ANEJO Nº 5

CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

ANEJO Nº 5.- CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

ÍNDICE

5.1- ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

5.1.1.- Introducción

5.1.2.- Valores climáticos

5.1.3.- Evapotranspiración

5.1.4.- Caracterización climática

5.2.- PLUVIOMETRÍA E HIDROLOGÍA

5.2.1.- Introducción

5.1.2.- Precipitaciones obtenidas con el programa MAXPLUWIN

ANEJO Nº 5.- CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

5.1.- ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

5.1.1.- INTRODUCCIÓN

Para el estudio de las condiciones climáticas de la zona concreta donde se propone implantar el área de servicio, se han consultado los datos climatológicos registrados en la estación termo-pluviométrica de *Tordesillas "Iberduero"*, al ser la más próxima (la estación existente en la localidad de Mota del Marqués es exclusivamente pluviométrica) y disponer la misma de la serie de datos más completa para el análisis climático de la zona. A continuación, se recoge la localización exacta de la estación mencionada, junto con la altitud a la que se encuentra.

ESTACIÓN	TIPO DE ESTACIÓN	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
TORDESILLAS "IBERDUERO"	Termo-Pluviométrica	5º 00´ W	41º 30´	703 m.

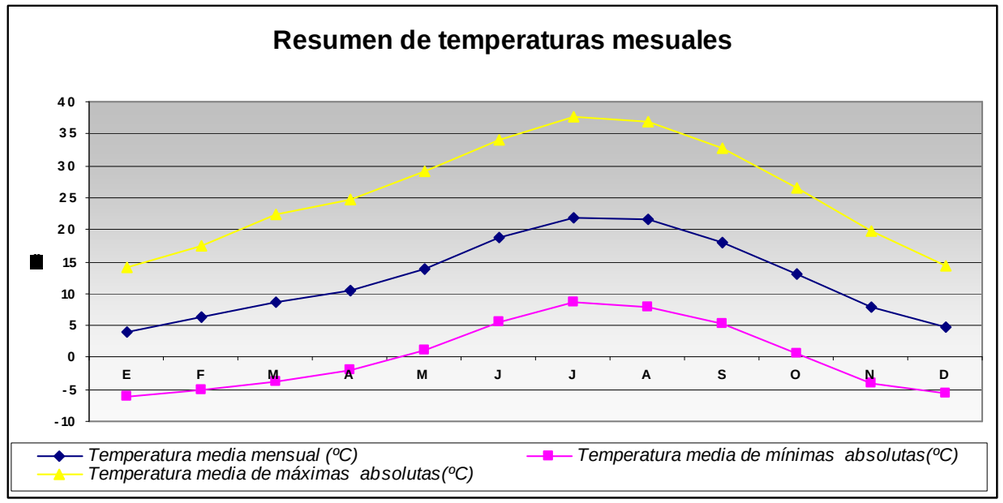
5.1.2.- VALORES CLIMÁTICOS

a) Régimen térmico

Promediando los valores registrados (para los distintos parámetros térmicos analizados), a lo largo de más de 20 años en la estación termo-pluviométrica citada, se obtienen las cifras reflejadas en la siguiente tabla de valores, los cuales han quedado representados en el gráfico adjunto. Los valores medios obtenidos servirán para la determinación de los índices climáticos utilizables en el diseño de las plantaciones y en la valoración agrológica de los suelos ocupados por el área de servicio (régimen pluviométrico, índice de aridez, índice termo pluviométrico, etc.).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Temperatura media mensual (ºC)	4,0	6,3	8,7	10,5	13,9	18,7	21,9	21,5	18,0	13,1	7,9	4,7	12,4
Temperatura media de mínimas absolutas(ºC)	-6,1	-5,1	-3,8	-2,0	1,2	5,5	8,5	8	5,2	0,75	-3,9	-5,5	-8,0
Temperatura media de máximas absolutas (ºC)	14,0	17,6	22,4	24,8	29,1	34,1	37,6	36,9	32,7	26,4	19,8	14,4	38,3

Resumen de datos térmicos.



La temperatura media anual, se sitúa en 12,4 ºC, siendo el mes más cálido julio con una temperatura media de 21,9 ºC , seguido de agosto con 21,5 ºC. Por el contrario, el mes más frío corresponde a enero donde la temperatura media descendió hasta los 4,0 ºC. La amplitud térmica, por tanto, alcanza los 17,9 ºC. Por último, señalar que la temperatura media de máximas en el mes más cálido se situó en los 30,7 ºC, alcanzando la temperatura media de mínimas del mes más frío los -0,3 ºC.

b) Régimen pluviométrico

La situación de la provincia vallisoletana, en el centro de la región, determina en gran medida el clima reinante en la misma, quedando definido por los rasgos característicos del área central de la cuenca: acusada continentalidad, inviernos largos y severos, veranos frescos principalmente al anochecer y precipitaciones moderadas que tienden a crecer hacia el nordeste y sudeste como resultado de la proximidad de las montañas y, en general, caracterizadas por una fuerte irregularidad interanual.

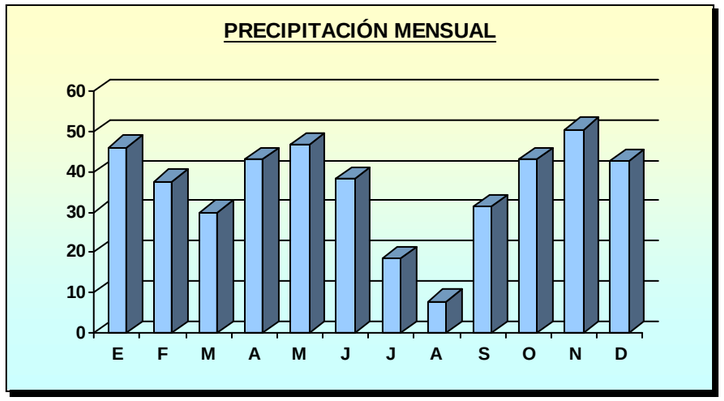
En general la provincia registra índices de precipitación moderados, cifrados entre los 400 y los 500 mm anuales. Las precipitaciones más abundantes se reciben durante los meses comprendidos entre octubre y diciembre, alcanzándose el máximo durante este último mes, y entre marzo y junio, con un segundo máximo en este mes. Enero y febrero cuentan con aportes algo escasos y julio y agosto se caracterizan por ser francamente secos; septiembre recupera algo de la precipitación perdida durante los meses estivales, debido principalmente a la inestabilidad reinante en esta época del año, por el paso de los frentes fríos.

Tras estos apuntes sobre el régimen de las precipitaciones en el entorno provincial, se estudia, la situación a este respecto, en el ámbito de actuación.

En la siguiente tabla, se incluyen los datos mensuales y anuales promedios de precipitación medidos en milímetros y pluviometría máxima en 24 horas, así como el promedio de días de lluvia y nieve a lo largo del año, registrado.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Precipitación total mensual (mm)	46,15	37,65	30,05	43,05	46,85	38,2	18,45	7,8	31,5	43,1	50,55	42,85	436,15
Pluviometría máxima en 24 horas (mm)	14,2	10,85	10,5	12,85	13,3	16,05	10,2	4,65	14,25	15,95	16,85	13,05	29,6

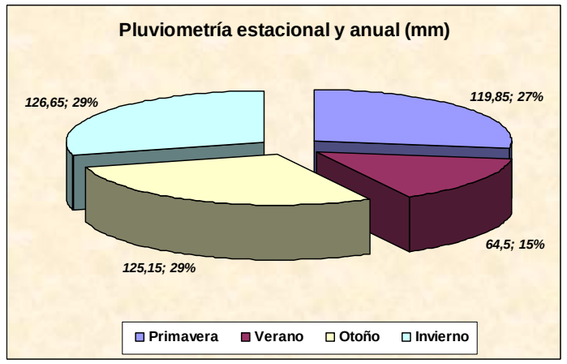
A continuación, se adjunta un gráfico que recoge los datos promedio relativos a las precipitaciones medias mensuales, presentados anteriormente.



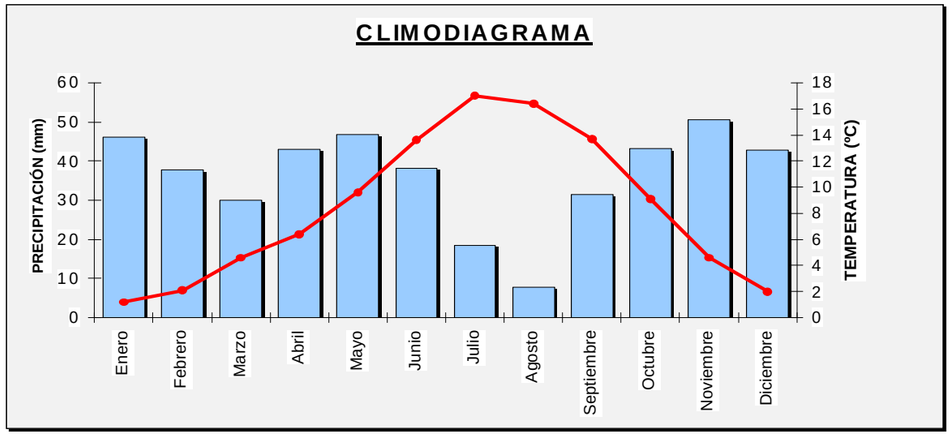
Como queda reflejado en la tabla precedente, la precipitación media anual se sitúa en 436,15 mm, recibiendo los meses más fríos, principalmente desde octubre hasta febrero, los mayores aportes de agua de lluvia; destaca la cantidad de agua recibida durante los meses de marzo, abril y mayo respecto al resto, dado que superan los 40 mm. Estas cifras reflejan cierta homogeneidad en el reparto de agua de lluvia durante el año, quedando solamente los meses de julio y agosto alejados de estos valores de similitud.

Los valores de precipitación máxima en 24 horas, que representan los días de cada mes en los que se recogieron mayores cantidades de agua, son muy similares en todos los meses a excepción de agosto, en el cual, el rasgo de aridez estival se acentúa; estos datos continúan reflejando el reparto homogéneo de las precipitaciones a lo largo del año con la referida excepción del verano. Cabe destacar, que el valor máximo recae en el mes de junio, debiéndose a los chubascos tormentosos que suelen acaecer en los primeros días de verano. A lo largo de las estaciones del año, estos aportes hídricos se distribuyen de la siguiente manera:

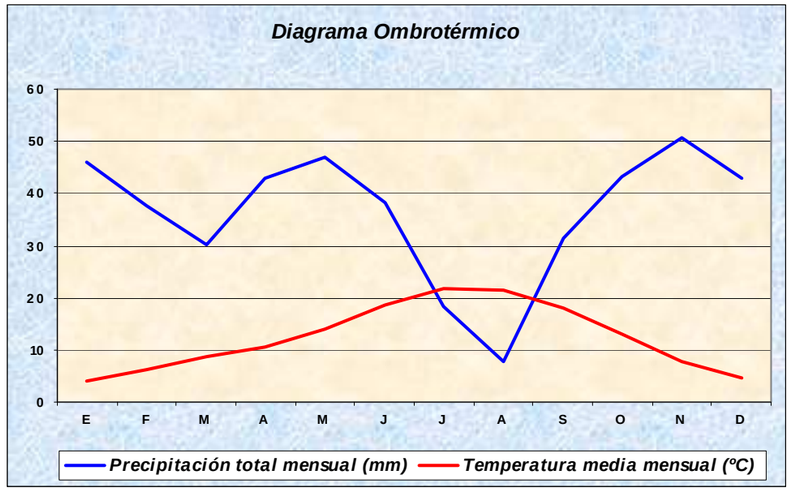
INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
126,65	119,85	64,5	125,15
29%	27%	15%	29%



El estudio conjunto de los valores de precipitación y temperatura resulta de gran interés a la hora de analizar y caracterizar el clima, dando una idea general y bastante precisa del mismo; la puesta en común de los valores registrados durante el mismo rango temporal para ambos parámetros en un gráfico denominado climodiagrama, resulta notablemente intuitiva, por lo que frecuentemente suele recurrirse al estudio de estos gráficos.



Observando el climodiagrama anterior se aprecia que el clima reinante, en rasgos generales, se corresponde con un clima caracterizado por la influencia mediterránea y la templado – atlántica, con temperaturas bajas durante gran parte del año, a excepción del verano donde se suavizan, y por un rango medio de precipitaciones. A continuación se incluye un diagrama ombrotérmico de Gaussen, en el que se representan nuevamente los datos anteriores, mediante dos curvas, al objeto de determinar la extensión del periodo seco.



Como se apuntaba en el párrafo precedente, el estudio de los diagramas ombrotérmicos, permite apreciar de forma gráfica la existencia y la duración de los periodos secos, considerándose la extensión de éstos como el área delimitada entre el cruce entre las curvas de precipitación y temperatura, cuando esta última se encuentra por encima de la correspondiente a la precipitación; en este caso, la extensión del periodo seco se limita únicamente a los meses de julio y agosto.

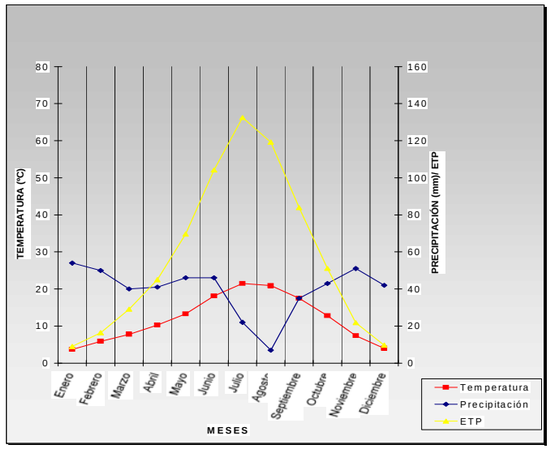
5.1.3.- **EVAPOTRANSPIRACIÓN**

La evapotranspiración, concepto introducido por Charles Thornthwaite en

1948, se define como la *máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones, y en el supuesto caso de no existir limitaciones en la disponibilidad de agua*. Con esta definición, la magnitud de la ETP está regulada solamente por las condiciones meteorológicas o climáticas, según el caso, del momento o período para el cual se realiza la estimación, dependiendo principalmente de la demanda evaporativa del aire y, por tanto, de la humedad relativa y de la temperatura. La media de los datos de Evapotranspiración potencial media mensual registrados, se reflejan en la siguiente tabla:

Meses	**E**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**TOTAL**
ETP (mm)	9,3	16,6	32,0	44,3	72,2	107,4	134,0	122,5	84,8	51,0	22,7	11,2	708,35

Se incluye a continuación la curva de ETP correspondiente a los datos aportados, su estudio ayudará a la determinación del período con mayor déficit hídrico.



Teniendo en cuenta únicamente las curvas de ETP y precipitación, desde abril hasta octubre, el suelo y la vegetación acusarían un déficit de agua, evaporándose más de lo que precipita. Durante los meses húmedos el agua precipitada en exceso es retenida por el suelo hasta completar su capacidad de retención, de manera que, una vez superada dicha capacidad, el agua en exceso se desplaza hacia capas más profundas del suelo.

En julio, coincidiendo con el punto más alto de la curva de la ETP (134,0 mm), se alcanzaría el máximo déficit hídrico.

5.1.4.- **CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA**

Para caracterizar de forma cuantitativa las variaciones climáticas existentes en la zona de estudio, se presentan a continuación una serie de índices generales, así como otros índices agroclimáticos que permiten determinar el tipo de clima en base a diferentes criterios. Los índices agroclimáticos presentan su importancia a efectos de elegir posteriormente la vegetación en las zonas verdes del área de servicio.

- *Atendiendo a la temperatura*, un clima se puede clasificar en:

  - ❖ FRÍO si la temperatura media es < 5º C.
  - ❖ FRESCO temperaturas entre 5 y 15 ºC
  - ❖ TEMPLADO si 15º <T ª media< 25º C.
  - ❖ CÁLIDO si la temperatura es > 25º C.

La temperatura promedio obtenida en las estaciones consultadas corresponde a 12,4º C, lo que define el clima de la zona como FRESCO.

- *Por lo que respecta a la diferencia de temperatura media entre el mes más cálido y el más frío, se clasifican en*:

  - ❖ CÁLIDO si la temperatura es > 25º C.

- FRÍO si la temperatura media es < 5º C.
- REGULAR si la diferencia de temperatura es < 10 º C.
- MODERADO si la diferencia oscila entre los 10 y 20 º C.
- EXTREMO si la diferencia de temperatura es > 20 º C.

El mes con la temperatura media más cálida es julio con 21,9 ºC, siendo el más frío enero con 4,0 ºC, existiendo entre ambos una diferencia de 17,9 ºC. Por lo tanto, el clima se define como MODERADO.

La temperatura media anual, resultante del promedio de ambas estaciones se sitúa en 12,4 ºC, siendo el mes más cálido julio con una temperatura media de 21,9 ºC , seguido de agosto con 21,5 ºC. Por el contrario, el mes más frío corresponde a enero donde la temperatura media descendió hasta los 4,0 ºC. La amplitud térmica por lo tanto, alcanza los 17,9 ºC. Por último, señalar que la temperatura media de máximas en el mes más cálido se situó en los 30,7 ºC, alcanzando la temperatura media de mínimas del mes más frío los -0,3 ºC.

- El *índice propuesto por Lang* se basa en analizar la relación existente entre la temperatura y el grado de aridez; este índice de efectividad de precipitación queda determinado por un coeficiente que resulta de aplicar la siguiente fórmula: L=R/T, donde R es la precipitación media anual, en mm y T la temperatura media anual, en ºC.Los climas quedan clasificados, según estos criterios, en:

  - ÁRIDOS si L <40
  - HÚMEDOS si 40 < L <160
  - SUPERHÚMEDOS si L>160

En el caso de el área de estudio, L = 436,15/ 12,4 = 35,172 mm / ºC, lo que define el clima como ÁRIDO.

- *Clasificación agroclimática de Köpen*:

Consiste en una clasificación climática mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones. En esta clasificación juega un papel importante el índice K, definido de la siguiente manera:

- K = 2t + 14 Régimen pluviométrico uniforme
- K = 2t + 28 Presenta un máximo en verano
- K = 2t Máximo en invierno
- t = Temperatura media anual

A la vista de los datos presentados anteriormente, el clima de la zona presenta entre otras, las siguientes características:

- Precipitación media anual: 436,15 mm
- Temperatura media anual: 12,4ºC
- Temperatura media del mes más frío: 4,0ºC

A la vista de estos datos, la zona de estudio presenta un clima de bosque mediterráneo, donde el mes más frio es >0ºC y <18ºC, mientras que el mes más calido es >10ºC. Con estos datos el clima de la zona pertenece al grupo Csb.

- *Índice de aridez de Martonne*:

El índice de aridez se expresa a nivel del balance anual, relacionando la precipitación con la temperatura media anual. Para el análisis de este índice se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_a = P/[tm+10]$$

donde:

Ia= Índice de aridez

P= Precipitación media anual en mm

tm= Temperatura media anual en ºC

Con arreglo a este índice, Martonne clasifica los climas del siguiente modo:

Valor de I_a	Zona
0 - 5	Desiertos (Hiperárido)
5 - 10	Semidesierto (Arido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmeda
30 - 60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

Según los datos climáticos promedio obtenidos en las estaciones muestreadas se ha obtenido el siguiente valor del índice de aridez:

Ia= 436,15/ (12,4+10) =19,47, siendo por tanto un clima semiárido de tipo mediterráneo.

- *Índice termopluviométrico de Dantin Cereceda y Revenga*:

Con objeto de destacar la aridez de una zona climática Dantin y Revenga proponen utilizar otro índice termopluviométrico con la siguiente expresión: I_{DR}=100T/P

Donde:

P= Precipitación media anual en mm (436,15 mm)

T= Temperatura media anual en ºC (12,4ºC)

Con estos datos, el valor del índice de Dantín Cereceda y Revenga es:

$$I_{DR}=100 \times 12,4 / 436,15= 2,84$$

Según el valor del índice de Dantín Cereceda y Revenga tenemos la siguiente clasificación:

I_{DR}	Zonas climáticas
$I_{DR} > 4$	Zonas áridas
$4 \geq I_{DR} > 2$	Zonas semiáridas
$I_{DR} \leq 2$	Zonas húmedas y subhúmedas

Siguiendo esta clasificación la zona de estudio queda englobada dentro de la zona semiárida.

5.2.- **PLUVIOMETRÍA E HIDROLOGÍA**

5.2.1.- **INTRODUCCIÓN**

El objetivo final de este epígrafe es determinar el valor máximo de la precipitación en 24 horas para los distintos periodos de retorno habituales, que son de 25, 50, 100 y 500 años.

Para la determinación de la lluvia máxima que puede producirse para los distintos periodos de retorno en cada cuenca que es interceptada por la traza de la carretera, se emplea el método del cálculo de las precipitaciones máximas en 24 horas con el programa MAXPLUWIN, el cual ha sido editado por el Ministerio de Fomento. Como resultado de este proceso, se obtiene la precipitación máxima en 24 horas, con

la que se calcularan las intensidades horarias máximas.

5.2.2.- **PRECIPITACIONES OBTENIDAS CON EL PROGRAMA MAXPLUWIN**

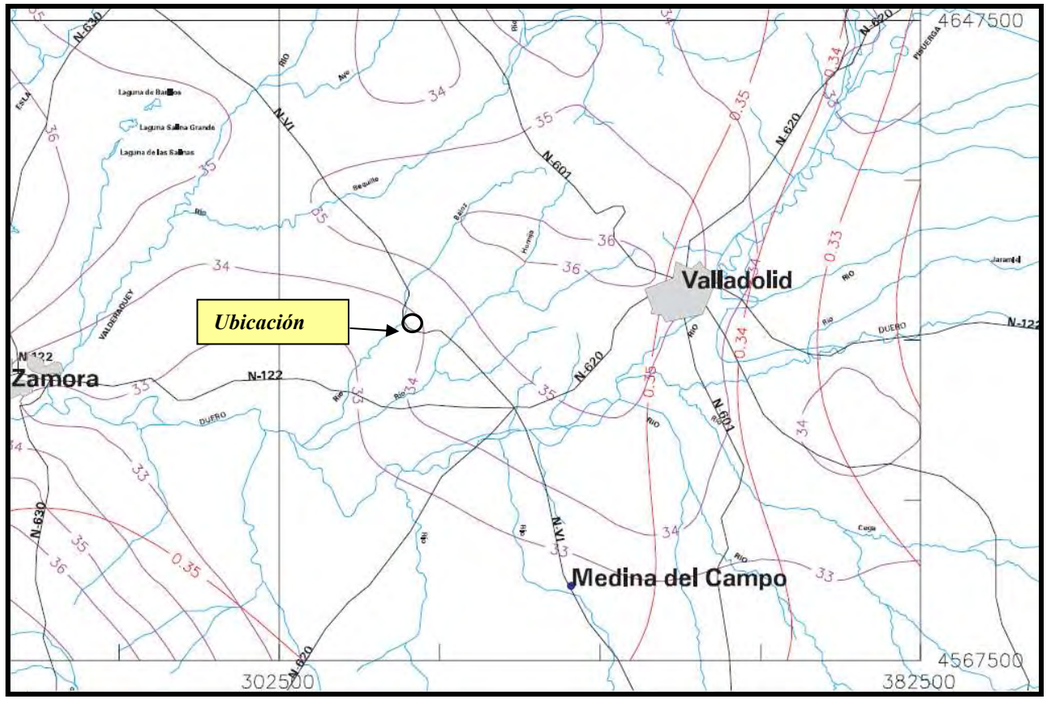
Este programa informático se integra dentro de la publicación *"Máximas lluvias diarias en la España peninsular"*, editada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

El procedimiento operativo de obtención de las precipitaciones diarias máximas para los periodos de retorno que se mencionan consiste en usar los planos y tablas incluidos en la publicación antes citada, siguiendo el siguiente procedimiento:

1.- Localización en los planos el punto geográfico deseado con la ayuda del plano-guía que se muestra en la publicación anteriormente citada.

PUNTO DESEADO	HOJA SERIE
Ubicación área	Hoja 2-2 (Valladolid)

2.- Estimación mediante las isolíneas representadas del coeficiente de variación Cv (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio P de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas). A la vista de toda esta información se obtienen los siguientes datos:



Ubicación área	Cv=0.35	P=34

3.- Para el periodo de retorno deseado T y el valor de Cv, obtener el factor de amplificación KT mediante el uso de la tabla que se muestra a continuación.

	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
Cv	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663

	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
Cv	2	5	10	25	50	100	200	500
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

4.- Realizar el producto del factor de amplificación KT por el valor medio P de la máxima precipitación diaria anual obteniendo la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado PT.

Cv	**P**	**PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)**							
		2	5	10	25	50	100	200	500
0,35	34	31,314	41,378	48,892	58,888	66,674	75,48	84,32	96,254