91	2,40	0,34	0,00	0,00	0,00
Olivo	0,00	0,10	0,58	0,69	0,55	1,67	2,09	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Lechuga	0,00	0,00	0,00	0,69	1,90	3,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tomate	0,00	0,00	0,00	0,44	1,24	4,08	5,96	3,75	0,91	0,00	0,00	0,00
Patata	0,00	0,00	0,00	0,44	1,46	4,08	5,50	3,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimiento	0,00	0,00	0,00	0,44	1,38	3,61	4,99	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00
Cebolla	0,33	0,87	1,61	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04

Una vez calculadas las necesidades hídricas netas de los cultivos que componen la alternativa podremos calcular las necesidades de la alternativa en su conjunto en función de la superficie ocupada por cada cultivo. A continuación se muestra una tabla con los resultados:

Alternativa Tipo:

TABLA 13. Valores de NH de la alternativa Tipo (m³/ha.mes)

NH m³/ha.mes	ENE	FFEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total (m³/ha. año)	Total Bruto (m³/ha. año)
Avellano	0	0	0	86,5	244,67	663,21	1211,63	742,54	102,65	0	0	0	3.051	3390
Olivo	0	28,706	179,496	207,816	169,803	502,0605	647,251	316,821	0	0	0	0	2.052	2280
Lechuga	0	0	0	207,816	590,21	1139,652	0	0	0	0	0	0	1.938	2153
Tomate	0	0	0	133,16	382,886	1223,73	1847,55	1161,28	273,758	0	0	0	5.022	5580
Patata	0	0	0	133,16	451,994	1223,73	1704,468	937,952	0	0	0	0	4.451	4946
Pimiento	0	0	0	133,16	428,958	1083,6	1545,488	923,994	0	0	0	0	4.115	4572
Cebolla	100,85	243,12	498,72	637,088	0	0	0	0	0	0	0	12,47	1.492	1658
NHnetas alternativa	13,11	45,96	154,58	240,52	240,64	647,66	890,92	502,99	43,46	0,00	0,00	1,62	2.781	
NHbrutas alternativa	14,57	51,07	171,76	267,25	267,38	719,62	989,91	558,88	48,28	0,00	0,00	1,80		3.091

7 NECESIDADES HÍDRICAS BRUTAS DE LOS CULTIVOS. EFICIENCIA DE APLICACIÓN

Adaptadas las necesidades netas al riego localizado a través de los coeficientes y de las ecuaciones correspondientes, éstas deben de corregirse por otros conceptos (uso de aguas salinas, pérdidas por percolación profunda y la uniformidad de riego en parcela que garantiza que las plantas que menos agua reciban dispongan de suficiente cantidad para satisfacer las necesidades estimadas). Las necesidades brutas de riego quedarán de la siguiente manera.

Nb = (Nn / ((1 - FL) * CU))

donde

- Nb Necesidades brutas de riego (mm)
- FL Fracción de lavado (10%)
- CU Coeficiente de uniformidad (90%)

7.1 DOTACIONES ANUALES

Alternativa Tipo:

TABLA 14. Valores de NHbrutas de la alternativa Tipo (m³/ha.mes)

m³/ha.mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
NHnetas alternativa	13,11	45,96	154,58	240,52	240,64	647,66	890,92	502,99	43,46	0,00	0,00	1,62	2.781
NHbrutas alternativa	14,57	51,07	171,76	267,25	267,38	719,62	989,91	558,88	48,28	0,00	0,00	1,80	3.091

A partir de las necesidades hídricas netas podemos obtener las necesidades hídricas brutas, y a partir de estas, considerando los porcentajes de superficie ocupada, podemos obtener las necesidades de la alternativa de cultivos.

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos:

TABLA 15. Necesidades brutas de agua de la alternativa Tipo 1

CULTIVO	NHn alternativa (m³/ha-año)	NHb alternativa (m³/ha-año)	% Ocupación
Avellano	3.051	3390	37
Olivo	2.052	2280	50
Lechuga	1.938	2153	6
Tomate	5.022	5580	2
Patata	4.451	4946	3
Pimiento	4.115	4572	2
Cebolla	1.492	1658	13

Podríamos agrupar los cultivos de hortícolas dentro de lo que se denomina huerta y distinguir entre el consumo de la huerta en verano, en invierno y la media anual:

- Dotación huerta verano: 3.697 m³/ha año
- Dotación huerta invierno: 1658 m³/ha año
- Dotación media anual huerta: 2.678 m³/ha año

Teniendo en cuenta que el riego es con aguas residuales se necesitará un 15 % más de agua como fracción de lavado. Para no sobredimensionar la red se ha considerado que en el mes de máximas necesidades, Julio no se utiliza la fracción de lavado. De manera que obtenemos unas necesidades hídricas de la alternativa en m³/ha.mes. :

TABLA 16. Valores de NH de la alternativa Tipo (m³/ha.mes)

m ³ /ha.mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
NHnetas alternativa lavado	15,08	52,85	177,77	276,60	276,73	744,80	890,92	578,44	49,97	0,00	0,00	1,86	3.199
NHbrutas alternativa lavado	16,75	58,72	197,52	307,34	307,48	827,56	989,91	642,71	55,53	0,00	0,00	2,07	3.554

Agrupando los cultivos nos encontraríamos con las siguientes dotaciones:

- Dotación huerta verano: 4.252 m³/ha año
- Dotación huerta invierno: 1.907 m³/ha año
- Dotación media anual huerta: 3079 m³/ha año

Alternativa Tipo:

- Consumo total anual: 1.290.102 m³/año
- Dotación anual: 3.554 m³/ha.año
- Mes de máximas Necesidades: Julio
- Máximo consumo bruto diario: 11.575,62 m³/día
- Máxima dotación bruta diaria: 31,93 m³/ha.día
- Máxima dotación bruta mensual: 989,91 m³/ha.mes

8 CAUDAL FICTICIO CONTINUO

El Caudal ficticio continuo puede definirse como el caudal estricto que habría que suministrar por ha. de terreno para hacer frente a las necesidades de agua de las plantas, si se regase de manera continua durante la totalidad del tiempo disponible. Este valor está siempre referido al período de punta de consumo de la campaña de riegos y a los valores medios de la alternativa de cultivos prevista.

Alternativa Tipo

- Máxima dotación bruta mensual: 989,91 m³/ha.mes

- Caudal ficticio continuo: 0,37 l/s.ha

Por tanto adoptaremos el valor de 0,37 l/s.ha para el cálculo de las dotaciones requeridas en hidrante y para el dimensionado de la red de conducciones.

9 DOTACIONES DE CULTIVO

Se han diferenciado para las dotaciones en hidrante los cultivos de huerta y los cultivos leñosos, obteniéndose unas dotaciones de 0,74 l/s.ha para leñosos y de 1,41 l/s.ha para cultivos de huerta.

Los cálculos se pueden ver en el ANEXO IV.

10 PREVISIÓN DE FUTURO

Valls es cuna de un típico manjar catalán de temporada llamado calcot, unas cebollas dulces y largas con las cuales se celebra la calcotada, estas cebollas son las que se han tomado en cuenta a la hora de realizar la alternativa de cultivo y estas pueden ser las causantes de que al ser cada vez más conocidas y rentables se incremente la superficie de huerta en la zona, por tanto se ha decidido hacer una previsión de posibles de necesidades hídricas en el futuro aumentando la superficie de huerta del 13 al 25 % . A la hora de establecer los cultivos y su sucesión en la parcela se han tenido en cuenta las mismas consideraciones que con la alternativa de cultivo elegida para el estudio:

TABLA 17. Alternativa de cultivos

CULTIVO	% OCUPACIÓN
Avellano	57
Olivo	18
Lechuga	1
Tomate	1
Patata	1
Pimiento	22
Cebolla de invierno	25

En la alternativa propuesta se ha incluido la huerta formada por lechuga, tomate, patata, pimiento y cebolla de invierno. A la hora de calcular las necesidades anuales se ha considerado en invierno toda la superficie de huerta ocupada tan solo por cebolla de invierno y en verano toda la superficie de huerta ocupada por lechuga, tomate, patata y pimiento.

Al ser la misma rotación de cultivos estos tendrán los Kc calculados antes.

Las necesidades hídricas máximas de los cultivos en (mm/día) serían:

TABLA 18. Valores de NHnetas de los cultivos (mm/día)

NHnetas (mm/mes)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Avellano	0	0	0	0.29	0,79	2,68	3,91	2,40	0,34	0	0	0
Olivo	0	0,10	0,58	0,69	0,55	1,46	2,09	1,02	0	0	0	0
Lechuga	0	0	0	0,69	1,90	3,75	0	0	0	0	0	0
Tomate	0	0	0	0,44	1,24	4,17	5,96	3,75	0,91	0	0	0
Patata	0	0	0	0,44	1,46	4,31	5,50	3,03	0	0	0	0
Pimiento	0	0	0	0,44	1,38	4,08	4,99	2,98	0	0	0	0
Cebolla	0,33	0,87	1,61	2,12	0	0	0	0	0	0	0	0,04

Una vez calculadas las necesidades hídricas netas de los cultivos que componen la alternativa podremos calcular las necesidades de la alternativa en su conjunto en función de la superficie ocupada por cada cultivo. A continuación se muestra una tabla con los resultados:

Alternativa Tipo:

TABLA 19. Valores de NH de la alternativa Tipo (m³/ha.mes)

NH m³/ha.mes	ENE	FFEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total (m³/ha. año)	Total Bruto (m³/ha. año)
Avellano	0	0	0	86,5	244,67	803,34	1211,63	742,54	102,65	0	0	0	3.191	3546
Olivo	0	28,706	179,496	207,816	169,803	439,002	647,251	316,821	0	0	0	0	1.989	2210
Lechuga	0	0	0	207,816	590,21	1125,639	0	0	0	0	0	0	1.924	2137
Tomate	0	0	0	133,16	382,886	1251,756	1847,55	1161,28	273,758	0	0	0	5.050	5612
Patata	0	0	0	133,16	451,994	1293,795	1704,468	937,952	0	0	0	0	4.521	5024
Pimiento	0	0	0	133,16	428,958	1223,73	1545,488	923,994	0	0	0	0	4.255	4728
Cebolla	100,85	243,12	498,72	637,088	0	0	0	0	0	0	0	12,47	1.492	1658
NHnetas alternativa	25,21	65,95	156,99	280,02	278,65	842,86	1.182,66	704,55	61,25	0,00	0,00	3,12	3.601	
NHbrutas alternativa	28,01	73,27	174,43	311,13	309,61	936,51	1.314,07	782,83	68,05	0,00	0,00	3,46		4.001

10.1 NECESIDADES HÍDRICAS BRUTAS DE LOS CULTIVOS. EFICIENCIA DE APLICACIÓN

Adaptadas las necesidades netas al riego localizado a través de los coeficientes y de las ecuaciones correspondientes, éstas deben de corregirse por otros conceptos (uso de aguas salinas, pérdidas por percolación profunda y la uniformidad de riego en parcela que garantiza que las plantas que menos agua reciban dispongan de suficiente cantidad para satisfacer las necesidades estimadas). Las necesidades brutas de riego quedarán de la siguiente manera.

$$N_b = \frac{N_n}{(1 - FL) \cdot CU}$$

donde

- Nb Necesidades brutas de riego (mm)
- FL Fracción de lavado (10%)
- CU Coeficiente de uniformidad (90%)

10.1.1 DOTACIONES ANUALES

Alternativa Tipo:

TABLA 20. Valores de NHbrutas de la alternativa Tipo (m³/ha.mes)

m³/ha.mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
NHnetas alternativa	25,21	65,95	156,99	280,02	278,65	842,86	1.182,66	704,55	61,25	0,00	0,00	3,12	3.601
NHbrutas alternativa	28,01	73,27	174,43	311,13	309,61	936,51	1.314,07	782,83	68,05	0,00	0,00	3,46	4.001

A partir de las necesidades hídricas netas podemos obtener las necesidades hídricas brutas, y a partir de estas, considerando los porcentajes de superficie ocupada, podemos obtener las necesidades de la alternativa de cultivos.

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos:

TABLA 21. Necesidades brutas de agua de la alternativa Tipo 1

CULTIVO	NHn alternativa (m ³ /ha-año)	NHb alternativa (m ³ /ha-año)	% Ocupación
Avellano	3.191	3546	57
Olivo	1.989	2210	18
Lechuga	1.924	2137	1
Tomate	5.050	5612	1
Patata	4.521	5024	1
Pimiento	4.255	4728	22
Cebolla	1.492	1658	25

- Dotación huerta invierno: 1.907 m³/ha año
- Dotación media anual huerta: 3.514 m³/ha año

Alternativa Tipo:

- Consumo total anual: 1.598.652 m³/año
- Dotación anual: 4.404 m³/ha.año
- Mes de máximas Necesidades: Julio

Podríamos agrupar los cultivos de hortalizas dentro de lo que se denomina huerta y distinguir entre el consumo de la huerta en verano, en invierno y la media anual:

- Dotación huerta verano: 4.672 m³/ha año
- Dotación huerta invierno: 1.658 m³/ha año
- Dotación media anual huerta: 3.165 m³/ha año

Teniendo en cuenta que el riego es con aguas residuales se necesitará un 15 % más de agua como fracción de lavado. Para no sobredimensionar la red se ha considerado que en el mes de máximas necesidades, Julio no se utiliza la fracción de lavado. De manera que obtenemos unas necesidades hídricas de la alternativa en m³/ha.mes. :

TABLA 22. Valores de NH de la alternativa Tipo (m³/ha.mes)

m ³ /ha.mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
NHnetas alternativa													3.964
lavado	28,99	75,84	180,54	322,02	320,45	969,29	1.182,66	810,23	70,44	0,00	0,00	3,59	
NHbrutas alternativa													4.404
lavado	32,22	84,27	200,60	357,80	356,05	1.076,98	1.314,07	900,25	78,26	0,00	0,00	3,98	

Agrupando los cultivos nos encontraríamos con las siguientes dotaciones:

- Dotación huerta verano: 5.122 m³/ha año

ANEXO I: DATOS CLIMÁTICOS

TABLA 1. TEMPERATURAS MÁXIMAS (°C)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	12,6	17,6	18,7	19,3	24,6	26,4	31,3	30,2	26	21,9	15,9	11,6
1991	12,8	12,8	18,1	18	21,3	26,6	30,6	31,7	27,3	20,1	15,8	12,9
1992	10,2	13,8	16,7	20,2	23,2	23,1	28,5	29,7	25,3	19,5	18,8	13,7
1993	12,6	12,7	15,7	19,1	22,7	27,8	29	30,3	24,6	19,2	15	14,4
1994	13,8	14,8	19,7	19	23,7	28	32,4	32,2	25,4	20,7	18,6	14,7
1995	14,6	17,8	18,1	20,5	23,6	26,3	30,8	29,7	25,2	24	18	14,5
1996	14,4	13,9	16,8	19,9	22,9	27,8	29,9	27,7	24,9	22,5	16,8	13,5
1997	12,9	17,5	21,1	21,1	24	26,3	28,7	29,8	27	24,2	17,1	13,2
1998	13,7	16,6	19,4	19,7	23,4	26,7	29,8	30,1	26	22,1	16,2	14,2
1999	14,1	15,1	17,9	20,7	24	26,1	29,4	30,3	27	22	14,5	14,2
2000	12,1	17,6	18,8	19,36	24,3	27,1	29,1	30,8	27	21,7	15,8	15
2001	14,3	15,8	20,7	20,4	24,1	28,5	29,4	31,5	25,3	23,8	14,4	10,7
2002	12,9	16,7	17,1	18,7	21,1	27,7	29,1	28,3	25,6	22,6	18,2	14,8
2003	13	11,8	18	19,5	22,9	30,3	30,3	33,2	25,8	19,6	16,6	13,2
2004	12,9	13,5	18,1	18,7	22,2	28,1	28,9	30,5	27,7	23,9	16,1	13,7
2005	12,4	12	15,8	19,7	25,7	28,8	30,3	28,4	25,7	21,6	15,2	11,3
2006	10,8	13,3	17,5	21,3	24,4	27,4	31,8	29,7	26,4	23,7	18,7	13,1
Media	12,9	14,9	18,1	19,7	23,4	27,2	30,0	30,2	26,0	21,9	16,6	13,5

TABLA 2. TEMPERATURAS MÍNIMAS (°C)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	2,9	7,5	5,8	7,4	11,2	15,7	17,8	18,2	15	12	6,6	1,9
1991	2,6	1,5	5,5	5,2	7,6	13	16,2	18	15,5	8,3	6,1	5,5
1992	0,8	1,7	5	6,6	11,2	12,4	15,5	18,3	16,2	11,4	7,6	5,4
1993	2,1	2,5	4,8	6,7	10,8	14,2	15,9	16,7	13,1	9,3	6,5	5
1994	4,7	4	5,2	6,9	11,6	14	18	18,9	14,1	11,5	8,6	5,3
1995	4,1	5,1	4,3	5,9	10,2	14	17,7	18,3	13,8	12,3	7,6	6
1996	6,3	3,2	5,1	7,4	9,4	14,1	16,2	16,2	12,2	8,8	7,3	5,3
1997	4,5	4,2	4,8	7,6	10,8	14,8	15,9	17,8	14,8	12,6	7,1	5,9
1998	5,5	4,2	5,7	6,9	10,9	15	17,7	17,4	15,6	10,1	4,5	2,8
1999	3,5	2,9	5,2	7,2	12,6	15,1	17,7	20	15,3	11,1	4,6	3,4
2000	0,7	4,3	5,5	8,1	12,9	15,2	17,1	17,7	15,8	11,4	6,69	5,7
2001	4,9	4,4	8,1	7,9	11,4	15,4	17,4	19,4	14	12,7	5,5	1,5
2002	2,8	3,7	6,3	7	9,7	14,1	17,2	17,3	15,4	11,9	8,5	6,8
2003	4,3	4,1	5,1	7,9	12,1	17,6	19,4	19,7	15,4	11,2	8,3	4,9
2004	3,4	2,8	5,5	7,4	10,2	16	18,2	20,1	17,3	12,6	5,9	5,8
2005	1,6	2,2	4,9	8,4	11,5	16,4	19,3	18,3	14,5	12,7	7,4	2,2
2006	3	2,2	7,3	9,3	12,3	14,4	18,8	17,6	16,3	13,4	8,8	2,9
Media	3,4	3,6	5,5	7,3	11,0	14,8	17,4	18,2	15,0	11,4	6,9	4,5

TABLA 3. TEMPERATURAS MEDIAS (°C)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	7,8	12,6	12,3	13,4	17,9	21,1	24,6	24,2	20,5	17,0	11,3	6,8
1991	7,7	7,2	11,8	11,6	14,5	19,8	23,4	24,9	21,4	14,2	11,0	9,2
1992	5,5	7,8	10,9	13,4	17,2	17,8	22,0	24,0	20,8	15,5	13,2	9,6
1993	7,4	7,6	10,3	12,9	16,8	21,0	22,5	23,5	18,9	14,3	10,8	9,7
1994	9,3	9,4	12,5	13,0	17,7	21,0	25,2	25,6	19,8	16,1	13,6	10,0
1995	9,4	11,5	11,2	13,2	16,9	20,2	24,3	24,0	19,5	18,2	12,8	10,3
1996	10,4	8,6	11,0	13,7	16,2	21,0	23,1	22,0	18,6	15,7	12,1	9,4
1997	8,7	10,9	13,0	14,4	17,4	20,6	22,3	23,8	20,9	18,4	12,1	9,6
1998	9,6	10,4	12,6	13,3	17,2	20,9	23,8	23,8	20,8	16,1	10,4	8,5
1999	8,8	9,0	11,6	14,0	18,3	20,6	23,6	25,2	21,2	16,6	9,6	8,8
2000	6,4	11,0	12,2	13,7	18,6	21,2	23,1	24,3	21,4	16,6	11,2	10,4
2001	9,6	10,1	14,4	14,2	17,8	22,0	23,4	25,5	19,7	18,3	10,0	6,1
2002	7,9	10,2	11,7	12,9	15,4	20,9	23,2	22,8	20,5	17,3	13,4	10,8
2003	8,7	8,0	11,6	13,7	17,5	24,0	24,9	26,5	20,6	15,4	12,5	9,1
2004	8,2	8,2	11,8	13,1	16,2	22,1	23,6	25,3	22,5	18,3	11,0	9,8
2005	7,0	7,1	10,4	14,1	18,6	22,6	24,8	23,4	20,1	17,2	11,3	6,8
2006	6,9	7,8	12,4	15,3	18,4	20,9	25,3	23,7	21,4	18,6	13,8	8,0
Media	8,2	9,2	11,8	13,5	17,2	21,0	23,7	24,2	20,5	16,7	11,7	9,0

TABLA 4. VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) MEDIDO A 10 m

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	4,0	4,6	3,8	3,9	3,0	2,9	2,8	2,7	3,4	2,4	3,8	4,4
1991	3,3	3,6	3,6	3,6	2,4	2,9	3,2	2,6	2,2	3,2	3,6	3,2
1992	2,9	3,2	2,8	2,8	2,3	2,8	2,5	2,4	2,6	1,5	4,0	3,3
1993	2,3	3,4	2,4	2,4	2,8	2,4	2,3	2,3	2,0	2,4	3,1	3,0
1994	4,0	3,0	2,0	2,0	2,2	2,0	2,3	1,6	1,9	2,5	2,5	3,0
1995	3,5	2,3	2,5	2,5	2,4	1,9	2,1	2,0	1,9	1,7	2,9	3,6
1996	3,4	3,1	2,2	2,2	1,9	1,8	2,0	2,5	2,4	2,3	3,3	3,3
1997	2,6	2,5	2,4	2,4	1,9	1,8	2,6	3,7	2,5	2,7	2,9	3,6
1998	3,3	3,2	2,7	2,7	2,4	2,3	2,5	2,5	2,4	2,3	3,3	3,4
1999	4,0	4,6	3,8	3,9	3,0	2,9	2,8	2,7	3,4	2,4	3,8	4,4
2000	3,3	3,6	3,6	3,6	2,4	2,9	3,2	2,6	2,2	3,2	3,6	3,2
2001	2,9	3,2	2,8	2,8	2,3	2,8	2,5	2,4	2,6	1,5	4,0	3,3
2002	2,3	3,4	2,4	2,4	2,8	2,4	2,3	2,3	2,0	2,4	3,1	3,0
2003	4,0	3,0	2,0	2,0	2,2	2,0	2,3	1,6	1,9	2,5	2,5	3,0
2004	3,5	2,3	2,5	2,5	2,4	1,9	2,1	2,0	1,9	1,7	2,9	3,6
2005	3,4	3,1	2,2	2,2	1,9	1,8	2,0	2,5	2,4	2,3	3,3	3,3
2006	2,6	2,5	2,4	2,4	1,9	1,8	2,6	3,7	2,5	2,7	2,9	3,6
Media	3,3	3,2	2,7	2,7	2,4	2,3	2,5	2,5	2,4	2,3	3,3	3,4

TABLA 5. HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	72	69	70	66	68	64	64	67	74	80	75	72
1991	75	72	70	69	72	73	65	69	76	74	72	76
1992	70	71	68	68	72	67	68	71	75	72	73	74
1993	70	70	71	64	67	63	61	72	74	76	79	67
1994	63	68	69	58	66	54	60	70	69	82	81	78
1995	59	65	60	66	62	62	64	71	71	85	76	80
1996	80	70	74	66	66	64	64	72	70	79	78	84
1997	88	77	76	75	73	72	72	74	84	74	79	76
1998	80	79	76	69	76	72	68	75	80	80	77	79
1999	80	71	77	74	79	75	66	67	74	76	77	70
2000	69	67	69	65	74	70	66	62	77	78	78	76
2001	78	69	69	66	68	64	66	64	76	79	67	68
2002	72	64	71	68	66	55	56	60	75	80	74	78
2003	68	79	75	71	68	67	71	65	80	81	81	74
2004	66	69	70	66	68	62	64	60	65	63	60	64
2005	60	52	60	54	53	55	56	62	67	77	73	67
2006	75	66	62	60	57	53	55	53	68	75	77	80
Media	72	69	70	66	68	64	64	67	74	77	75	74

TABLA 6. INSOLACIÓN (DÉCIMAS DE HORA)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	1.548	1.807	2.152	2.395	2.482	2.878	3.143	2.643	2.105	1.373	1.594	1.640
1991	1.253	1.507	2.152	2.504	2.604	2.946	3.032	1.473	1.996	1.838	1.546	1.060
1992	1.473	1.654	1.750	2.586	2.367	2.289	3.433	2.818	1.708	1.447	1.931	1.376
1993	1.829	1.677	1.882	2.081	2.411	3.056	3.100	2.641	2.050	1.754	1.151	1.669
1994	1.906	1.410	2.496	2.362	2.604	3.441	3.483	2.938	2.202	1.843	1.411	1.829
1995	1.772	1.972	2.561	2.396	2.457	2.450	3.005	2.205	1.914	1.813	1.717	1.191
1996	886	2.022	1.796	2.070	2.531	3.144	3.073	2.404	1.661	1.775	1.144	1.049
1997	1.434	1.987	2.754	2.304	2.375	2.389	3.194	2.878	2.125	2.105	1.221	1.068
1998	1.552	1.996	2.135	2.410	2.400	2.966	3.564	3.125	2.263	2.384	1.721	1.704
1999	1.789	1.972	2.062	2.509	2.367	2.670	3.235	2.493	2.262	1.821	1.630	1.582
2000	1.770	2.043	1.874	2.052	2.088	2.859	2.990	3.070	2.263	1.735	1.478	1.004
2001	1.164	1.933	2.085	2.638	2.268	3.288	2.724	2.759	1.993	1.594	1.535	1.559
2002	1.479	1.965	1.386	1.810	2.236	3.102	2.643	2.070	1.742	2.082	1.555	1.144
2003	1.452	1.204	2.334	2.383	2.803	2.783	3.213	3.055	2.105	1.341	1.343	1.682
2004	1.548	1.866	2.663	2.824	3.115	3.210	3.299	2.953	2.529	2.353	2.027	1.560
2005	2.022	2.059	2.239	2.756	2.984	2.708	3.211	2.385	2.406	1.954	1.669	1.991
2006	1.433	1.650	2.267	2.638	2.103	2.749	3.096	3.015	2.463	2.120	1.851	1.710
Media	1.548	1.807	2.152	2.395	2.482	2.878	3.143	2.643	2.105	1.843	1.560	1.460

TABLA 7. PRECIPITACIÓN (mm/mes)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1980	1,4	10,7	36,5	27,7	90,5	35,5	5,9	8,7	24,9	11,2	91,9	28,3	373,2
1981	15,7	54,0	39,6	55,7	42,3	142,5	8,7	22,6	71,6	6,3	0,0	13,9	472,9
1982	23,6	87,0	24,0	24,6	38,3	29,7	6,4	64,6	47,8	125,1	54,6	0,6	526,3
1983	0,0	31,1	15,3	8,5	18,3	27,0	2,2	57,5	27,9	12,3	147,7	46,4	394,2
1984	6,2	50,2	79,8	5,6	102,7	18,9	0,0	62,8	70,0	20,7	70,4	0,6	487,9
1985	19,6	8,5	16,6	37,0	59,9	25,5	16,2	17,4	2,7	37,5	106,1	20,2	367,2
1986	46,2	17,1	15,5	41,0	12,9	0,4	24,5	38,0	65,5	37,5	19,7	12,5	330,8
1987	51,0	26,8	19,3	12,8	41,5	11,6	21,0	7,6	6,4	212,7	25,4	79,1	515,2
1988	56,8	3,4	0,0	89,4	137,0	32,6	3,9	1,0	26,0	20,5	113,6	0,4	484,6
1989	4,9	35,6	44,4	57,0	55,3	5,3	2,2	117,1	75,7	17,2	183,2	19,2	617,1
1990	5,3	0,0	2,7	40,2	63,5	56,2	4,7	40,1	89,6	126,0	48,7	15,9	492,9
1991	35,1	26,1	24,0	12,4	57,7	11,5	18,0	17,2	72,1	21,4	49,5	67,6	412,6
1992	37,2	23,9	27,3	28,5	90,7	126,2	29,7	81,8	61,5	66,6	0,5	15,4	589,3
1993	0,0	35,2	24,0	45,1	45,7	11,7	29,7	30,3	96,4	56,9	23,7	0,2	398,9
1994	6,5	52,4	0,0	45,3	26,2	17,2	11,5	1,0	102,0	227,8	33,9	2,0	525,8
1995	2,6	10,2	2,4	62,9	9,2	15,5	4,8	94,4	72,8	51,9	62,9	90,4	480,0
1996	90,9	6,0	43,7	44,9	53,9	102,4	4,2	11,8	44,5	67,2	101,4	149,5	720,4
1997	158,2	5,2	10,0	29,4	34,2	62,0	30,8	51,8	103,8	11,2	39,2	143,0	678,8
1998	85,6	13,0	9,4	34,8	66,8	9,4	2,6	96,0	56,4	33,0	5,6	111,4	524,0
1999	35,8	7,2	26,6	30,8	85,0	14,7	37,8	7,6	91,2	87,4	49,6	1,4	475,1
2000	10,4	1,4	43,8	53,2	52,4	59,6	10,8	12,4	129,4	30,0	37,4	95,6	536,4
2001	10,6	14,8	22,8	49,4	32,8	1,6	79,0	0,0	66,2	64,6	76,2	10,2	428,2
2002	28,0	3,0	58,6	76,2	45,8	44,8	7,2	47,4	73,2	75,0	75,4	45,8	580,4
2003	14,6	99,2	27,2	10,8	98,0	27,8	2,2	70,0	70,4	159,4	99,4	16,2	695,2
2004	4,2	77,2	64,0	161,8	43,0	6,8	15,2	25,8	19,4	24,2	2,2	36,2	480,0
2005	0,6	24,2	11,8	3,4	80,2	8,6	6,8	65,4	151,2	85,4	85,4	5,4	528,4
2006	82,6	6,8	10,4	9,4	9,2	1,4	0,0	28,8	132,2	56,3	4,2	21,9	363,2
Media	30,9	27,0	25,9	40,7	55,3	33,6	14,3	40,0	68,5	64,6	59,5	38,9	499,22

TABLA 8. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET0) FAO PENMAN-MONTEITH (mm/día) (mm/mes)

Evapotranspiración de referencia (Eto). Ecuación FAO Penman-Monteith														
Datos a introducir		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
T _{max} (°C)		12.9	14.9	18.1	19.7	23.4	27.2	30.0	30.2	26.0	21.9	16.6	13.5	
T _{min} (°C)		3.4	3.6	5.5	7.3	11.0	14.8	17.4	18.2	15.0	11.4	6.9	4.5	
Viento (m/s)*		3.30	3.20	2.70	2.70	2.40	2.30	2.50	2.50	2.40	2.30	3.30	3.40	
Humedad (%)		72.0	69.0	70.0	66.0	68.0	64.0	64.0	67.0	74.0	77.0	75.0	74	
Insolación (decimas de hora)		1548	1807	2152	2395	2482	2878	3143	2643	2105	1843	1560	1460	
* Viento medido a 10 m de altura sobre el suelo														
Altitud (z):		222.0 m												
Latitud (φ) grados:		41 °												
Latitud (φ) minutos		17 ´												
Presión atmosférica (P)	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	98.70	kPa
Constante psicrométrica (γ)	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	kPa·°C ⁻¹
Presión de saturación de vapor e ^o (T _{max})	1.4880	1.6944	2.0770	2.2952	2.8781	3.6074	4.2431	4.2920	3.3614	2.6279	1.8892	1.5475	1.5475	kPa
Presión de satutación de vapor e ^o (T _{min})	0.7795	0.7906	0.9032	1.0227	1.3127	1.6835	1.9874	2.0901	1.7053	1.3480	0.9950	0.8423	0.8423	kPa
Presión media de vapor de saturación e _s	1.1338	1.2425	1.4901	1.6589	2.0954	2.6454	3.1152	3.1910	2.5334	1.9879	1.4421	1.1949	1.1949	kPa
Pendiente de la curva de presión saturación de vapor (Δ)	0.0738	0.0788	0.0915	0.1009	0.1243	0.1529	0.1764	0.1811	0.1488	0.1205	0.0912	0.0776	0.0776	kPa·°C ⁻¹
Presión real de vapor e _a	0.8163	0.8573	1.0431	1.0949	1.4249	1.6931	1.9937	2.1380	1.8747	1.5307	1.0816	0.8842	0.8842	kPa
Déficit de presión de vapor (e _s - e _a)	0.3175	0.3852	0.4470	0.5640	0.6705	0.9524	1.1215	1.0530	0.6587	0.4572	0.3605	0.3107	0.3107	kPa
Velocidad del viento a 2 m (u ₂)	2.468	2.393	2.019	2.019	1.795	1.720	1.870	1.870	1.795	1.720	2.468	2.543	2.543	m·s ⁻¹
Latitud en grados decimales (φ)	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	41.28	°D
Latitud en radianes (φ)	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	rad
Número de mes del año (M)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	
Número de día del año (J)	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349	349	día
Distancia relativa inversa Tierra-Sol (d _r)	1.0319	1.0232	1.0097	0.9923	0.9774	0.9683	0.9679	0.9762	0.9912	1.0080	1.0232	1.0318	1.0318	
Declinación solar (δ)	-0.3702	-0.2303	-0.0474	0.1658	0.3288	0.4068	0.3746	0.2390	0.0369	-0.1690	-0.3350	-0.4072	-0.4072	rad
Ángulo de radiación a la puesta del sol (ω _s)	1.2231	1.3634	1.5291	1.7183	1.8750	1.9588	1.9232	1.7864	1.6032	1.4204	1.2602	1.1824	1.1824	rad
Constante solar (G _{so})	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	MJ·m ⁻² ·min ⁻¹
Radiación extraterrestre (R _a)	14.220	19.636	26.646	34.321	39.604	41.862	40.768	36.405	29.414	21.774	15.474	12.785	12.785	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹
Radiación extraterrestre (R _a)	5.802	8.011	10.872	14.003	16.159	17.080	16.633	14.853	12.001	8.884	6.314	5.216	5.216	mm·día ⁻¹
Duración máxima de la insolación (N)	9.344	10.416	11.682	13.127	14.324	14.964	14.692	13.647	12.248	10.851	9.627	9.033	9.033	h·día ⁻¹
Duración real de la insolación (n)	4.99	6.45	6.94	7.98	8.01	9.59	10.14	8.52	7.02	5.95	5.20	4.71	4.71	h·día ⁻¹
Radiación solar (R _s)	7.3541	10.9930	14.5800	19.0176	20.9698	23.8852	24.2600	20.4716	15.7798	11.4086	8.0478	6.5292	6.5292	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹
Radiación solar (R _s)	3.0005	4.4851	5.9486	7.7592	8.5557	9.7451	9.8981	8.3524	6.4381	4.6547	3.2835	2.6639	2.6639	mm·día ⁻¹
Radiación solar en un día despejado (R _{so})	10.7284	14.8140	20.1030	25.8930	29.8791	31.5827	30.7568	27.4654	22.1914	16.4273	11.6746	9.6456	9.6456	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹
Radiación solar en un día despejado (R _{so})	4.3772	6.0441	8.2020	10.5643	12.1907	12.8857	12.5488	11.2059	9.0541	6.7024	4.7632	3.9354	3.9354	mm·día ⁻¹
Albedo (α)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	
Radiación neta solar (R _{ns})	5.6626	8.4646	11.2266	14.6435	16.1468	18.3916	18.6802	15.7631	12.1504	8.7846	6.1968	5.0275	5.0275	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹
Radiación neta solar (R _{ns})	2.3104	3.4536	4.5804	5.9746	6.5879	7.5038	7.6215	6.4313	4.9574	3.5841	2.5283	2.0512	2.0512	mm·día ⁻¹
Constante de Stefan-Boltzman	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	0.000000004903	MJ·K ⁻⁴ ·m ⁻² ·día ⁻¹
Radiación relativa de onda (R _s /R _{so})	0.6855	0.7421	0.7253	0.7345	0.7018	0.7563	0.7888	0.7454	0.7111	0.6945	0.6893	0.6769	0.6769	
Radiación neta de onda larga (R _{nl})	3.7786	4.2866	4.0188	4.1216	3.6096	3.8981	3.8843	3.4118	3.3054	3.3962	3.6529	3.6564	3.6564	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹
Radiación neta de onda larga (R _{nl})	1.5417	1.7489	1.6397	1.6816	1.4727	1.5904	1.5848	1.3920	1.3486	1.3856	1.4904	1.4918	1.4918	mm·día ⁻¹
Radiación neta (R _n)	1.8841	4.1780	7.2078	10.5220	12.5372	14.4934	14.7959	12.3513	8.8450	5.3885	2.5439	1.3711	1.3711	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹
Radiación neta (R _n)	0.7687	1.7046	2.9408	4.2930	5.1152	5.9133	6.0367	5.0393	3.6088	2.1985	1.0379	0.5594	0.5594	mm·día ⁻¹
Flujo de calor del suelo (G)	-0.119	0.154	0.357	0.238	0.518	0.532	0.378	0.070	-0.518	-0.539	-0.686	-0.385	-0.385	MJ·m ⁻² ·día ⁻¹
Flujo de calor del suelo (G)	-0.0486	0.0628	0.1457	0.0971	0.2113	0.2171	0.1542	0.0286	-0.2113	-0.2199	-0.2799	-0.1571	-0.1571	mm·día ⁻¹
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	1.16	1.63	2.19	3.11	3.72	4.67	5.13	4.50	3.17	2.01	1.44	1.11	1.11	mm·día ⁻¹
	35.85	45.62	67.92	93.32	115.18	140.13	158.98	139.58	95.06	62.38	43.15	34.27	34.27	mm·mes ⁻¹

ANEXO II: CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS

NECESIDADES HÍDRICAS NETAS DE LOS CULTIVOS

ET c (mm/mes)

Datos climáticos :

Estación meteorológica de Valls San Antoni

Mes	Eto (mm) Penman- Monteith	Precipitación Efectiva	
		Bureau of reclamation(mm)	
Enero	35,85	29,35	
Febrero	45,62	25,87	
Marzo	67,92	24,84	
Abril	93,32	38,01	
Mayo	115,18	50,4	
Junio	140,13	31,77	
Julio	158,98	13,97	
Agosto	139,58	37,41	
Septiembre	95,06	61,03	
Octubre	62,38	57,96	
Noviembre	43,15	53,87	
Diciembre	34,27	36,45	

Cultivos	Avellano	Olivo	Lechuga	Tomate	Patata	Pimiento	Cebolla
Enero	0,00	22,59	0,00	0,00	0,00	0,00	39,44
Febrero	0,00	28,74	0,00	0,00	0,00	0,00	50,18
Marzo	20,38	42,79	0,00	0,00	0,00	0,00	74,71
Abril	46,66	58,79	58,79	51,33	51,33	51,33	101,72
Mayo	74,87	67,38	109,42	88,69	95,60	93,30	0,00
Junio	98,09	81,98	145,74	154,14	154,14	140,13	0,00
Julio	135,13	78,70	0,00	198,73	184,42	168,52	0,00
Agosto	111,66	69,09	0,00	153,54	131,21	129,81	0,00
Septiembre	71,30	55,61	0,00	88,41	0,00	0,00	0,00
Octubre	40,55	39,30	0,00	0,00	0,00	0,00	44,91
Noviembre	0,00	27,18	0,00	0,00	0,00	0,00	40,13
Diciembre	0,00	21,59	0,00	0,00	0,00	0,00	37,70
Total	598,63	593,73	313,95	734,83	616,69	583,08	388,79

Necesidades Hídricas Netas (mm/mes)

Coeficientes de Cultivo Kc

Cultivos	Avellano	Olivo	Lechuga	Tomate	Patata	Pimiento	Cebolla Invierno
Enero	0	0,63	0	0	0	0	1,1
Febrero	0	0,63	0	0	0	0	1,1
Marzo	0,3	0,63	0	0	0	0	1,1
Abril	0,5	0,63	0,63	0,55	0,55	0,55	1,09
Mayo	0,65	0,585	0,95	0,77	0,83	0,81	0
Junio	0,7	0,585	1,04	1,1	1,1	1	0
Julio	0,85	0,495	0	1,25	1,16	1,06	0
Agosto	0,8	0,495	0	1,1	0,94	0,93	0
Septiembre	0,75	0,585	0	0,93	0	0	0
Octubre	0,65	0,63	0	0	0	0	0,72
Noviembre	0	0,63	0	0	0	0	0,93
Diciembre	0	0,63	0	0	0	0	1,1

Cultivos	Avellano	Olivo	Lechuga	Tomate	Patata	Pimiento	Cebolla
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,09
Febrero	0,00	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00	24,31
Marzo	0,00	17,95	0,00	0,00	0,00	0,00	49,87
Abril	8,65	20,78	20,78	13,32	13,32	13,32	63,71
Mayo	24,47	16,98	59,02	38,29	45,20	42,90	0,00
Junio	66,32	50,21	113,97	122,37	122,37	108,36	0,00
Julio	121,16	64,73	0,00	184,76	170,45	154,55	0,00
Agosto	74,25	31,68	0,00	116,13	93,80	92,40	0,00
Septiembre	10,27	0,00	0,00	27,38	0,00	0,00	0,00
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25
Total	305,12	205,20	193,77	502,24	445,13	411,52	149,22

ANEXO III: CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA

ALTERNATIVA TIPO

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS

PROYECTO: "Modernización del regadío de la Comunidad de Regantes de Valls"

Superficie total de riego: 363 ha

Eficiencia de aplicación de riego: 0,9

	Superficie %	Superficie (ha)
Avellano	37,00%	134,13
Olivo	50%	181,25
Lechuga	6,00%	21,75
Tomate	2,00%	7,25
Patata	3,00%	10,88
Pimiento	2,00%	7,25
Cebolla invierno	13,00%	47,13

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS NETAS DE LOS CULTIVOS (mm/día)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Avellano	0,00	0,00	0,00	0,29	0,79	2,21	3,91	2,40	0,34	0,00	0,00	0,00
Olivo	0,00	0,10	0,58	0,69	0,55	1,67	2,09	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Lechuga	0,00	0,00	0,00	0,69	1,90	3,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tomate	0,00	0,00	0,00	0,44	1,24	4,08	5,96	3,75	0,91	0,00	0,00	0,00
Patata	0,00	0,00	0,00	0,44	1,46	4,08	5,50	3,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimiento	0,00	0,00	0,00	0,44	1,38	3,61	4,99	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00
Cebolla invierno	0,33	0,87	1,61	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA (mm/día)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NHnetas	0,04	0,16	0,50	0,80	0,78	2,16	2,87	1,62	0,14	0,00	0,00	0,01
NHbrutas	0,05	0,18	0,55	0,89	0,86	2,40	3,19	1,80	0,16	0,00	0,00	0,01

Período de Máximas Necesidades

Mes:	Julio
------	-------

NHnetas:	2,87	mm/día
NHbrutas:	3,19	mm/día

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA (m³/día)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Avellano	0,0	0,0	0,0	386,7	1.058,6	2.965,1	5.242,3	3.212,7	458,9	0,0	0,0	0,0
Olivo	0,0	185,8	1.049,5	1.255,6	992,8	3.033,3	3.784,3	1.852,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Lechuga	0,0	0,0	0,0	150,7	414,1	826,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tomate	0,0	0,0	0,0	32,2	89,5	295,7	432,1	271,6	66,2	0,0	0,0	0,0
Patata	0,0	0,0	0,0	48,3	158,6	443,6	597,9	329,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pimiento	0,0	0,0	0,0	32,2	100,3	261,9	361,4	216,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Cebolla invierno	153,3	409,2	758,1	1.000,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0
Nhnetas Alternativa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nhbrutas Alternativa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA (m³/mes)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total (m³/año)	Total (m³/ha.año)
Avellano	0,0	0,0	0,0	11.601,8	32.816,4	88.953,0	162.509,9	99.593,2	13.767,9	0,0	0,0	0,0	409.242	3051,20
Olivo	0,0	5.203,0	32.533,7	37.666,7	30.776,8	90.998,5	117.314,2	57.423,8	0,0	0,0	0,0	0,0	371.917	2051,95
Lechuga	0,0	0,0	0,0	4.520,0	12.837,1	24.787,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42.144	1937,68
Tomate	0,0	0,0	0,0	965,4	2.775,9	8.872,0	13.394,7	8.419,3	1.984,7	0,0	0,0	0,0	36.412	5022,36
Patata	0,0	0,0	0,0	1.448,1	4.915,4	13.308,1	18.536,1	10.200,2	0,0	0,0	0,0	0,0	48.408	4451,30
Pimiento	0,0	0,0	0,0	965,4	3.109,9	7.856,1	11.204,8	6.699,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29.835	4115,20
Cebolla invierno	4.752,6	11.457,0	23.502,2	30.022,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	587,6	70.322	1492,25
Nhnetas Alternativa	4.753	16.660	56.036	87.190	87.232	234.775	322.960	182.335	15.753	0	0	588	1.008.281	2.781,46
Nhbrutas Alternativa	5.281	18.511	62.262	96.878	96.924	260.861	358.844	202.595	17.503	0	0	653	1.120.312	3.090,52

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA (m³/ha.mes)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total (m³/ha.año)	Total Bruto (m³/ha.año)
Avellano	0	0	0	86,5	244,67	663,21	1211,63	742,54	102,65	0	0	0	3.051	3390
Olivo	0	28,706	179,496	207,816	169,803	502,0605	647,251	316,821	0	0	0	0	2.052	2280
Lechuga	0	0	0	207,816	590,21	1139,652	0	0	0	0	0	0	1.938	2153
Tomate	0	0	0	133,16	382,886	1223,73	1847,55	1161,28	273,758	0	0	0	5.022	5580

MEJORA DEL RIEGO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA DE TORRENTS DE VALLS (TARRAGONA)

Patata	0	0	0	133,16	451,994	1223,73	1704,468	937,952	0	0	0	0	4.451	4946
Pimiento	0	0	0	133,16	428,958	1083,6	1545,488	923,994	0	0	0	0	4.115	4572
Cebolla invierno	100,85	243,12	498,72	637,088	0	0	0	0	0	0	0	12,47	1.492	1658
Nhnetas Alternativa	13,11	45,96	154,58	240,52	240,64	647,66	890,92	502,99	43,46	0,00	0,00	1,62	2.781	
Nhbrutas Alternativa	14,57	51,07	171,76	267,25	267,38	719,62	989,91	558,88	48,28	0,00	0,00	1,80		3.091

Necesidades Brutas Anuales de los Cultivos

Avellano	3390	m³/ha.año
Olivo	2280	m³/ha.año
Lechuga	2153	m³/ha.año
Tomate	5580	m³/ha.año
Patata	4946	m³/ha.año
Pimiento	4572	m³/ha.año
Cebolla invierno	1658	m³/ha.año

Dotación huerta verano: 3697 m³/ha.año

Dotación huerta invierno: 1658 m³/ha.año

Dotación media anual huerta: 2678 m³/ha.año

Necesidades Brutas Anuales de la alternativa

Total (m³/año) =	1.120.312
Total (m³/ha.año) =	3.090,52

Período de Máximas Necesidades

Mes de máximas necesidades:	Netas	10.418,06	m³/día	=	28,74	m³/ha.día	=	890,92	m³/ha.mes
	Brutas	11.575,62	m³/día	=	31,93	m³/ha.día	=	989,91	m³/ha.mes

Caudal Ficticio Continuo

Q _{fc} =	0,37	l/s.ha
-------------------	------	--------

ANEXO IV: DOTACIONES PARA CULTIVOS

CÁLCULO DE LAS DOTACIONES PARA CULTIVOS

Mes de máximas necesidades: Julio mes 7

	Avellano	Olivo	Lechuga	Tomate	Patata	Pimiento	Cebolla
S ₁ (m.l.)	7	7					
S ₂ (m.l.)	5	5					
Área Marco (m ² /árbol)	35	35					
D copa (m.l.)	5	4,5					
Area copa (m ² /copa)	19,63	15,90					
NºArbol/ha	286	286					
Sc (%)	56	45					
kr	1	0,90					
NHnetas (m ³ /día)	5242	3784	0	432	598	361	0
NHbrutas (m ³ /día)	5825	4205	0	480	664	402	0
Nhbrutas cultivos (m ³ /hadía)	43,43	23,20	0,00	66,22	61,09	55,39	0
Qfc (l/s.ha)	0,50	0,27	0,00	0,77	0,71	0,64	0,00
NHbrutas alternativa (m ³ /hadía)	31,93	31,93	31,93	31,93	31,93	31,93	31,93
Qfc alternativa (l/s.ha)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
G.L. mínimo	1,36	1,00	1,00	2,07	1,91	1,73	1,00
Horas riego máximas	17,65	24,00	24,00	11,57	12,54	13,84	24,00
Dotación requerida (l/árbol.día)	152	81					
Dotación suministrada (l/árbol.día)	112	112					
Horas de riego deseadas	12	12	12	12	12	12	12
G.L.	2	2	2	2	2	2	2
Dotación en hidrante (l/s.ha)	1,01	0,54	0,00	1,53	1,41	1,28	0,00

RESUMEN DE DOTACIONES EN HIDRANTE EN CULTIVOS LEÑOSOS

	Avellano	Olivo	Total
Superficie (ha)	134,13	181,25	315,38
%	42,53	57,47	100
Dotación en hidrante (l/s.ha)	1,01	0,54	
m ³ /ha.día	86,86	46,40	
G.L.	2,00	2,00	
t riego (h)	12,00	12,00	
Qfc leñosos (l/s.ha)	0,37	0,37	
Dotación adoptada hidrante (l/s.ha)	0,74	0,74	
m ³ /ha.día	63,60	63,60	
G.L.	1,46	2,74	2
t riego (h)	16,39	8,75	12
Dotación suministrada (l/árbol.día)	152	81	

Qfc 0,36807806
h 12
gl 2
Dot 0,73615612

PARÁMETROS DE RIEGO CULTIVO DE AVELLANO

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NHnetas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	386,7	1.058,6	2.965,1	5.242,3	3.212,7	458,9	0,0	0,0	0,0
NH brutas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	429,7	1.176,2	3.294,6	5.824,7	3.569,6	509,9	0,0	0,0	0,0
NH (m ³ /ha.día)	0,00	0,00	0,00	3,20	8,77	24,56	43,43	26,61	3,80	0,00	0,00	0,00
Dotación Hidrante (l/s.ha)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Dotación (m ³ /ha.día)	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60
G.L.				19,8532371	7,25	2,59	1,46	2,39	16,7297127			
t riego (h)				1,20887087	3,31	9,27	16,39	10,04	1,43457335			

PARÁMETROS DE RIEGO CULTIVO DE OLIVO

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NHnetas (m ³ /día)	0,0	185,8	1.049,5	1.255,6	992,8	3.033,3	3.784,3	1.852,4	0,0	0,0	0,0	0,0
NH brutas (m ³ /día)	0,0	206,5	1.166,1	1.395,1	1.103,1	3.370,3	4.204,8	2.058,2	0,0	0,0	0,0	0,0
NH (m ³ /ha.día)	0,00	1,14	6,43	7,70	6,09	18,59	23,20	11,36	0,00	0,00	0,00	0,00
Dotación Hidrante (l/s.ha)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Dotación (m ³ /ha.día)	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60	63,60
G.L.		55,84	9,89	8,26	10,45	3,42	2,74	5,60				
t riego (h)		0,43	2,43	2,90	2,30	7,02	8,75	4,28				

RESUMEN DE DOTACIONES EN HIDRANTE EN CULTIVOS HORTÍCOLAS EN MES MÁXIMAS NECESIDADES

	Tomate	Patata	Pimiento	Total
Superficie (ha)	7,25	10,88	7,25	25,38
%	28,57	42,86	28,57	100
Dotación en hidrante (l/s.ha)	1,53	1,41	1,28	
m ³ /ha.día	132,44	122,18	110,79	
G.L.	2,00	2,00	2,00	
t riego (h)	12,00	12,00	12,00	
Qfc hortícolas (l/s.ha)	0,71	0,71	0,71	
Dotación adoptada hidrante (l/s.ha)	1,41	1,41	1,41	
m ³ /ha.día	121,86	121,86	121,86	
G.L.	1,84	1,99	2,20	2
t riego (h)	13,04	12,03	10,91	12

PARÁMETROS DE RIEGO CULTIVO DE LECHUGA

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NHnetas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	150,7	414,1	826,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NH brutas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	167,4	460,1	918,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NH (m ³ /ha.día)	0,00	0,00	0,00	7,70	21,15	42,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dotación Hidrante (l/s.ha)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Dotación (m ³ /ha.día)	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86
G.L.				15,83	5,76	2,89						
t riego (h)				1,52	4,17	8,31						

PARÁMETROS DE RIEGO CULTIVO DE TOMATE

MEJORA DEL RIEGO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES
EN LA ZONA DE TORRENTS DE VALLS (TARRAGONA)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NHnetas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	32,2	89,5	295,7	432,1	271,6	66,2	0,0	0,0	0,0
NH brutas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	35,8	99,5	328,6	480,1	301,8	73,5	0,0	0,0	0,0
NH (m ³ /ha.día)	0,00	0,00	0,00	4,93	13,72	45,32	66,22	41,62	10,14	0,00	0,00	0,00
Dotación Hidrante (l/s.ha)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Dotación (m ³ /ha.día)	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86
G.L.				24,71	8,88	2,69	1,84	2,93	12,02			
t riego (h)				0,97	2,70	8,93	13,04	8,20	2,00			

PARÁMETROS DE RIEGO CULTIVO DE PATATA

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NHnetas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	48,3	158,6	443,6	597,9	329,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NH brutas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	53,6	176,2	492,9	664,4	365,6	0,0	0,0	0,0	0,0
NH (m ³ /ha.día)	0,00	0,00	0,00	4,93	16,20	45,32	61,09	33,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Dotación Hidrante (l/s.ha)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Dotación (m ³ /ha.día)	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86
G.L.				24,71	7,52	2,69	1,99	3,62				
t riego (h)				0,97	3,19	8,93	12,03	6,62				

PARÁMETROS DE RIEGO CULTIVO DE PIMIENTO

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NHnetas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	32,2	100,3	261,9	361,4	216,1	0,0	0,0	0,0	0,0
NH brutas (m ³ /día)	0,0	0,0	0,0	35,8	111,5	291,0	401,6	240,1	0,0	0,0	0,0	0,0
NH (m ³ /ha.día)	0,00	0,00	0,00	4,93	15,37	40,13	55,39	33,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Dotación Hidrante (l/s.ha)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Dotación (m ³ /ha.día)	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86
G.L.				24,71	7,93	3,04	2,20	3,68				
t riego (h)				0,97	3,03	7,90	10,91	6,52				

PARÁMETROS DE RIEGO CULTIVO DE CEBOLLA

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NHnetas (m ³ /día)	153,3	409,2	758,1	1.000,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0
NH brutas (m ³ /día)	170,3	454,6	842,4	1.112,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1
NH (m ³ /ha.día)	3,61	9,65	17,88	23,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
Dotación Hidrante (l/s.ha)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Dotación (m ³ /ha.día)	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86	121,86
G.L.	33,71	12,63	6,82	5,16								272,64
t riego (h)	0,71	1,90	3,52	4,65								0,09