

**ANEJO N° 3**

**ESTUDIO AGRONÓMICO**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>ELECCIÓN DEL OBSERVATORIO .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>ÍNDICES CLIMATOLÓGICOS.....</b>	<b>4</b>
4.1	ÍNDICE DE MARTONNE.....	4
4.2	ÍNDICE DE DANTIN-CERECEDA Y REVENGA.....	5
4.3	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN.....	5
<b>5</b>	<b>DIAGRAMA ONBROTÉRMICO .....</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>ESTUDIO CLIMATOLÓGICO.....</b>	<b>7</b>
6.1	PLUVIOMETRÍA .....	7
6.1.1	<i>Precipitaciones máximas en 24 horas, Gumbel .....</i>	<i>7</i>
6.1.2	<i>Precipitaciones máximas.....</i>	<i>10</i>
6.2	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	11
6.3	CONCLUSIÓN .....	12
<b>7</b>	<b>DÍAS APROVECHABLES .....</b>	<b>12</b>
7.1	CONDICIONES CLIMÁTICAS LÍMITE.....	12
7.1.1	<i>Temperatura límite para la manipulación de materiales naturales húmedos.....</i>	<i>13</i>
7.1.2	<i>Precipitación límite.....</i>	<i>13</i>
7.2	COEFICIENTES DE REDUCCIÓN POR CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE LOS TRABAJOS.....	13
7.2.1	<i>Coefficiente de reducción por helada .....</i>	<i>13</i>
7.2.2	<i>Coefficiente de reducción por lluvia límite de trabajo.....</i>	<i>14</i>
7.2.3	<i>Coefficiente de reducción por lluvia límite de trabajo, de precipitación pequeña ..</i>	<i>14</i>
7.2.4	<i>Coefficiente de reducción por temperatura límite por ejecución de riegos, tratamientos superficiales o por penetración .....</i>	<i>14</i>
7.2.5	<i>Coefficiente de reducción por temperatura límite por la ejecución de mezclas bituminosas .....</i>	<i>15</i>
7.3	CÁLCULO DE LOS DÍAS APROVECHABLES PARA CADA ACTIVIDAD .....	15
7.4	CÁLCULO DE LOS DÍAS TRABAJABLES NETOS .....	16
<b>8</b>	<b>CÁLCULOS DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS .....</b>	<b>19</b>
8.1	CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET <sub>o</sub> ).....	20
8.2	CONOCIMIENTO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO (K <sub>c</sub> ) Y DE LA ET <sub>c</sub> .....	22
8.3	CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS NETAS DE LOS CULTIVOS (N <sub>m</sub> ).....	23

8.4	CÁLCULO DE LAS NECESIDADES BRUTAS DE LOS CULTIVOS (Nb).....	25
<b>9</b>	<b>PARÁMETROS DEL RIEGO.....</b>	<b>28</b>
9.1	CAUDAL FICTICIO CONTINUO .....	28
9.2	JORNADA EFECTIVO DE RIEGO Y RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA RED .....	28
9.3	CAUDAL FICTICIO CONTINUO CORREGIDO .....	28

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b>	Precipitación media.....	4
<b>Tabla 2.</b>	Precipitación máxima diaria .....	7
<b>Tabla 3.</b>	Análisis de frecuencia .....	8
<b>Tabla 4.</b>	Valores de precipitación.....	9
<b>Tabla 5.</b>	Datos de intensidad y precipitación .....	10
<b>Tabla 6.</b>	Ajuste según curvas I.D.F.....	11
<b>Tabla 7.</b>	Intensidad de precipitación.....	12
<b>Tabla 8.</b>	Variables para cálculo de días hábiles.....	12
<b>Tabla 9.</b>	Coefficiente de reducción por helada .....	13
<b>Tabla 10.</b>	Coefficiente de reducción por lluvia límite de trabajo .....	14
<b>Tabla 11.</b>	Coefficiente de reducción por lluvia límite de trabajo, de precipitación pequeña. ....	14
<b>Tabla 12.</b>	Coefficiente de reducción por temperatura límite por ejecución de riegos, tratamientos superficiales o por penetración.....	15
<b>Tabla 13.</b>	Coefficiente de reducción por temperatura límite por la ejecución de mezclas bituminosas .....	15
<b>Tabla 14.</b>	Coefficiente de reducción por actividad.....	16
<b>Tabla 15.</b>	Días aprovechables por actividad.....	16
<b>Tabla 16.</b>	Días totales, trabajables y coeficientes .....	19
<b>Tabla 17.</b>	Coefficientes de reducción netos por actividad .....	19
<b>Tabla 18.</b>	Días trabajables netos por actividad.....	19
<b>Tabla 19.</b>	Evapotranspiración según Penman-Monteith.....	21
<b>Tabla 20.</b>	Superficie de cultivos .....	22
<b>Tabla 21.</b>	Coefficiente Kc según cultivos .....	23
<b>Tabla 22.</b>	Valores de ETc según cultivos .....	23
<b>Tabla 23.</b>	Valores de precipitación.....	25
<b>Tabla 24.</b>	Necesidades de riego netas (Nm) .....	25
<b>Tabla 25.</b>	Necesidades de riego brutas (Nb).....	27
<b>Tabla 26.</b>	Necesidades de riego brutas totales .....	27

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Mapa clasificación climática según Köppen.....	5
<b>Figura 2.</b> Diagrama hombrotérmico.....	6
<b>Figura 3.</b> Distribución precipitaciones Gumbel.....	8
<b>Figura 4.</b> Calendario laboral Almería 2023.....	18
<b>Figura 5.</b> Gráfico ETo Penman-Monteith.....	21

## **1 INTRODUCCIÓN**

El manejo inadecuado del agua de riego puede condicionar la sustentabilidad de las explotaciones, materializándose en problemas económicos y ambientales. Por lo tanto, para mantener y aumentar los ingresos generados por la agricultura de regadío, así como para minimizar el impacto negativo que los regadíos tienen sobre el medio ambiente, va a ser necesaria una mejora en la gestión del agua.

El buen conocimiento de las necesidades hídricas del cultivo y los parámetros atmosféricos de la zona van a ser claves a la hora de elaborar una programación de riego. Lo que se pretende determinar con esta programación es aplicar el volumen de agua y en el momento adecuado a lo largo de todo el ciclo del cultivo, de forma que se ajuste lo más posible a sus necesidades óptimas. Cuanto mayor sea el ajuste entre el agua de riego aplicada y las necesidades del cultivo, mejor será el uso de los recursos.

El desajuste del riego va a ocasionar una serie de daños muchas veces irreparable. Por un lado, un riego deficitario, producirá una disminución de la producción ya que el cultivo no desarrollará todo su potencial. Por el otro, un exceso de riego originará, entre otras cosas, unas pérdidas de suelo por erosión, y de agua por percolación y escorrentía produciéndose una lixiviación de nutrientes y contaminación de aguas por arrastre de agroquímicos.

El presente Anejo tiene por objeto presentar el estudio agronómico para comprobar las necesidades hídricas que puede haber en esa zona.

## **2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO**

Para la estimación de las necesidades hídricas, se utilizan los datos de la climatología local, los cuales son analizados y procesados mediante el procedimiento de cálculo recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en su publicación "Las necesidades de agua de los cultivos".

Según este procedimiento, el proceso a seguir para el cálculo de las necesidades de agua de riego de los cultivos será el siguiente:

- Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>); considerada como el consumo de agua de una superficie extensa de hierba, uniforme, de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, sombreando la totalidad del suelo y bien provista de agua. Su cálculo puede realizarse mediante los numerosos métodos existentes y especialmente con los que recomienda F.A.O. en su publicación nº 24 denominada "Necesidades de agua de

los cultivos".

- Cálculo de la evapotranspiración de los cultivos (ETc); considerada como las necesidades hídricas brutas de los cultivos para su desarrollo óptimo, representando la cantidad de agua que debe existir en la zona radical del cultivo para satisfacer su demanda evaporativa. Depende de los parámetros climáticos de cada zona, del cultivo.
- Cálculo de las necesidades hídricas netas de los cultivos (NHn); consideradas como la cantidad de agua que se ha de suministrar a la zona radical del cultivo mediante el riego. Para ello, se deduce a la ETc la cantidad de agua aportada por la precipitación efectiva (PE).
- Cálculo de las necesidades brutas de agua de riego de los cultivos (NRb); consideradas como la cantidad de agua que el sistema de riego ha de proporcionar en parcela para que, una vez deducidas las pérdidas debidas a la propia eficiencia del riego, la cantidad de agua que se almacene en dicha zona radical sea igual a las NHn del cultivo.
- El estudio se realiza considerando el espacio de un mes; utilizando como datos de partida las medias de los meses y suponiendo que todos los días de cada mes tienen las mismas necesidades.

### **3 ELECCIÓN DEL OBSERVATORIO**

Los datos de precipitación y evapotranspiración potencial del suelo se han obtenido de las estaciones agroclimáticas de Cuevas del Almanzora y Huércal-Overa disponibles por parte de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, utilizando para los cálculos valores medios de los años 2003-2022.

El resto de datos se han obtenido de la estación agroclimática de Almería. Los datos de ubicación de las estaciones agroclimáticas son los siguientes:

- Huércal-Overa:
  - Código de la estación: 8
  - Coordenadas UTM
    - X: 606478
    - Y: 4124237
  - Latitud: 37° 15' 28" N
  - Longitud: 01° 47' 57" W
  - Altitud: 20

- Cuevas del Almanzora:
  - Código de la estación: 8
  - Coordenadas UTM:
    - X: 606478.0
    - Y: 4124237.0
  - Latitud: 37° 15' 28" N
  - Longitud: 01° 47' 57" W
  - Altitud: 20
  
- Almería:
  - Código de la estación: 2
  - Coordenadas UTM
    - X: 553282
    - Y: 4076780
  - Latitud: 36° 05' 07" N
  - Longitud: 02° 24' 08" W
  - Altitud: 5

A partir de estos datos de base se han confeccionado unos cuadros resumen de las precipitaciones mensuales, donde se obtienen los datos relativos a los totales anuales, a partir de las cuales se calculan los valores medios de precipitaciones.

Los datos meteorológicos proporcionados por la estación de Almería, son los siguientes:

<b>T</b>	Temperatura media anual
<b>TM</b>	Temperatura máxima media anual
<b>Tm</b>	Temperatura mínima media anual
<b>PP</b>	Precipitación total anual de lluvia y/o nieve derretida (mm)
<b>V</b>	Velocidad media anual del viento (Km/h)
<b>RA</b>	Total días con lluvia durante el año
<b>SN</b>	Total días que nevó durante el año

<b>TS</b>	Total días con tormenta durante el año
<b>FG</b>	Total días con niebla durante el año
<b>TN</b>	Total días con tornados o nubes de embudo durante el año
<b>GR</b>	Total días con granizo durante el año

El valor de precipitación media es de 280,95 mm/ año, con la siguiente distribución mensual:

**Tabla 1. Precipitación media**

<b>PRECIPITACION MEDIA (MM/AÑO)</b>			
<b>MES</b>	<b>HUERCAL- OVERA</b>	<b>CUEVAS DEL ALMANZORA</b>	<b>MEDIA</b>
ENERO	29,4	40,8	35,1
FEBRERO	20,4	20	20,2
MARZO	39,6	35,3	37,45
ABRIL	28,8	20,7	24,75
MAYO	22,1	18,7	20,4
JUNIO	4,9	4,2	4,55
JULIO	1,1	0,7	0,9
AGOSTO	6,4	6,7	6,55
SEPTIEMBRE	51,3	30,2	40,75
OCTUBRE	27,7	18,5	23,1
NOVIEMBRE	42,1	33,5	37,8
DICIEMBRE	29,9	28,9	29,4
<b>TOTAL</b>	<b>303,7</b>	<b>258,2</b>	<b>280,95</b>

## 4 ÍNDICES CLIMATOLÓGICOS

### 4.1 ÍNDICE DE MARTONNE

$$I_M = P / (T+10)$$

Siendo:

- P = Precipitación media anual en mm.
- T = Temperatura media anual en °C
- El índice de aridez es de 3,08, Zona desértica

## 4.2 ÍNDICE DE DANTIN-CERECEDA Y REVENGA

$$IDR = 100X T / P$$

Siendo:

- P = Precipitación media anual en mm.
- T = Temperatura media anual en °C
- El índice de aridez es de 21,41, Zona subdesértica

## 4.3 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN

Atendiendo a la clasificación climática según *Köppen*, que comprende cinco tipos fundamentales designados por las letras A, B, C, D y E, la zona la zona del Bajo Almanzora se incluye dentro del clima del tipo C, en el grupo Bsh, Clima estepario caluroso, cuyos límites están definidos en la figura siguiente:



**Figura 1.** Mapa clasificación climática según Köppen

## 5 DIAGRAMA ONBROTÉRMICO

A continuación, se representa el diagrama Ombrotérmico de la precipitación media mensual (P) y de la temperatura media mensual (T).

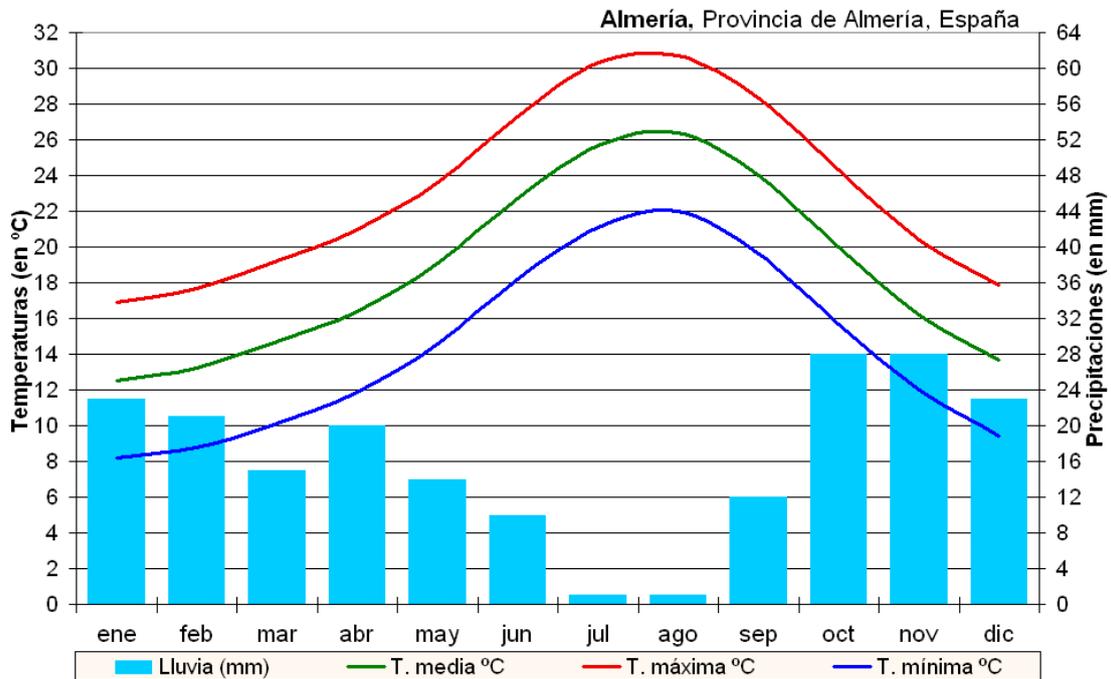


Figura 2. Diagrama ombrotérmico

Se observa en el diagrama que el periodo de déficit de agua se produce en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, 7 meses al año.

## 6 ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

### 6.1 PLUVIOMETRÍA

Se recopila información pluviométrica de la precipitación máxima diaria, de la estación meteorológica de Almería (Aeropuerto)

**Tabla 2.** Precipitación máxima diaria

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Temperatura media (C°)</b>	13°	13°	15°	16°	19°	23°	26°	26°	24°	20°	16°	14°
<b>Temperatura máxima (C°)</b>	17°	18°	19°	21°	24°	27°	30°	31°	28°	24°	20°	18°
<b>Temperatura mínima (C°)</b>	8°	9°	10°	12°	15°	18°	21°	22°	20°	16°	12°	9°
<b>Horas de sol al mes</b>	191	191	228	250	299	322	338	312	257	221	187	176
<b>Precipitación en mm</b>	23	21	15	20	14	10	1	1	12	28	28	23
<b>Días de lluvia</b>	3	3	3	3	2	1	0	0	1	3	3	3

*Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Estación meteorológica de Almería (Aeropuerto)*

Se obtiene de esta estación la serie de máximo anual de precipitación diaria, y se genera una serie sintética por agregación de datos de los años disponibles en el anejo de climatología, c, a esta serie así obtenida se aplica un ajuste de Gumbel Tipo I.

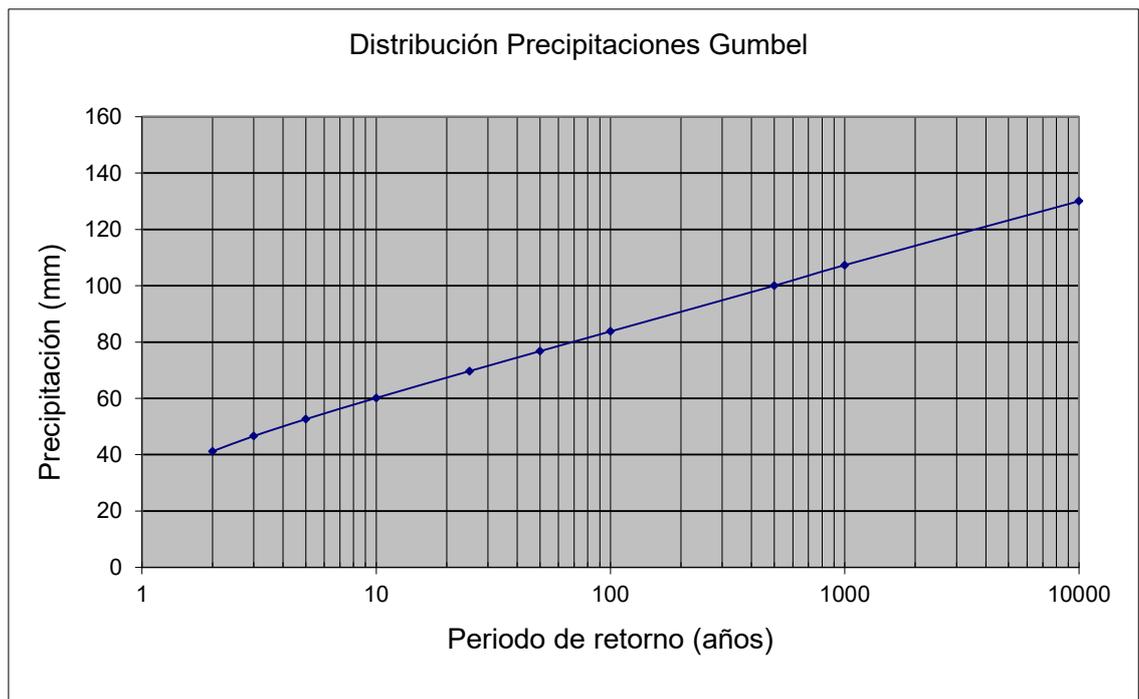
#### 6.1.1 Precipitaciones máximas en 24 horas, Gumbel

Se aplica la Ley de Gumbel para el análisis de frecuencia y ajuste a los valores medidos.

Los resultados son:

**Tabla 3. Análisis de frecuencia**

Probabilidad acumulada	Periodo de retorno	Precipitación diaria calculada	Desviación Estándar
	Años	mm/día	mm/día
0,9999	10000	130,02	16,71
0,999	1000	107,35	11,24
0,998	500	99,99	7,30
0,990	100	83,78	5,55
0,980	50	76,76	4,80
0,960	25	69,68	4,05
0,900	10	60,14	3,07
0,800	5	52,60	2,35
0,667	3	46,61	1,83
0,500	2	41,20	1,48


**Figura 3. Distribución precipitaciones Gumbel**

Se observa que la relación entre la precipitación de 1000 años y 10000 años es 1,21.

Tal y como se verá más adelante por medio de las curvas I.D.F. se obtienen las Intensidades de precipitación correspondientes al periodo de retorno deseado, calculadas hasta 1.000 años de periodo de retorno para obtener la precipitación diaria en la cuenca de la balsa "Alto

Almanzora”, con un valor medio de 53,4 l/m<sup>2</sup> el 22-05-2023 en el Aeropuerto de Almería, aplicando un coeficiente multiplicador de 1,21 a la precipitación diaria de 1.000 años para obtener el periodo de retorno de 10.000 años.

**Tabla 4.** Valores de precipitación

Momento de primer orden (media) = 53,4 mm				
Dato Numero	Probabilidad de Weibull	Dato de Precipitación	Valor Predictivo	Desviación Estándar
1	0.0120	53,4	225.776	18.874
2	0.0241	53,6	242.932	17.553
3	0.0361	53,8	254.517	16.723
4	0.0482	54	263.629	16.112
5	0.0602	54,2	271.314	15.628
6	0.0723	54,4	278.061	15.230
7	0.0843	54,6	284.141	14.894
8	0.0964	54,8	289.722	14.606
9	0.1084	55	294.917	14.357
10	0.1205	55,2	299.802	14.139
11	0.1325	55,4	304.435	13.949
12	0.1446	55,6	308.860	13.783
13	0.1566	55,8	313.110	13.638
14	0.1687	56	317.212	13.512
15	0.1807	56,2	321.187	13.403
16	0.1928	56,4	325.054	13.311
17	0.2048	56,6	328.827	13.233
18	0.2169	56,8	332.518	13.169
19	0.2289	57	336.139	13.119
20	0.2410	57,2	339.699	13.081
21	0.2530	57,4	343.207	13.055
22	0.2651	57,6	346.669	13.041
23	0.2771	57,8	350.093	13.038
24	0.2892	58	353.484	13.045
25	0.3012	58,2	356.848	13.064
26	0.3133	58,4	360.189	13.092
27	0.3253	58,6	363.513	13.131
28	0.3373	58,8	366.823	13.179
29	0.3494	59	370.123	13.238

Momento de primer orden (media) = 53,4 mm				
Dato Numero	Probabilidad de Weibull	Dato de Precipitación	Valor Predictivo	Desviación Estándar
30	0.3614	59,2	373.418	13.306
31	0.3735	59,4	376.711	13.383
32	0.3855	59,6	380.006	13.470
33	0.3976	59,8	383.306	13.566
34	0.4096	60	386.614	13.671
35	0.4217	60,2	389.934	13.786
36	0.4337	60,4	393.269	13.910
37	0.4458	60,6	396.622	14.044
38	0.4578	60,8	399.997	14.186
39	0.4699	61	403.397	14.339
40	0.4819	61,2	406.825	14.500
41	0.4940	61,4	410.285	14.671

6.1.2 Precipitaciones máximas

A partir del estudio de precipitaciones máximas de Almería (aeropuerto), se obtienen las curvas I.D.F. para los diferentes periodos de retorno y para diferente duración e intensidad de lluvia.

Los datos de intensidad y precipitación en 24 horas son:

**Tabla 5.** Datos de intensidad y precipitación

Intensidad(mm/h)	T=5años	T=10 años	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T= 500 años	T= 1000 años
24 hs	3,15	3,76	4,49	5,01	5,59	6,87	7,42
14 hs	4,21	5,00	5,98	6,66	7,42	9,10	9,83
6 hs	6,62	7,83	9,36	10,42	11,56	14,18	15,28
1 hs	17,27	20,25	24,14	26,84	29,56	36,19	38,87

Las curvas I.D.F. se ajustan a una función potencial, y se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 6.** Ajuste según curvas I.D.F.

Función I.D.F. (mm/h)	T=5años	T=10 años	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T= 500 años	T= 1000 años
Intensidad (mm/hs)	17,271*d <sup>-0,535</sup>	20,247*d <sup>-0,53</sup>	24,141*d <sup>-0,529</sup>	26.837*d <sup>-0,528</sup>	29.562*d <sup>-0,524</sup>	36.191*d <sup>-0,523</sup>	38,865*d <sup>-0,521</sup>

Estas funciones permiten obtener la intensidad máxima esperada para el tiempo de concentración de la cuenca.

La ecuación que aproxima el comportamiento de las lluvias de 48 horas de duración es:

$$I = (Pd/24)*5.8072*D^{-0.5723}$$

## 6.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Se calcula el tiempo de concentración de acuerdo a la fórmula de Témez, siendo los datos necesarios para el cálculo del tiempo de concentración los siguientes:

- H = Desnivel Máximo
- L = Longitud del cauce
- A = Área de la balsa

Formula de Témez

$$t_c = 0,3 * q \frac{L}{(H / L)^{0,25}} r^{0,75}$$

El tiempo de concentración para el interior del vaso de la balsa “Alto Almanzora” se calcula en 0,20 horas.

La intensidad de precipitación para el tiempo de concentración de cálculo, se obtiene en función de los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100, 500, 1000 y 10000 años y dan los siguientes resultados:

**Tabla 7. Intensidad de precipitación.**

Intensidad de precipitación (mm/hora)								
T. Concentración	T=5 años	T=10 años	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T= 500 años	T= 1000 años	T= 10000 años
0.20 hs	44.20	51.40	61.17	67.90	74.21	90,80	102,30	117.60

### 6.3 CONCLUSIÓN

En consecuencia, la intensidad de precipitación es de 102,30 mm/h para un periodo de retorno de 1000 años y de 117,6 mm/h para un periodo de retorno de 10.000 años.

## 7 DÍAS APROVECHABLES

En este punto se determinan los coeficientes de reducción a aplicar al número de días laborables de cada mes, para obtener los días de condiciones climáticas más favorables que las mínimas para la ejecución de las distintas unidades de obra.

Para mantener la coherencia con los cálculos realizados en el resto de los apartados del documento. El objetivo de este cálculo es orientativo pues en el día a día de la ejecución de las obras no es posible predecir el clima con meses de antelación. No obstante, con los resultados de este estudio previo se podrá ajustar lo máximo posible el plan de obra y así reducir las posibles variaciones de plazo debidas a las condiciones meteorológicas.

En la siguiente tabla se recogen de forma resumida los valores de las distintas variables necesarias para el cálculo de días hábiles

**Tabla 8. Variables para cálculo de días hábiles.**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
< 0°C	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
> 10°C (09:00)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
> 5°C (09:00)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
< 10 mm	30	28	30	29	31	30	31	30	28	29	29	30
< 1 mm	27	24	26	25	29	29	31	29	27	26	25	27
Nº Días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

### 7.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS LÍMITE

Se entiende por día trabajable, relativo a una actividad y en cuanto a clima se refiere, al día en que la precipitación y la temperatura del ambiente sean inferior y superior, respectivamente, a

los límites que se definen a continuación.

7.1.1 Temperatura límite para la manipulación de materiales naturales húmedos

Se establece como temperatura límite del ambiente para la manipulación de materiales naturales húmedos 0°C.

7.1.2 Precipitación límite

Se establecen dos valores de la precipitación límite diario: 1 mm por día y 10 mm por día. El primer valor limita el trabajo en ciertas unidades sensibles a una pequeña lluvia y el segundo de los valores limita el resto de los trabajos. Se entiende que, en general, con precipitaciones diarias superiores a 10 mm, no puede realizarse ningún trabajo sin protecciones especiales.

**7.2 COEFICIENTES DE REDUCCIÓN POR CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE LOS TRABAJOS**

Para calcular el número de días trabajados útiles en las distintas actividades de obra se establecen unos coeficientes de reducción, a aplicar al número de días laborables de cada mes.

7.2.1 Coeficiente de reducción por helada

Se define como el cociente entre el número de días hábiles del mes m en que la temperatura mínima es superior a 0°C y el número de días del mes.

$$\eta_m = \frac{\text{Nº de días del mes con temperatura mínima} > 0^\circ \text{C}}{\text{Nº de días del mes}}$$

En este caso el valor que adopta dicho coeficiente para los diferentes meses se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 9.** Coeficiente de reducción por helada.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
$\eta_m$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

7.2.2 Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo

Se define como el cociente entre el número de días del mes en que la precipitación es inferior a 10 mm y el número de días del mes.

$$\lambda_m = \frac{\text{Nº de días del mes con precipitación} < 10\text{mm}}{\text{Nº de días del mes}}$$

En este caso el valor que adopta este coeficiente en los distintos meses es:

**Tabla 10.** Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
$\lambda^m$	0,97	1,00	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,94	0,97	0,97

7.2.3 Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo, de precipitación pequeña

Este coeficiente es el cociente entre el número de días en que la precipitación es inferior a 1 mm y el número total de días del mes.

$$\lambda'_m = \frac{\text{Nº de días del mes con precipitación} < 1\text{mm}}{\text{Nº de días del mes}}$$

En este caso el valor que adopta dicho coeficiente para los diferentes meses se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 11.** Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo, de precipitación pequeña.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
$\lambda^m$	0,87	0,86	0,84	0,83	0,94	0,97	1,00	0,94	0,90	0,84	0,83	0,87

7.2.4 Coeficiente de reducción por temperatura límite por ejecución de riegos, tratamientos superficiales o por penetración

Este coeficiente se calcula mediante el cociente entre el número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 10°C y el número total de días del mes.

$$\tau_m = \frac{\text{Nº de días del mes con temperatura a las 9 de la mañana} \geq 10^\circ \text{C}}{\text{Nº de días del mes}}$$

En este caso el valor que adopta dicho coeficiente para los diferentes meses se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 12.** Coeficiente de reducción por temperatura límite por ejecución de riegos, tratamientos superficiales o por penetración.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Di
$\tau^m$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

7.2.5 Coeficiente de reducción por temperatura límite por la ejecución de mezclas bituminosas

Este coeficiente se calcula mediante el cociente entre el número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 5°C y el número total de días del mes.

$$\tau_m = \frac{\text{Nº de días del mes con temperatura a las 9 de la mañana} \geq 5^\circ \text{C}}{\text{Nº de días del mes}}$$

En este caso el valor que adopta dicho coeficiente para los diferentes meses se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 13.** Coeficiente de reducción por temperatura límite por la ejecución de mezclas bituminosas

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
$\tau^m$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

### 7.3 CÁLCULO DE LOS DÍAS APROVECHABLES PARA CADA ACTIVIDAD

A continuación, se combinan reiteradamente los coeficientes de reducción anteriores puesto que el trabajo se suspenderá cuando concorra una o más condiciones adversas y tratarse de fenómenos cuya probabilidad es independiente.

El coeficiente de reducción de los días laborables del equipo, correspondiente a cada actividad es:

- Hormigones hidráulicos: Pavimentos de hormigón.
- Explanaciones: Trabajos de extendido y compactación de tierras.
- Producción de áridos: Trabajos de proceso y colocación de capas granulares compactadas (zahorras, arenas, gravas cementos, ...).
- Riegos y tratamientos superficiales o por penetración: Riegos con materiales bituminosos (adherencia, imprimación o curado), tratamientos a base de gravilla y emulsiones asfálticas.
- Mezclas bituminosas: Extendido y compactación de mezclas bituminosas en caliente.

En las siguientes tablas se calculan los coeficientes indicados y los días aprovechables para cada actividad:

**Tabla 14.** Coeficiente de reducción por actividad

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
<b>Hormigones</b>	0,97	1,00	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,94	0,97	0,97
<b>Explanaciones</b>	0,92	0,93	0,90	0,90	0,97	0,98	1,00	0,95	0,92	0,89	0,90	0,92
<b>Áridos</b>	0,97	1,00	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97	0,93	0,94	0,97	0,97
<b>Riegos</b>	0,87	0,86	0,84	0,83	0,94	0,97	1,00	0,94	0,90	0,84	0,83	0,87
<b>Mezclas Bituminosas</b>	0,87	0,86	0,84	0,83	0,94	0,97	1,00	0,94	0,90	0,84	0,83	0,87

**Tabla 15.** Días aprovechables por actividad

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
<b>Hormigones</b>	30,00	28,00	30,00	29,00	31,00	30,00	31,00	30,00	28,00	29,00	29,00	30,00
<b>Explanaciones</b>	28,50	26,00	28,00	27,00	30,00	29,50	31,00	29,50	27,50	27,50	27,00	28,50
<b>Áridos</b>	30,00	28,00	30,00	29,00	31,00	30,00	31,00	30,00	28,00	29,00	29,00	30,00
<b>Riegos</b>	27,00	24,00	26,00	25,00	29,00	29,00	31,00	29,00	27,00	26,00	25,00	27,00
<b>Mezclas Bituminosas</b>	27,00	24,00	26,00	25,00	29,00	29,00	31,00	29,00	27,00	26,00	25,00	27,00

#### 7.4 CÁLCULO DE LOS DÍAS TRABAJABLES NETOS

Para el cálculo de los días trabajables netos se deben considerar dos factores de reducción:

- Días festivos: su número es variable según el año y la localidad, siendo su importancia notable. Su coeficiente de reducción puede establecerse en cada paso a la vista del calendario laboral, habida cuenta de circunstancias extraordinarias (trabajo en días festivos, en caso de urgencia, etc.).

Días de climatología adversa: cuyo coeficiente de reducción se ha determinado anteriormente para cada clase de actividad.

En este caso, dado que los días festivos pueden ser también de climatología adversa, la multiplicación de estos dos coeficientes parciales no proporciona el coeficiente de reducción para la transformación de días días-calendario en días-trabajables para cada mes y actividad.

Para tener en cuenta esto se introduce el siguiente criterio:

Si para un mes determinado  $C_f$  representa el coeficiente de reducción de días festivos, y  $C_m$  el coeficiente de reducción climatológico para una clase de obra determinada, entonces  $(1-C_m)$  representa la probabilidad de que un día cualquiera del mes presente climatología adversa para dicha clase de obra y  $(1-C_m) \times C_f$  la probabilidad de que un día laborable presente climatología adversa. El coeficiente de reducción total será, por tanto:

$$C_t = 1 - (1 - C_m) * C_f$$

Se adjunta, a continuación, el calendario laboral correspondiente a la provincia de Andalucía, para el año 2023 obtenido de Decreto 77/2023, de 4 de abril.

### Calendario Laboral ALMERÍA 2023



Figura 4. Calendario laboral Almería 2023

**Tabla 16.** Días totales, trabajables y coeficientes

	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
<b>Días totales</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>Días trabajables</b>	20	19	23	18	22	22	21	22	21	20	20	17
<b>Cf</b>	0,65	0,68	0,74	0,60	0,71	0,73	0,68	0,71	0,70	0,65	0,67	0,55

**Tabla 17.** Coeficientes de reducción netos por actividad

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
<b>Hormigones</b>	0,98	1,00	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98	0,95	0,96	0,98	0,98
<b>Explanaciones</b>	0,95	0,95	0,93	0,94	0,98	0,99	1,00	0,97	0,94	0,93	0,93	0,96
<b>Áridos</b>	0,98	1,00	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98	0,95	0,96	0,98	0,98
<b>Riegos</b>	0,92	0,90	0,88	0,90	0,95	0,98	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89	0,93
<b>Mezclas Bituminosas</b>	0,92	0,90	0,88	0,90	0,95	0,98	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89	0,93

**Tabla 18.** Días trabajables netos por actividad

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
<b>Hormigones</b>	20	19	22	18	22	22	21	21	20	19	20	17
<b>Explanaciones</b>	19	18	21	17	21	22	21	21	20	19	19	16
<b>Áridos</b>	20	19	22	18	22	22	21	21	20	19	20	17
<b>Riegos</b>	18	17	20	16	21	21	21	21	20	18	18	16
<b>Mezclas Bituminosas</b>	18	17	20	16	21	21	21	21	20	18	18	16

## 8 CÁLCULOS DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS

Las necesidades de riego de los cultivos dependen fundamentalmente del clima, de las características del propio cultivo, del tipo de suelo y de la eficiencia del sistema de riego utilizado.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) desarrolló en la década de los setenta una metodología para la determinación de las necesidades hídricas y de riego de los cultivos. Según esta metodología, el cálculo de las necesidades de agua de riego de los cultivos se realiza en cinco etapas principales:

- Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia ( $ET_0$ )
- Conocimiento de los coeficientes de cultivo ( $K_c$ )
- Estimación de la evapotranspiración de cultivo ( $ET_c$ )
- Cálculo de las necesidades hídricas netas ( $N_n$ )
- Cálculo de las necesidades brutas ( $N_b$ )

### 8.1 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA ( $ET_0$ )

Para la estimación de la evapotranspiración de referencia se ha utilizado el método de cálculo Penman-Monteith ya que en la actualidad es el método recomendado y admitido. La evapotranspiración de referencia, según Penman-Monteith corresponde a un cultivo hipotético que tiene una altura de 12 cm, una resistencia de cubierta de 69 s/m, una resistencia aerodinámica de  $208/U_2$  s/m, donde  $U_2$  es la velocidad del viento a dos metros de altura; y un albedo de 0,23.

La ecuación 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. Simplificando la expresión la ecuación tiene la forma:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \frac{900}{T + 273}U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

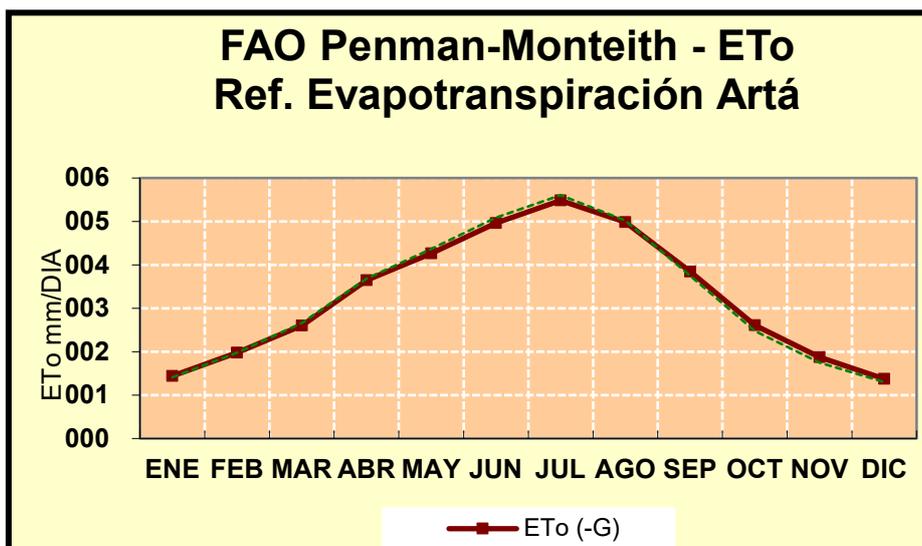
donde:

- **R<sub>n</sub>**: 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 ( $^{\circ}C$ ).
- **U<sub>2</sub>**: Velocidad del viento medida a 2 m de la altura ( $m\ s^{-1}$ ).
- **( $e_a - e_d$ )**: Déficit de la presión de vapor.
- **D**: Pendiente de la curva de presión de vapor ( $kPa\ ^{\circ}C$ ).
- **g**: Constante psicrométrica ( $kPa\ ^{\circ}C^{-1}$ ).
- **900**: ( $kJ^{-1}\ kg\ K$ ).

La utilización de la ecuación de Penman-Monteith requiere más parámetros atmosféricos que otros métodos más sencillos. Sin embargo, los valores obtenidos son más aproximados a la realidad. Los parámetros utilizados (temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, viento y horas de sol) han sido obtenidos de la estación de segundo grado o termopluviométrica. Los otros parámetros que utiliza la fórmula (radiación neta, flujo de calor, déficit de presión de vapor, pendiente de la curva de presión de vapor y constante psicrométrica) se han calculado mediante fórmulas a partir de los anteriores.

**Tabla 19.** Evapotranspiración según Penman-Monteith

CALCULO EVAPOTRANSPIRACIÓN (PENMAN-MONTEITH)													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
<b>Tmax</b>	17	17	19	21	24	28	31	32	29	25	20	18	23
<b>Tmin</b>	10	10	12	13	16	19	22	23	21	18	14	11	16
<b>H. RELATIVA (%)</b>	74	72	71	69	70	68	67	70	71	73	73	74	71
<b>H. RELATIVA mín (%)</b>	57	54	54	51	52	51	50	53	54	57	58	59	54
<b>VIENTO (km/mes)</b>	5.282	5.429	5.059	6.192	5.059	4.320	4.092	3.943	3.960	4.315	5.256	5.059	4.831
<b>VIENTO (km/día)</b>	170	194	163	206	163	144	132	127	132	139	175	163	159
<b>HORAS SOL MES</b>	162	165	209	239	277	292	335	304	236	200	163	149	2.731
<b>INSOLACIÓN</b>	5	6	7	8	9	10	11	10	8	6	5	5	88
<b>ET<sub>o</sub> media (día)</b>	<b>1,44</b>	<b>1,98</b>	<b>2,60</b>	<b>3,65</b>	<b>4,27</b>	<b>4,96</b>	<b>5,48</b>	<b>4,99</b>	<b>3,84</b>	<b>2,61</b>	<b>1,87</b>	<b>1,37</b>	<b>39,07</b>
<b>ET<sub>o</sub> media (mes)</b>	<b>44,66</b>	<b>55,42</b>	<b>80,71</b>	<b>109,36</b>	<b>132,25</b>	<b>148,84</b>	<b>169,98</b>	<b>154,55</b>	<b>115,32</b>	<b>80,90</b>	<b>56,23</b>	<b>42,57</b>	<b>1.190,78</b>



**Figura 5.** Gráfico ET<sub>o</sub> Penman-Monteith

## 8.2 CONOCIMIENTO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO ( $K_c$ ) Y DE LA $ET_c$

El coeficiente de cultivo  $K_c$  es un coeficiente adimensional que permite relacionar la  $ET_0$  con las necesidades de cualquier otro cultivo que no sea el de referencia, a lo largo de su ciclo. Aunque existe una metodología que permite estimarlo para un amplio rango número de cultivos, y en diferentes condiciones climáticas, las prácticas de cultivo, o condiciones edafoclimáticas de una zona en concreto pueden introducir modificaciones respecto de los valores estimados, que se deben tener en cuenta cuando se quiere mejorar la utilización del agua de riego.

Lo primero que es necesario plantear es la alternativa de cultivos de la zona con el fin de elegirlos para poder calcular las necesidades hídricas totales.

**Tabla 20.** Superficie de cultivos

CULTIVO	SUPERFICIE (%)	SUPERFICIE (ha)
Cítricos	24	591,61
Hortícolas	10	246,50
Olivar	5	147,90
Cereal	31	739,51
Barbecho	30	739,51
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>2.465,04</b>

En la siguiente tabla se indican los coeficientes según la FAO de los diferentes cultivos más significativos en la zona de Almería.

Los valores de  $ET_c$  constituyen las necesidades hídricas brutas de los cultivos para su desarrollo óptimo y representan la cantidad de agua que debe existir en la zona radical de un cultivo para satisfacer su demanda evaporativa. La  $ET_c$  de un cultivo se determina en función del clima, cuyo efecto se engloba en el concepto de evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ), y las características propias del cultivo, efecto que se engloba en el concepto de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ).

Para facilitar la entrada de los datos de superficie de cultivo que se va a sembrar una vez instalado el regadío se han agrupado algunos cultivos en función de los ciclos de cultivo y necesidades hídricas similares.

Una vez conocida las alternativas se van a presentar las tablas con los datos utilizados para cada uno de los cultivos. Hay que destacar que para realizar el cálculo de la  $ET_c$  del cereal se ha cogido como referencia la cebada. Para el cálculo de los cítricos se ha obtenido realizando la media del limonero y del naranjo. Y para obtener la  $ET_c$  de los hortícolas se ha hecho la media durante los meses de enero a marzo y de octubre a diciembre de la col y la cebolla y durante los

meses de abril a septiembre la media de tomate melón y pimiento.

En la siguiente hoja se presentan las tablas de Kc y de ETc para la alternativa de cultivos previamente descrita.

**Tabla 21. Coeficiente Kc según cultivos**

		KC											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CÍTRICOS	NARANJO	0,40	0,42	0,48	0,46	0,66	0,63	0,67	0,72	0,70	0,62	0,30	0,35
	LIMONERO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
FRUTALES	OLIVO	0,50	0,50	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,60	0,65	0,50
FORRAJES	CEBADA	0,70	0,90	0,95	0,95	0,50	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,35	0,70
HORTÍCOLAS	PIMIENTO	0,00	0,00	0,00	0,40	0,70	0,75	1,05	1,05	0,90	0,00	0,00	0,00
	MELON	0,00	0,00	0,00	0,40	0,60	0,90	0,90	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00
	TOMATE	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,80	1,10	1,10	0,90	0,00	0,00	0,00
	CEBOLLA	0,95	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95
	COL	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,75	1,05	1,05

**Tabla 22. Valores de ETc según cultivos**

		ETc											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CÍTRICOS	NARANJO	18,21	24,22	39,58	50,77	89,58	95,98	111,78	110,48	80,93	50,12	16,87	15,33
	LIMONERO	20,49	25,95	37,10	49,67	61,08	68,56	75,08	69,05	52,02	36,38	25,30	19,71
FRUTAL	OLIVO	22,77	28,83	53,59	66,23	74,65	83,79	91,76	84,39	63,59	48,50	36,54	21,90
FORRAJES	CEBADA	31,87	51,89	78,33	104,86	67,87	0,00	0,00	0,00	11,56	8,08	19,68	30,65
HORTÍCOLAS	PIMIENTO	0,00	0,00	0,00	44,15	95,01	114,26	175,18	161,11	104,05	0,00	0,00	0,00
	MELÓN	0,00	0,00	0,00	44,15	81,44	137,12	150,16	107,41	0,00	0,00	0,00	0,00
	TOMATE	0,00	0,00	0,00	55,19	67,87	121,88	183,52	168,78	104,05	0,00	0,00	0,00
	CEBOLLA	43,26	57,66	82,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,60
	COL	43,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,71	60,63	59,03	45,98

### 8.3 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS NETAS DE LOS CULTIVOS (Nm)

Estas necesidades constituyen la cantidad de agua que se ha de suministrar a la zona radical del cultivo mediante el riego. Las necesidades de agua de este anejo están calculadas para 2.465,04 ha, ya que es la superficie regable con el agua disponible actualmente.

Para calcular las necesidades netas de riego se aplica el balance hídrico que se expresa a continuación:

$$N_n = (ET_c + P_p + E_s) - (P_e + G_e + E_s') + \Delta W$$

donde:

- **Nn:** Necesidades netas de riego (mm)
- **Pe:** Precipitación efectiva (mm)
- **Ge:** Ascensión capilar (mm)
- **Es y Es´:** Escorrentía superficial (entradas o salidas) (mm)
- **ET<sub>c</sub>:** Evapotranspiración del cultivo (mm)
- **Pp:** Percolación profunda (mm)
- **ΔW:** Variación de la reserva de agua en el suelo (ya sea negativa o positiva) (mm)

Al prescindir por su pequeña entidad y su déficit valoración de los términos Es, Es´, Pp, ΔW y Ge la fórmula simplificada toma la forma:

$$Nn = ET_c - Pe$$

donde:

- **Nn:** Necesidades netas de riego (mm)
- **PE:** Precipitación efectiva (mm)
- **ET<sub>c</sub>:** Evapotranspiración del cultivo (mm)

Como se puede observar en la formula anterior es indispensable conocer la frecuencia y el volumen de las lluvias para planificar el riego. Sin embargo, no toda la precipitación que cae resulta efectiva, parte de ella se pierde en forma de escorrentía, precolación profunda o evaporación. La parte de lluvia aprovechada por el cultivo se ha calculado mediante las formulas aconsejadas por el USSCS (United States Soil Conservation Service). En el apartado de "Precipitación efectiva" se ha decidido que sea este el método elegido para realizar el cálculo.

$$PE = (125 - 0.2 \cdot P) \cdot P / 125 \quad \text{si } P < 250 \text{ mm/mes}$$

$$PE = 0.1 \cdot (P - 125) \quad \text{si } P > 250 \text{ mm/mes}$$

donde:

- **P:** Precipitación total (mm)
- **PE:** Precipitación efectiva (mm)

**Tabla 23. Valores de precipitación**

PRECIPITACIÓN													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
<b>PRECIPITACIÓN</b>	23,00	21,00	15,00	20,00	14,00	10,00	1,00	1,00	12,00	28,00	28,00	23,00	196,00
<b>PREC. EFEC DIA</b>	0,71	0,72	0,47	0,65	0,44	0,33	0,03	0,03	0,39	0,86	0,89	0,71	6,25
<b>PREC. EFEC MES</b>	22,15	20,29	14,64	19,36	13,69	9,84	1,00	1,00	11,77	26,75	26,75	22,15	189,39

En la siguiente tabla están calculadas las necesidades de riego netas en metros cúbicos para cada cultivo, utilizando la ecuación de necesidades netas simplificada. Tal y como se ha explicado en el apartado de antecedentes se ha optado por mantener las alternativas de cultivos adoptadas para conseguir el cálculo de necesidades netas en el proyecto original.

**Tabla 24. Necesidades de riego netas (Nm)**

CULTIVO		CÍTRICOS	OLIVAR	HORTÍCOLAS	BARBECHO	TOTALES m3/mes
<b>Superficie (%)</b>		20%	40%	10%	30%	100%
<b>Superficie (ha)</b>		493,01	986,02	246,50	73*9,51	2.465,04
<b>Necesidades de riego (m3)</b>	<b>Enero</b>	0,00	0,00	52.025,32	0,00	52.025,32
	<b>Febrero</b>	23.600,73	0,00	46.052,06	0,00	69.652,79
	<b>Marzo</b>	116.839,21	0,00	83.576,93	0,00	200.416,14
	<b>Abril</b>	152.147,14	26.771,37	70.178,19	0,00	249.096,70
	<b>Mayo</b>	303.912,83	333.465,49	167.012,01	0,00	804.390,34
	<b>Junio</b>	357.089,88	578.976,72	282.448,03	0,00	1.218.514,62
	<b>Julio</b>	455.699,75	894.945,08	415.661,31	0,00	1.766.306,14
	<b>Agosto</b>	437.611,14	822.266,23	356.859,40	0,00	1.616.736,76
	<b>Septiembre</b>	269.705,67	339.921,55	151.647,69	0,00	761.274,92
	<b>Octubre</b>	81.351,72	0,00	41.758,41	0,00	123.110,13
	<b>Noviembre</b>	0,00	0,00	39.794,16	0,00	39.794,16
	<b>Diciembre</b>	0,00	0,00	53.339,82	0,00	53.339,82
<b>Anual</b>	2.197.958,06	2.996.346,44	1.760.353,34	0,00	<b>6.954.657,84</b>	

#### 8.4 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES BRUTAS DE LOS CULTIVOS (Nb)

Estas necesidades representan la cantidad de agua que el sistema de riego ha de proporcionar a pie de parcela para que, tras descontarse las pérdidas de agua debido a la ineficiencia del sistema de riego (ningún sistema tiene una eficiencia del 100 %) la cantidad de agua que realmente se almacene en dicha zona radical sea igual a las Nn del cultivo.

La eficiencia de aplicación del riego se define como la relación entre el volumen de agua que queda almacenado en la zona radicular del cultivo y el volumen aplicado a la parcela en riego. Para cada mes y cultivo, las necesidades brutas de riego de los cultivos ( $N_b$ ) se calcularon mediante la expresión siguiente:

$$N_b = N_n / E_a$$

donde:

- **$N_b$ :** Necesidades brutas de riego mensuales del cultivo,  $\text{mm mes}^{-1}$ .
- **$E_a$ :** Eficiencia de aplicación del riego, en tanto por uno.
- **$N_n$ :** Necesidades hídricas netas mensuales del cultivo,  $\text{mm mes}^{-1}$ .

La eficiencia de los sistemas de riego es muy variable y depende de las propias características del sistema particular y del manejo del mismo. En este anejo, a efectos de simplificación, se han aplicado eficiencias de riego de 0,9 puesto que es un valor aceptable para un sistema por goteo o aspersión.

En la siguiente tabla están calculadas las necesidades de riego brutas mensuales en metros cúbicos para cada cultivo, utilizando la ecuación de necesidades brutas. Sin embargo, la planificación de la frecuencia de riego será variable según los cultivos. Con lo anterior se quiere expresar que para encontrar la frecuencia óptima en cada cultivo se debería tener en cuenta el régimen de humedad a que se ven sometidos los cultivos en el suelo, estando la misma condicionada por los factores locales (tipo de suelo, uniformidad de aplicación, profundidad de las raíces, etc.).

**Tabla 25. Necesidades de riego brutas (Nb)**

CULTIVO		CÍTRICOS	OLIVAR	HORTÍCOLAS	BARBECHO	TOTALES m3/mes
Superficie (%)		20%	40%	10%	30%	100%
Superficie (ha)		493,01	986,02	246,50	739,51	2.465,04
Necesidades de riego (m3)	Enero	0,00	0,00	57.805,92	0,00	57.805,92
	Febrero	26.223,03	0,00	51.168,96	0,00	77.391,99
	Marzo	129.821,34	0,00	92.863,26	0,00	222.684,60
	Abril	169.052,38	29.745,96	77.975,77	0,00	276.774,11
	Mayo	337.680,92	370.517,21	185.568,90	0,00	893.767,04
	Junio	396.766,53	643.307,47	313.831,14	0,00	1.353.905,14
	Julio	506.333,05	994.383,42	461.845,90	0,00	1.962.562,38
	Agosto	486.234,60	913.629,14	396.510,44	0,00	1.796.374,18
	Septiembre	299.672,97	377.690,61	168.497,44	0,00	845.861,02
	Octubre	90.390,79	0,00	46.398,23	0,00	136.789,03
	Noviembre	0,00	0,00	44.215,74	0,00	44.215,74
	Diciembre	0,00	0,00	59.266,47	0,00	59.266,47
	<b>Anual</b>	<b>2.442.175,62</b>	<b>3.329.273,82</b>	<b>1.955.948,16</b>	<b>0,00</b>	<b>7.727.397,60</b>

Cabe destacar que la dotación anual permitida por las comunidades de regantes en total no puede superar 7.738.819 m3/año. Una vez conocidos los resultados de necesidades brutas de cada uno de los cultivos se van a realizar los cálculos de los totales.

**Tabla 26. Necesidades de riego brutas totales**

Mes	N. Brutas (m3/mes)	N. Brutas (m3/ha*mes)	N. Brutas (m3/día)
Enero	57.805,92	23,45	1.864,71
Febrero	77.391,99	31,40	2.764,00
Marzo	222.684,60	90,34	7.183,37
Abril	276.774,11	112,28	9.225,80
Mayo	893.767,04	362,58	28.831,19
Junio	1.353.905,14	549,24	45.130,17
Julio	1.962.562,38	796,16	63.308,46
Agosto	1.796.374,18	728,74	57.947,55
Septiembre	845.861,02	343,14	28.195,37
Octubre	136.789,03	55,49	4.412,55
Noviembre	44.215,74	17,94	1.473,86
Diciembre	59.266,47	24,04	1.911,82
<b>TOTALES</b>	<b>7.727.397,60</b>	<b>3.134,79</b>	<b>21.170,95</b>

## **9 PARÁMETROS DEL RIEGO**

El consumo en el mes punta de la alternativa indicada es de 52.194,61 m<sup>3</sup>/mes. Con estas cifras calculamos los parámetros de riego de caudal ficticio continuo y consumo anual por hectárea.

### **9.1 CAUDAL FICTICIO CONTINUO**

El Caudal ficticio continuo puede definirse como el caudal estricto que habría que suministrar por hectárea 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.

Los cálculos vienen expresados por la siguiente fórmula

$$q = \frac{Nb(m3) \cdot 1000}{30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot Superficie} = q \text{ l/s} \cdot ha$$

El caudal ficticio en el mes de máxima necesidad es junio según la formula anterior es de:

$$q = \frac{1.192.562,38 \cdot 1000}{24 \cdot 30 \cdot 3600 \cdot 2.465,04} = 0,31 \text{ l/s} \cdot ha$$

### **9.2 JORNADA EFECTIVO DE RIEGO Y RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA RED**

El rendimiento operativo “r”, mide la proporción del tiempo en que efectivamente se rellenan balsas, descontando los periodos de reparación o mantenimiento, los días inhábiles en distribución respecto al tiempo diario total disponible. Es preciso considerar este factor para determinar el tiempo de uso de cada hidrante, ya que, en el cómputo del caudal ficticio continuo qfc, se supone una aportación ininterrumpida de agua a lo largo de las 24 horas del día.

Establecemos una jornada efectiva de riego (en realidad distribución) de 15 horas, para cuadrar 2 turnos de riego de 7,5 horas cada uno. Y además se va a estimar que se van a regar 20 días al mes para tener un margen de seguridad en caso de averías.

### **9.3 CAUDAL FICTICIO CONTINUO CORREGIDO**

Si corregimos el caudal ficticio continuo mediante el coeficiente de rendimiento de la red

obtenemos el Caudal ficticio continuo corregido:

$$q = \frac{1.193.991,54 \cdot 1000}{15 \cdot 20 \cdot 3600 \cdot 2.465,04} = 0,5 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

Por tanto, adoptaremos el valor de 0,5 l/s ha como caudal ficticio continuo corregido para los cálculos hidráulicos.