

ANEJO 2

HIDROLOGÍA Y DRENAJE

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	RED HIDROGRÁFICA	2
3	ESTUDIO HIDROLÓGICO	8
4	PERIODO DE RETORNO	9
5	RIESGO DE OBSTRUCCIÓN	9
6	DAÑOS	10
7	DATOS PLUVIOMÉTRICOS. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS	11
8	CÁLCULO DE CAUDALES (MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO)	14
9	DRENAJE	22
10	DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL	24

1-. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se definen los elementos de drenaje superficial, transversales y longitudinales y, en su caso subterráneos, que han de construirse a fin de evacuar de la plataforma del aeródromo las aguas que le afectan cualquiera que sea su procedencia. Por otra parte, se realizan los correspondientes cálculos hidrológicos para la obtención de los caudales de avenida correspondientes a distintos periodos de retorno en cada una de las cuencas definidas a lo largo del trazado del citado aeródromo.

2-. RED HIDROGRÁFICA

Definida la ubicación -previamente fijada- de la pista el aeródromo, y consultado el "*INFORME AMBIENTAL PLAN ESPECIAL PARA LA OBTENCION DE SUELO DOTACIONAL. AERODROMO DE ALCUBLAS*" del Ayuntamiento de Alcublas, la zona donde se va a establecer la pista del aeródromo no está afectada por cauces y ramblas, ni por posibles riesgos de inundación, adjuntando, al respecto, los planos informativos del citado Informe, *figuras 1 y 2*.

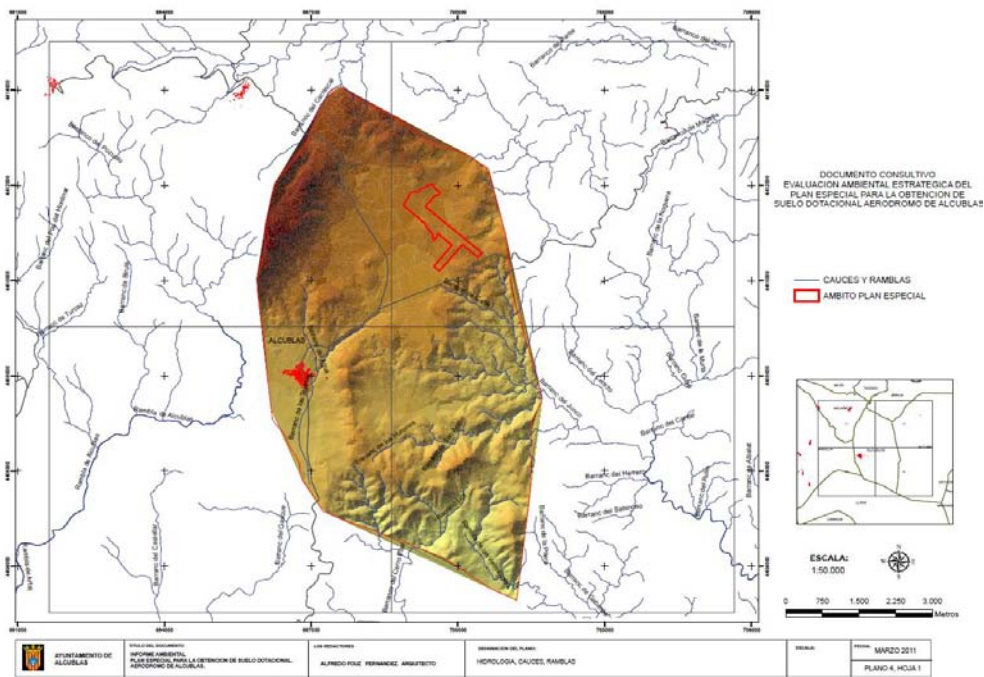


Fig.- 1 Hidrología: Cauces y ramblas

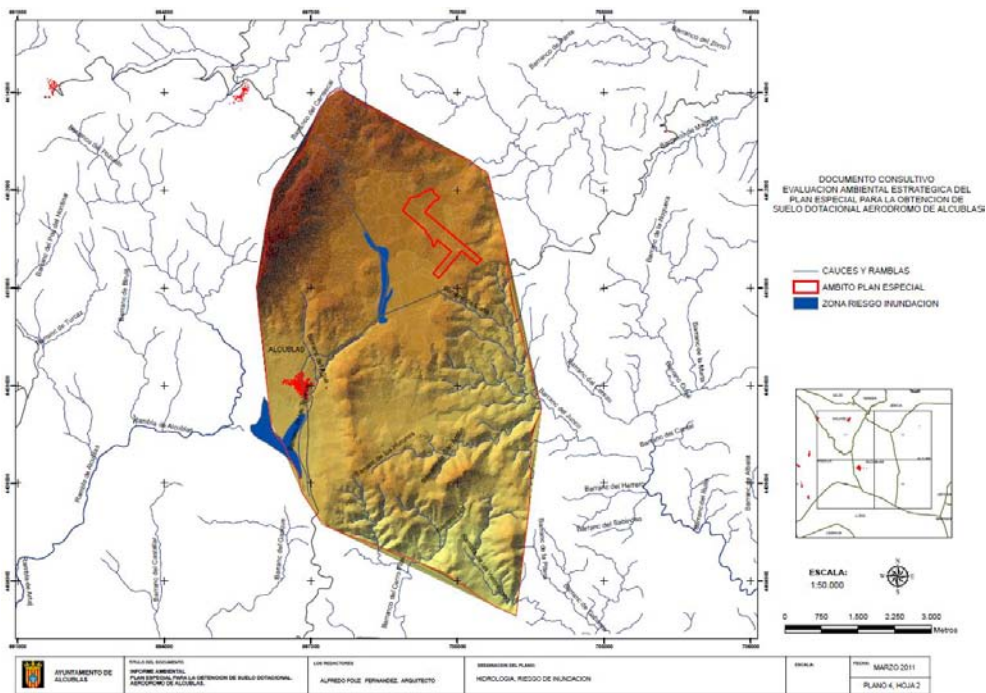


Fig.- 2 Hidrología: Riesgo de inundación

Con ello se puede avanzar que el drenaje, especialmente en su disposición transversal, es de escasa importancia para la pista del aeródromo, mientras que el longitudinal, cunetas, se verá afectado principalmente por la propia pista y su plataforma y las zonas de desmonte definidas en el trazado.

A la vista del Informe Ambiental citado anteriormente, la posible cuenca hidrológica que afecta al aeródromo, en su drenaje transversal, es una parte de la cuenca del "Rebalsador" que figura en el plano siguiente (*figura 3*). Esta cuenca, con respecto al aeródromo, es de escasa importancia, si no se considera la superficie de la pista, a la que habría que añadir, para el cálculo del caudal, la procedente de la cuneta que discurre por la margen izquierda.

Por tanto, en principio, sería suficiente colocar dos obras de fábricas de sección mínima –*condicionadas a la dimensión mínima libre de obstáculos de acuerdo con el artículo 26 apartado 4º del Plan de Acción Territorial sobre Prevención de Riesgo de la Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA) y, en su caso, a la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial" del Ministerio de Fomento*– situadas, una aguas arriba en la margen izquierda, en el punto más bajo del longitudinal del terreno, y aguas abajo, en la margen derecha, con dirección hacia el denominado "Rebalsador" donde existe la cota menor de la zona (849 m), que recogería la pequeña cuenca afectada y la otra a la altura del "Collado de la Virgen" –cruce de una vereda– necesaria para el desagüe de la cuneta y superficie afectada de la margen izquierda del trazado de la pista.

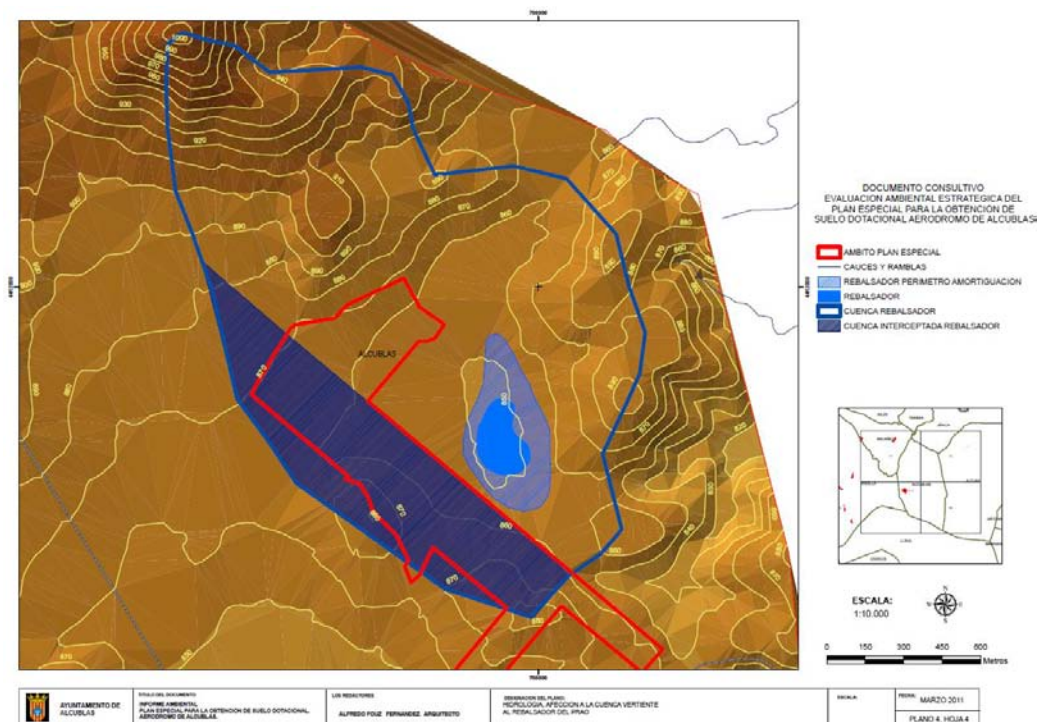


Fig.- 3 Hidrología: Afcción a la cuenca vertiente al Rebalsador del Prao

No obstante lo expuesto, parece más oportuno realizar un estudio más detallado de las posibles de las cuencas vertientes sobre la pista del aeródromo, con lo cual siempre se estará del lado de la seguridad y además tendrá un aspecto más formativo.

Para ello utilizaremos el plano escala 1/25.000 (*MTNraster25 del IGN*) y las ortofotos georreferenciadas del PNOA (*Plan Nacional Ortofotografía Aérea*) sobre la base de las curvas de nivel y la disposición de las diversas parcelas y terrenos afectados obtenemos otra delimitación con una mayor superficie.

Hay que tener en cuenta que no existen cauces definidos, aunque está claro que desde el punto más alto de la zona (*El Frontón, cota 1015*) se puede trazar una cuenca que se dirige hacia el este siguiendo prácticamente el trazado del aeródromo para terminar en el punto más bajo (*El Prado, cota 849 "El Rebalsador"*), esta cuenca está separada de la que se dirige hacia el sur (*Llano de la Balsa*) que no afecta al aeródromo. A su vez, de la primera de las cuencas referidas, sólo la subcuenca situada hacia el sur afectará al trazado del aeródromo por su margen izquierda que al discurrir en terraplén actuará como una "represa" evitando que el agua de lluvia discurra hacia el punto más bajo ya citado "*El Rebalsador*". Por último, sobre esta subcuenca, de acuerdo con las curvas de nivel y la disposición de las parcelas, hemos trazado el posible curso de agua principal.

Completando lo anterior, se ha delimitado una segunda cuenca que afectaría a la cuneta de la margen izquierda que discurre en desmonte. Tanto en este caso como en todo lo calculado en párrafos anteriores, se ha partido de un trazado previamente definido de la pista del aeródromo. Quedando todo ello representado en las figuras siguientes:

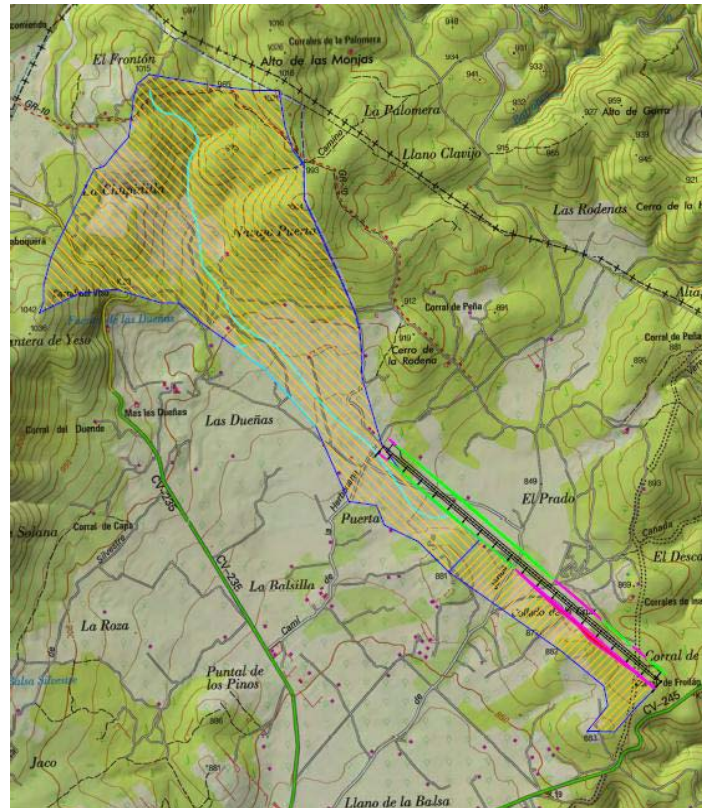


Fig.- 4: Plano 1/ 25.000 (hojas: 667 1 y 2 y 639 3 y 4)



Fig.- 5: Ortofoto del PNOA georreferenciada

En ellas (*figuras 4 y 5*) aparecen definidas las cuencas que afectan directamente a los drenajes transversal y longitudinal, con lo cual tendremos definidas gráficamente las cuencas hidrográficas que afectan a la pista del aeródromo y, por tanto, superficies, desniveles y longitudes necesarias para los cálculos.

En principio, de acuerdo con los datos del trazado de la pista y de las cuencas delimitadas comprobamos que existen dos puntos o zonas donde habría que situar obras de fábrica de drenaje transversal, la primera en el Pk 0+930, donde existe un punto bajo en el cruce de la vereda, zona denominada "Collado de la Cruz". En este punto desaguará la cuneta que recoge la cuenca nº 2 (*quedaría una pequeña superficie que es insignificante a efectos del cálculo*). La segunda, a la altura del Pk 1+300, que recoge la cuenca nº 1.

Por último, se incluyen otras dos delimitaciones para considerar el tipo de terreno (*figura 6*), una realizada directamente aprovechando la ortofoto y la otra la que figura en el Corine Land Cover del citado Informe ambiental. Con ello tendremos los tipos de cultivos a efectos del posterior cálculo del coeficiente de escorrentía de las cuencas.

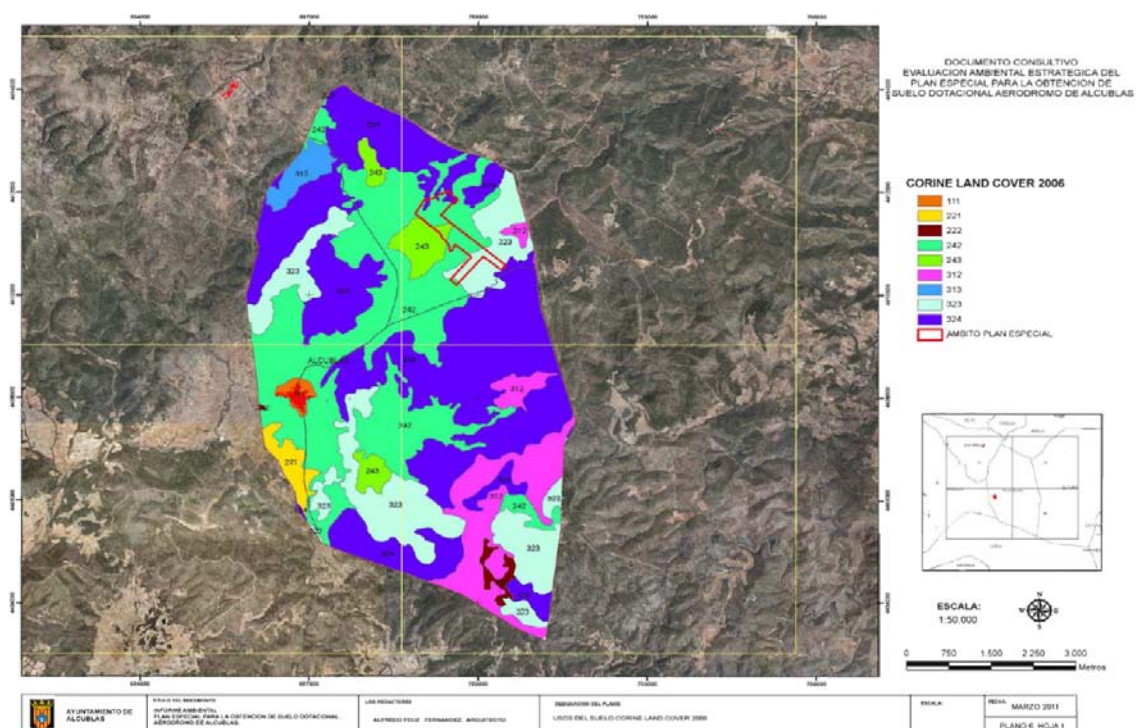
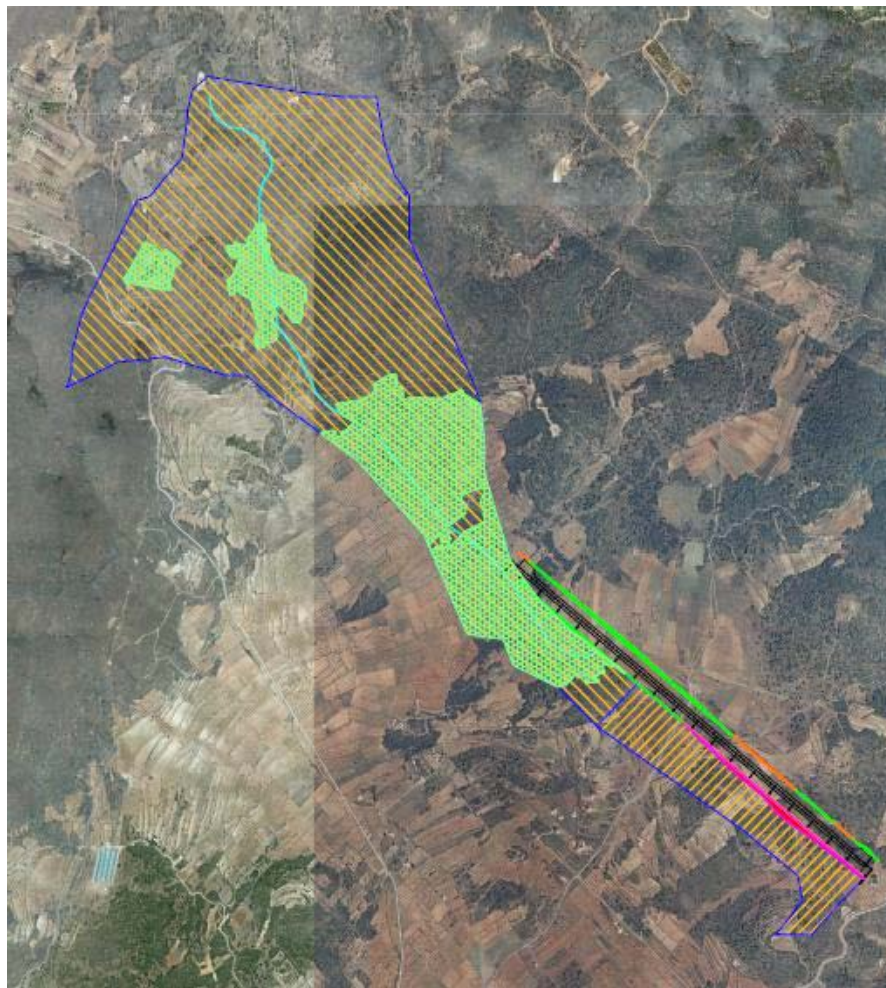


Figura 6.- Ortofoto del PNOA georreferenciada y Corine Land Cover con delimitación cultivos

3-. ESTUDIO HIDROLÓGICO

En primer lugar, como punto de partida, se calcularán los caudales de avenida mediante el "método racional modificado". Se trata de un método sencillo, pero suficientemente sancionado por la práctica de ingeniería civil en España, obteniendo resultados razonablemente buenos.

En la determinación de los caudales máximos de avenida en las sub-cuencas que vierten a la plataforma del aeródromo vamos a aplicar el método racional modificado, propuesto por J.R. Témez y recogido en el volumen "Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas" editado por la Dirección General de Carreteras del M.O.P.T..

Este método es el adoptado por la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial" del Ministerio de Fomento, que nos servirá de base para los cálculos, dado el tipo de infraestructura lineal que define la pista del aeródromo (asemejamos a una carretera).

4-. PERIODO DE RETORNO:

La selección del caudal de avenida para el que debe proyectarse un elemento de drenaje superficial está relacionada con la frecuencia de su aparición, que se puede definir por su periodo de retorno. Cuando mayor sea éste, mayor será el caudal.

Se dice que el periodo de retorno de un caudal es T cuando, como media, es superado una vez cada T años. Sin embargo, el riesgo de que ese caudal sea excedido alguna vez durante un cierto intervalo de tiempo, como por ejemplo la vida útil de una obra, depende también de la duración del intervalo.

Siguiendo la Instrucción 5.2-IC (*tabla 1.2*) y asimilando la pista a una carretera, como ya hemos indicado, adoptaremos los siguientes periodos de retorno:

Obras de drenaje transversal: **100 años**
Elementos de drenaje superficial de la plataforma y márgenes: **10 años**

5-. RIESGO DE OBSTRUCCIÓN

Las condiciones de funcionamiento de los elementos del drenaje superficial pueden verse alteradas por su obstrucción debida a cuerpos arrastrados por la corriente. El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje transversal fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente dependerá de las características de los cauces y zonas inundables, y puede clasificarse en las categorías siguientes:

- Alto: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de parecido tamaño.
- Medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.
- Bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño y en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.

En nuestro caso, y dadas las características de la vegetación existente en la zona, consideramos un **riesgo de obstrucción bajo**.

6-. DAÑOS

A efectos de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial", norma que estamos utilizando en este caso, únicamente se consideran como daños a las diferencias en los efectos producidos por el caudal de avenida entre las situaciones correspondientes a la presencia de la vía (pista del aeródromo) y de sus elementos de drenaje superficial, y a su ausencia.

Se pueden considerar tres categorías de daños:

A) Las producidas en el propio elemento de drenaje o en su entorno inmediato.

En nuestro caso se han dimensionado las diferentes soluciones para que la velocidad media no supere los valores de la *tabla 1-3* de la Instrucción, con lo cual **no se producirán daños importantes por erosión**.

B) Las interrupciones en el funcionamiento debidas a inundación de su plataforma.

De acuerdo con el *apartado 1.5.2* de la citada Instrucción podemos aplicar una **intensidad media de circulación**, IMD menor de 2000.

C) Los daños materiales a terceros por inundación de las zonas próximas a la vía, pueden ser catastróficos o no. Son daños que dependen del emplazamiento.

De acuerdo con el *apartado 1.5.3* de la citada Instrucción, los posibles daños los consideraremos “**no catastróficos**”.

7-. DATOS PLUVIOMÉTRICOS. CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS

Para la obtención de datos referentes a la pluviometría de la zona se ha optado por obtenerlos de la Monografía MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR, editado por el Ministerio de Fomento en el año 1999. Se incluyen en este apartado, los datos pluviométricos obtenidos, que junto con las características fisiográficas de las cuencas serán de utilidad en el desarrollo del método indicado.

Para la estimación de los valores máximos de lluvia, en los distintos periodos de retorno, se aplica la formula dada por el MAPA PARA EL CÁLCULO DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR. Para ello la citada publicación nos delimita España con una serie de curvas que representan un par de valores, denominados C_v y P_T , para toda la extensión del territorio español.

En nuestro caso, aeródromo de Alcublas, estos valores obtenidos mediante interpolación en dicho mapa, cuya copia se adjunta (*figuras 7, 8 y 9*) son:

$$C_v=0,50$$

$$P_T=73$$

Con estos valores aplicamos la siguiente fórmula para cada periodo de retorno:

$$P'_T=K_T \cdot P_T$$

Donde los valores de las variables vienen dados en tabla en la publicación de la que extraemos los siguientes valores a partir del periodo de retorno T y de C_v :

$$K_T=1,610 \text{ para } T= 10 \text{ años}$$

$$K_T=2,785 \text{ para } T= 100 \text{ años}$$

Así aplicando obtenemos los valores de la precipitación diaria máxima posible para los siguientes periodos de retorno:

$$T=10 \text{ años } P_{10}= 117,530 \text{ mm/día}$$

$$T=100 \text{ años } P_{100}= 203,305 \text{ mm/día}$$

C _v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	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
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	1.292	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

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_T de la Ley SQRT-ET max. también denominados Factores de Amplificación K_T , en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Figura 7.- Tabla 7.1 cálculo máximas precipitaciones

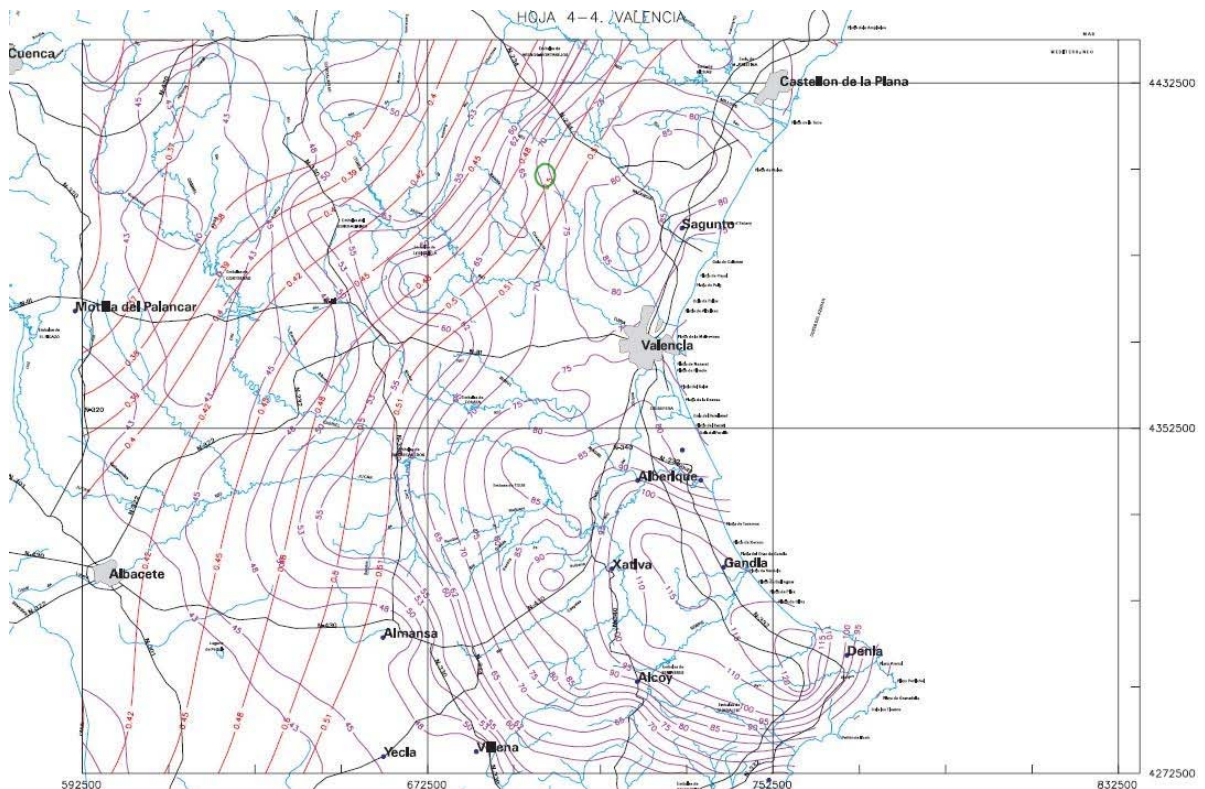


Figura 8.- Hoja 4.4. Mapa cálculo máximas precipitaciones

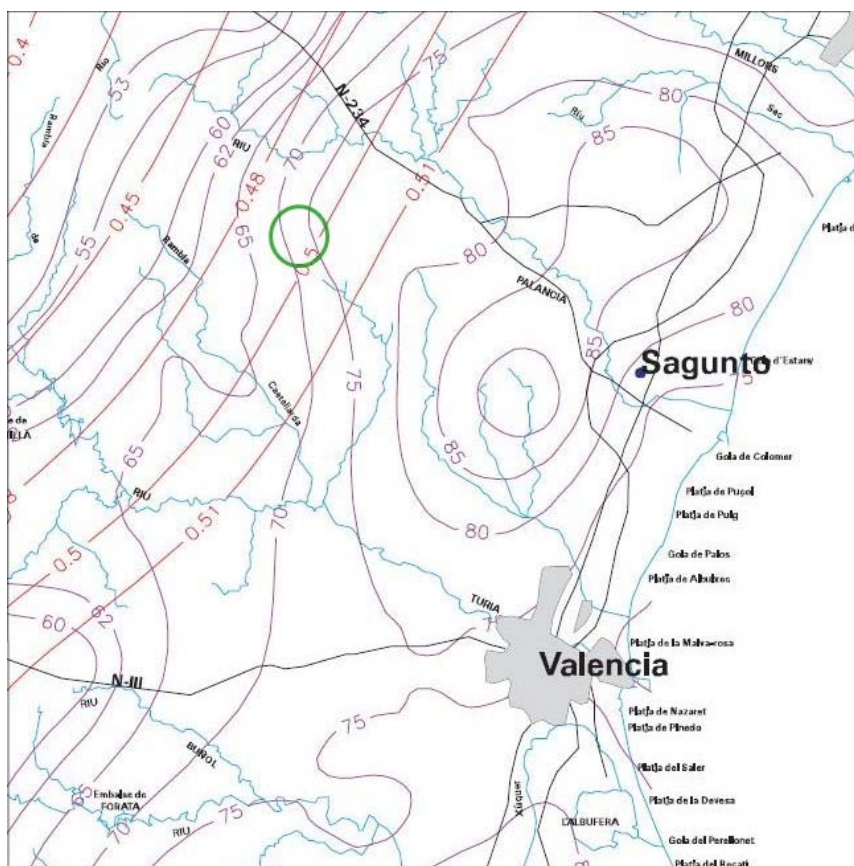


Figura 9.- Hoja 4.4. Ampliada zona ALCUBLAS

8.- CÁLCULO DE CAUDALES (MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO)

Para el cálculo de las avenidas en las pequeñas cuencas que cruzan el trazado, utilizaremos el método hidrometeorológico de la Instrucción 5.2 IC "Drenaje superficial", como ya se ha indicado anteriormente.

8.1.- Fórmula de cálculo:

El caudal de referencia Q , viene dado por la fórmula:

$$Q = \frac{C * I * A}{K} \text{ (m}^3\text{/seg), donde:}$$

I (mm/h): la intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

A (Km²): Superficie de la cuenca.

C: Coeficiente medio de escorrentía.

K: Coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un 20% de aumento en Q para incluir el efecto de las punta de precipitación. En nuestro caso K=3 (*tabla 2.1*)

8.2-. Intensidad media de precipitación:

La intensidad media I_t (mm/h) de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$(I_t / I_d) = (I_1 / I_d)^{\frac{28^{0.1-t^{0.1}}}{28^{0.1}-1}},$$

con la que se obtiene una familia de curvas representadas en la *figura 2.1* de la Instrucción, donde:

I_d (mm/h): intensidad media diaria para cada uno de los periodos de retorno considerados, en mm/h, que es igual a $P_d/24$.

En nuestro caso toma los valores de:

$$I_{100} = P_{100} / 24 = 203,35 / 24 = 8,47$$

$$I_{10} = P_{10} / 24 = 117,53 / 24 = 4,90$$

P_d (mm): la precipitación total diaria correspondiente a dicho periodo de retorno, obtenida anteriormente (*apartado 5*).

I_t (mm/h): intensidad horaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno. El valor de I_1/I_d se obtiene del plano de la *figura 2.2*, copia que se adjunta. En nuestro caso por interpolación adoptamos: **$I_1/I_d = 11,5$** .



t (h): la duración del intervalo a que se refiere I, que se tomará igual al tiempo de concentración Tc.

8.3-. Tiempo de concentración:

El tiempo de concentración de la cuenca, Tc, se obtiene por medio de la fórmula:

$$T_c = 0,3 \times \left(L / J^{1/4} \right)^{0,76}, \text{ donde:}$$

Tc = Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

L = Longitud del curso principal de la cuenca en Km.

J = Pendiente media del curso principal de la cuenca en m/m.

8.4-. Coeficiente de escurrimiento:

El coeficiente de escurrimiento C, lo obtenemos a partir de la fórmula que figura en la Instrucción 5.2 IC, cuya expresión es:

$$C = \frac{[(P_d / P_0) - 1] \times [(P_d / P_0) + 23]}{[(P_d / P_0) + 11]^2}, \text{ donde:}$$

Pd = Precipitación máxima media diaria para el periodo de retorno considerado.

P0 = Precipitación mínima necesaria para que se produzca escurrimiento.

Este parámetro P_0 , depende de la naturaleza del suelo, su pendiente y el tipo de cultivo o vegetación. Para la determinación de este parámetro, utilizamos las *tablas 2.1 y 2.2* de la Instrucción 5.2 IC.

Según dichas tablas y las características del suelo correspondiente a las cuencas, adoptamos los parámetros P'_0 , a los que se aplicará un **coeficiente multiplicador regional $K = 2,75$** extraído por interpolación de la *figura 2.5*, copia que se adjunta, para obtener el definitivo P_0 a aplicar en la fórmula.



En nuestro caso, para el terreno a lo largo de las cuencas que afectan a la traza de la pista del aeródromo estableceremos los valores siguientes:

Cuenca 1:

Sólo la calculamos para un periodo de retorno de 100 años, al no afectar al drenaje longitudinal.

Por tratarse de terrenos con infiltración moderada, según la *tabla 2.2* estaremos en un **suelo grupo B, con pendientes superiores al 3 %**.

Los tipos de terrenos y su superficie los obtenemos de la *figura 6* (*delimitados con más exactitud de acuerdo con la ortofoto y que coinciden sensiblemente con los que figuran en Corine Land Cover*), resultando dos tipos:

1. Cultivos en hilera siguiendo las curvas de nivel que de acuerdo con la *tabla 2.1* resulta $P'_0 = 16$ que afecta a una superficie de 0,53 km² (28,96 %) sobre un total de 1,83 km².
2. Masas forestales de espesura media que de acuerdo con la *tabla 2.1* resulta $P'_0 = 34$ que afecta a una superficie de 1,30 km² (71,04 %) sobre un total de 1,83 km².

Así pues, aplicando el coeficiente multiplicador regional $K = 2,75$ de la *figura 2.5*, resulta (sólo lo aplicamos para $T=100$ años al ser despreciable su afección al drenaje longitudinal, la pista discurre en terraplén en la práctica totalidad del trazado afectado por esta cuenca):

$$P_{100} = P'_{100} \times K = 34 \times 2,75 = 93,5 \text{ mm}$$

Con lo cual, aplicando la fórmula de la Instrucción 5.2 IC, el coeficiente de escorrentía medio de la cuenca, resulta:

Superficies (km ² y %)			Pd (mm)	K	P' ₁₀₀ (mm)	P ₁₀₀ (mm)	P ₁₀₀ medio (mm)	Coeficiente Escorrentía	
									medio
cultivo	0,53	28,96%	203,305	2,750	16	44	12,74	0,410	0,119
monte	1,30	71,04%	203,305	2,750	34	93,5	66,42	0,170	0,121
S total	1,83		203,305				79,164		0,240

A la superficie de esta cuenca hay que añadir la se define a lo largo del trazado de la pista (margen izquierda) entre el Pk 0+930 y el final, con estas características:

1. Plataforma (firme granular sin pavimento), con un $P'_o = 2$ que afecta a una superficie de 0,0274 km².
2. Afirmado asfáltico, con un $P'_o = 1$ que afecta a una superficie de 0,0109 km².
3. Zona de cuneta del trazado, con un $P'_o = 1$ (revestimiento hormigón) que afecta a una superficie de 0,0001 km².

Superficies (tramo de pista del 0+930 al final)			Pd	K	P´o	Po	Po medio	Coeficiente Escorrentía	
								medio	
Pista Asfalto	0,0109	28,36%	203,305	2,750	1	2,75	0,78	0,980	0,278
Plataforma	0,0274	71,39%	203,305	2,750	2	5,5	3,93	0,937	0,669
Cuneta hormigón	0,0001	0,25%	203,305	2,750	1	2,75	0,01	0,980	0,002
S total	0,038		203,305				4,713		0,950

Cuenca 2:

Por tratarse de terrenos con infiltración moderada, según la *tabla 2.2* estaremos en un **suelo grupo B, con pendientes inferiores al 3 %**.

Los tipos de terrenos y su superficie los obtenemos de la figura 6, resultando cuatro tipos:

1. Masas forestales de espesura media con infiltración moderada, según la *tabla 2.2* estaremos en un suelo grupo B, que de acuerdo con la *tabla 2.1* resulta $P'_o = 34$ que afecta a una superficie de 0,228 km² (81,34 %) sobre un total de 0,281 km².
2. Zona de desmonte del trazado, con un $P'_o = 8$ (superficie del desmonte) que afecta a una superficie de 0,0119 km² (4,24 %) sobre un total de de 0,280 km².

3. Zona de cuneta del trazado, con un $P'_0 = 1$ (revestimiento hormigón) que afecta a una superficie de 0,0008 km² (0,30 %) sobre un total de 0,280 km²
4. Plataforma (firme granular sin pavimento), con un $P'_0 = 2$ que afecta a una superficie de 0,0279 km² (9,97 %) sobre un total de 0,281 km².
5. Afirmado asfáltico, con un $P'_0 = 1$ que afecta a una superficie de 0,0116 km² (4,14 %) sobre un total de 0,280 km².

Así pues, aplicando el coeficiente multiplicador regional $K = 2,75$ (interpolado) de la *figura 2.5*, (sólo lo aplicamos para $T=10$ años al ser despreciable su afección al drenaje transversal) resulta:

$$P_{10} = P'_{10} \times K = 16 \times 2,75 = 44,0 \text{ mm}$$

Con lo cual, aplicando la fórmula de la Instrucción 5.2 IC, el coeficiente de escorrentía medio de la cuenca, resulta:

Superficies (km ² y %)			Pd (mm)	K	P' ₁₀ (mm)	P ₁₀ (mm)	P ₁₀ medio (mm)	Coeficiente Escorrentía	
									medio
Pista Asfalto	0,0116	4,15%	117,53	2,750	1	2,75	0,11	0,950	0,039
Plataforma	0,0279	9,97%	117,53	2,750	2	5,5	0,55	0,863	0,086
Cuneta hormigón	0,0008	0,30%	117,53	2,750	1	2,75	0,01	0,950	0,003
Desmonte	0,0119	4,24%	117,53	2,750	8	22	0,93	0,461	0,020
Monte	0,2277	81,34%	117,53	2,750	34	93,5	76,05	0,041	0,034
S total	0,280						77,655		0,182

8.5-. Caudal de Referencia:

Con los datos anteriores pasamos a calcular el Caudal de Referencia de las cuencas de acuerdo con las tablas siguientes:

Cuenca 1: En esta cuenca, aunque su influencia no es de importancia, hemos considerado la inclusión del tramo final de la pista, que no figura en su superficie.

Periodo de retorno (años)	T	100
Precipitación total diaria (mm)	Pd	203,3 05
Umbral de escorrentía (mm)	Po	79,20
Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca	C	0,240
Intensidad horaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)	$I1/I$ d	11,5
Intensidad media diaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)	Id	8,47

Cuenca	Superficie $A(km^2)$	Desnivel (m)	Longitud $L(km)$	Pendiente $J(\%)$	Tiempo de concentración $T_c(h)$	It/Id	It (mm/h)	Q (m^3/s)
1	1,83	145	2,91	4,98%	1,194	10,295	87,208	12,742

Subcuenca tramo final de la pista:

Periodo de retorno (años)	T	100
Precipitación total diaria (mm)	Pd	203,3 05
Umbral de escorrentía (mm)	Po	4,64
Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca	C	0,950
Intensidad horaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)	$I1/I$ d	11,5
Intensidad media diaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)	Id	8,47

Subcuenca	Superficie	Desnivel	Longitud	Pendiente	Tiempo de concentración	It/Id	It	Q
resto	0,038	10,48	0,9	1,16%	0,645	14,984	126,934	1,539

Con el CAUDAL DE REFERENCIA a tener en cuenta para el dimensionamiento de la obra de cruce es de: **14,281 m³/s**

Cuenca 2: En esta cuenca hemos considerado el cálculo del caudal a efectos del dimensionamiento del drenaje longitudinal, pues, dado el trazado de la pista, su afección al drenaje transversal carece de importancia.

Periodo de retorno (años)	<i>T</i>	10
Precipitación total diaria (mm)	<i>Pd</i>	117,53
Umbral de escorrentía (mm)	<i>Po</i>	77,48
Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca	<i>C</i>	0,183
Intensidad horaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)	<i>I1/Id</i>	11,5
Intensidad media diaria de precipitación para el periodo de retorno fijado (mm/h)	<i>Id</i>	4,90

Cuenca	Superficie	Desnivel	Longitud	Pendiente	Tiempo de concentración	It/Id	It	Q
2	0,280	2,204	0,93	0,237%	0,895	12,308	60,275	1,021

Con el CAUDAL DE REFERENCIA a tener en cuenta para el dimensionamiento de las cunetas obra de cruce es de: **1,021 m³/s**

9-. DRENAJE

Dado que el dimensionamiento de las obras de fábrica se obtendrá del resultado del cálculo hidráulico correspondiente, de acuerdo a la Instrucción 5.2 I-C, y su ubicación viene determinada por las características físicas y topográficas del terreno y la traza de la pista del aeródromo, únicamente procede establecer aquí los criterios generales de diseño en cuanto a tipología de la actuación, o de la obra de fábrica en sí.

9.1-. Drenaje transversal.

El objetivo fundamental del drenaje transversal es la restitución y continuidad de los cauces naturales interceptados, bien directamente o a través de su reconducción.

Como criterio general, a priori, se construirán las obras de fábrica situadas en los lugares donde se forme un cruce natural de las aguas y/o donde es necesario evacuar las cunetas, de longitud igual a todo el ancho de la plataforma proyectada, con lo que, de acuerdo con la citada Instrucción

Teniendo en cuenta el *apartado 5.2.2.3* la Instrucción 5.2-IC: *La mínima dimensión de una pequeña obra de drenaje transversal no deberá ser inferior a la siguiente, en función de su longitud.*

<i>Longitud</i> <i>(m).....</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	
<i>Mínima dimensión</i> <i>(m) ...</i>	<i>0,6</i>	<i>0,8</i>	<i>1,0</i>	<i>1,2</i>	<i>1,5</i>	<i>1,8</i>

La dimensión mínima libre de obstáculos de acuerdo con el *artículo 26 apartado 4º del Plan de Acción Territorial sobre Prevención de Riesgo de la Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA)*, es de un (1) metro.

En cualquier caso adoptaremos una **dimensión mínima** para las obras de obras de fábrica en el drenaje transversal, de **1,80 metros**.

9.2-. Drenaje longitudinal (dimensionamiento de cunetas):

Las obras de drenaje longitudinal deben recoger las aguas pluviales procedentes de la plataforma y sus márgenes, así como evacuar las mismas, una vez recogidas, a los cauces naturales.

Para la recogida de aguas pluviales de la plataforma y sus márgenes, dadas las características topográficas del terreno y el trazado de la pista, se ha previsto revestir con hormigón la cuneta trapezoidal definida toda vez que la pendiente es inferior al 1% (*apartado 3.6.3 de la 5.2-IC*).

La viabilidad de esta solución queda confirmada por el resultado del cálculo que se acompaña, para ello aplicamos la fórmula de Manning, con un coeficiente $n = 0,013$ (revestimiento de hormigón). El cálculo se realiza en el tramo indicado desde el origen hasta el Pk 0+930, en el punto más desfavorable, esto es en el punto final del tramo donde se desagua un caudal de 1,021 m³/s (para el resto de los tramos de cuneta, dada su mínima longitud, no hace falta el cálculo al cumplir sobradamente la capacidad de desagüe la sección de cuneta adoptada). La capacidad de la cuenta es de 1,61 m³/s, superior a los 1,021 m³/s. Esto nos indica que el calado lleno será inferior a la altura total de la cuneta, situándonos del lado de la seguridad.

La velocidad del agua $V = 1,021/0,90 = 1,13$ m/s, tiene un valor adecuado para evitar sedimentaciones y erosiones.

Sección Cuneta trapezoidal

Base menor	0,60
Base mayor	2,40
Altura	0,60

$Q = (S \times R_h^{(2/3)} \times J^{(1/2)}) / n$						
FÓRMULA DE MANNING						
n (hormigón)	Superficie S (m2)	Perímetro mojado	Radio H. Rh (m)	Pendiente J (%)	Caudal Q (m3/s)	Velocidad V (m/s)
0,013	0,90	2,76	0,33	0,0024	1,61	1,78

9.3-. Drenaje subterráneo.

El estudio geológico y geotécnico realizado no indica la necesidad de ejecución de drenaje subterráneo, ya que este se utiliza para controlar y limitar la humedad de la explanada y de los diversos elementos del firme de la pista.

No obstante, desde el lado de la seguridad, parece oportuno prever un drenaje subterráneo a lo largo de los dos bordes del firme asfáltico de la pista, en las zonas donde el trazado discurre en desmonte.

10-. DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL.

Todas las obras de drenaje se proyectan con una pendiente tal que las velocidades máximas del agua sean inferiores a las indicadas en la Instrucción 5.2-IC, que para obras de hormigón es de 6,00 m/seg.

El cálculo hidráulico se realiza con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * I^{1/2} \text{ , donde:}$$

V = Velocidad en m/s

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, para hormigón: n = 0,013

R = Radio hidráulico en m

I = Pendiente en m/m

El caudal que capaz de desaguar la obra de fábrica viene dado por la expresión $Q = V \times S$ (m³/s) donde S es la sección de la obra en m².

Una vez conocido el caudal que accede a las obras se ha adoptado una pendiente para las mismas, de manera que se aproxime, lo más posible a la del terreno, limitándola inferiormente al 1 %, ya que pendientes inferiores ocasionan problemas de sedimentaciones que acaban por aterrar el conducto, aparte de un más que posible estancamiento del agua, y superiormente también se ha limitado al 5 % para evitar un excesivo desgaste y erosión del hormigón.

Por otra parte, se ha tenido en cuenta que las velocidades sean superiores a 1 m/s con la limitación superior, antes indicada, de 6 m/seg., exigiendo siempre que el calado de la obra de fábrica para el caudal de avenidas no sobrepase el 75 % de la altura interior del tubo.

Con todos estos datos, se han realizado diferentes tanteos hasta dar con la sección necesaria para desaguar sobradamente el caudal que llega a la obra de fábrica, siendo el resultado del cálculo el reflejado en el cuadro siguiente:

FÓRMULA DE MANNING $Q = (S \times R_h^{(2/3)} \times J^{(1/2)}) / n$							
<i>Obra: MARCO 2,00 x 2,00</i>							
n	Sección	Superficie S (m ²)	P. mojado	Radio H. R _h (m)	Pendiente J (%)	Caudal Q (m ³ /seg)	Velocidad V (m/seg)
0,013	2 x 2	4,00	6,00	0,67	0,010	23,48	5,87
<i>Calado h = 0,75 x H = 1,5</i>							
0,013	2 x 1,5	3,00	5,00	0,60	0,010	16,42	5,47

Esta obra es la que se ubicará en el Pk 1+300 para desaguar la cuenca nº 1 y el resto procedente del tramo de cuneta y pista desde el Pk 0+930 al final.

Para el desagüe del punto bajo ubicado en el Pk 0+930, donde se recogerá la cuenca nº 2 y la cuneta del tramo, dado su limitado caudal, aplicamos directamente el criterio establecido en el *apartado 5.2.2.3* la Instrucción 5.2-IC -dimensión mínima de 1,80 metros- , adoptando un caño de 1,80 metros de diámetro.