ANEJO Nº 6.-

HIDROLOGÍA

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN 3
2.- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CUENCAS 3
3.- MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDAS 3
4.- FÓRMULA DE LA COMISARÍA DE AGUAS 3
5.- FÓRMULA DE ZAPATA 4
6.- MÉTODO DEL PLAN HIDROLÓGICO NORTE II 4
7.- MÉTODO RACIONAL 5
7.1.- Método de la Norma 5.2 IC Drenaje Superficial 5
7.2.- Obteniendo las precipitaciones máximas en 24 horas mediante ajuste de Gumbel 5
7.3.- Obteniendo las precipitaciones máximas en 24 horas mediante el programa MAXIN 6
7.4.- Obteniendo las intensidades mediante la fórmula de Mateo 7
8.- RESUMEN DE RESULTADOS 7

ANEJO Nº 6

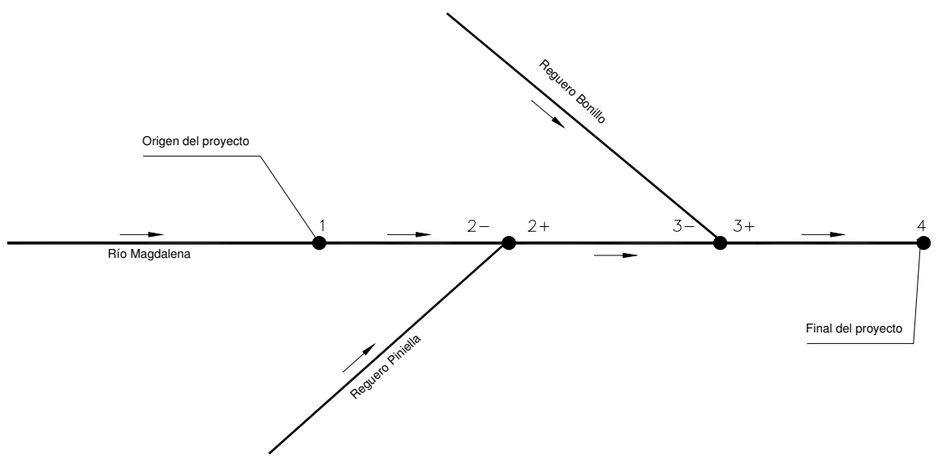
HIDROLOGÍA

1.-INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo es determinar los caudales de la avenida correspondiente al período de retorno T=100 años en varios puntos del río Magdalena con el fin de establecer la zona inundable para el referido período de retorno en la zona de proyecto.
Para ello se determinarán los caudales en los siguientes puntos:

Tramo a calcular	Punto donde se determina el caudal de cálculo	Situación
1-2	2-	Inmediatamente anterior a la confluencia con el reguero Piniella
2-3	3-	Inmediatamente anterior a la confluencia con el reguero Bonillo
3-4	4	Final de la zona de proyecto

En el esquema siguiente se representan los puntos citados:



En estos puntos se determinarán los caudales de cálculo mediante diversos métodos y se elegirán para el cálculo los valores que se consideren más razonables.

2.-CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CUENCAS

Las características geométricas de las cuencas se han obtenido por medición en el plano que se adjunta, y son las siguientes:

Tramo	CUENCA	SUPERFICIE (km^2)	L (km)	Z1 (m)	Z2 (m)
1-2	2-	20,670	10,014	513,000	29,660
2-3	3-	22,840	10,540	513,000	24,390
3-4	4	24,340	11,412	513,000	19,130

Siendo:
L= Longitud del cauce principal
Z1= Cota más alta de la cuenca
Z2= Cota más baja de la cuenca

3.-MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDAS

Con objeto de determinar los máximos caudales de avenida correspondientes a distintos períodos de retorno se utilizan los siguientes métodos:

- Fórmula de la Comisaría de Aguas (CAN)
- Fórmula de Zapata
- Plan Hidrológico Norte II
- Método racional
  - Norma 5.2 IC Drenaje superficial
  - Obteniendo las precipitaciones máximas en 24 horas mediante ajuste de Gumbel
  - Obteniendo las precipitaciones máximas en 24 horas mediante el programa MAXIN
  - Obteniendo las intensidades mediante la fórmula de Mateo

4.-FÓRMULA DE LA COMISARÍA DE AGUAS

La fórmula de la Comisaría de Aguas proporciona el caudal para la avenida de T=100 años por medio de la siguiente expresión:

$$Q = (16{,}8 - 4{,}3/S)xS^{(0{,}65-0{,}4/S)}$$

Para otros períodos de retorno podemos interpolar mediante la fórmula:

$$Q_T = Q_{100}x\frac{1+\log T}{1+\log 100}$$

Los valores obtenidos son los siguientes:

Tramo	Punto	SUPERFICIE (km^2)	Caudal (m^3/s) para T=100 años
1-2	2-	20,67	112,05
2-3	3-	22,84	120,16
3-4	4	24,34	125,62

5.-FÓRMULA DE ZAPATA

La expresión de la fórmula de Zapata es:
$Q = 7 \times (1 + \log T) \times S^{0,6}$
Siendo:

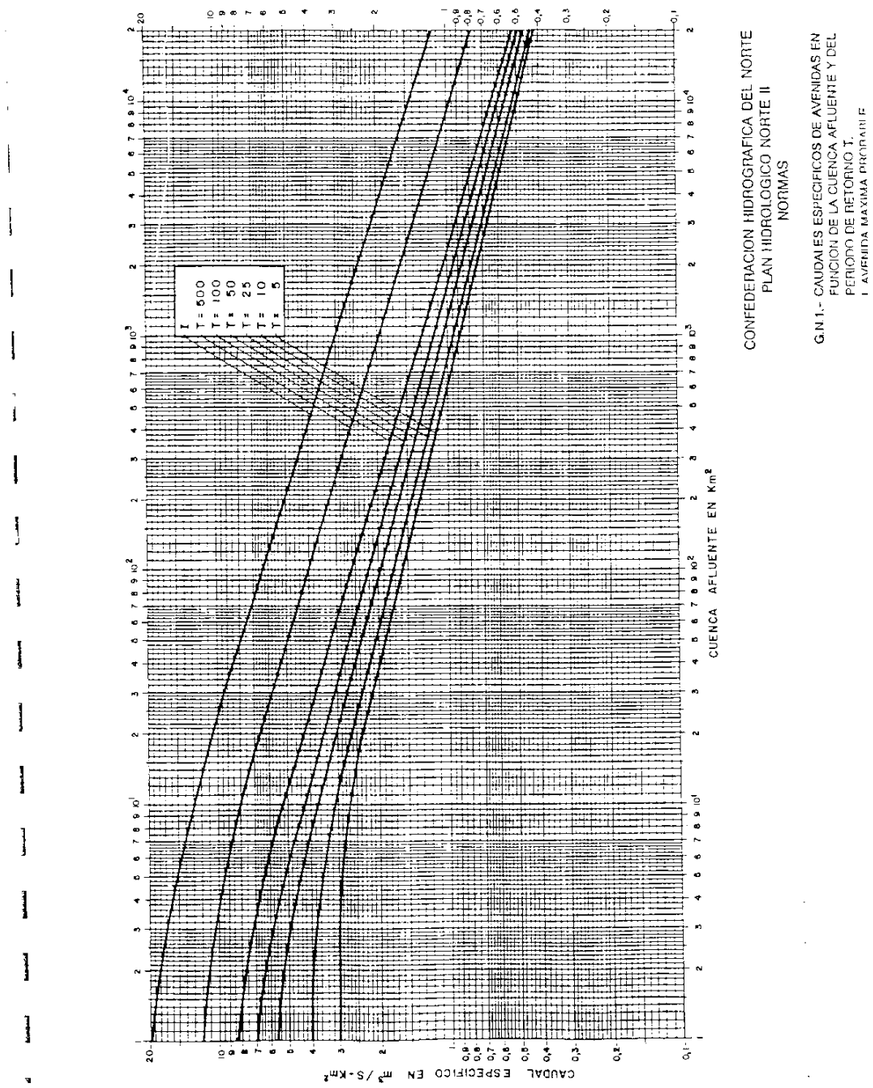
Q = Caudal de avenida en m^3/seg
T = Período de retorno en años
S = Superficie de cuenca en Km^2

Los valores que se obtienen para los caudales son:

Tramo	Punto	SUPERFICIE (km^2)	Caudal (m^3/s) para T=100 años
1-2	2-	20,67	129,25
2-3	3-	22,84	137,23
3-4	4	24,34	142,56

6.-MÉTODO DEL PLAN HIDROLÓGICO NORTE II

Este método consiste en entrando en obtener los valores del caudal específico en $m^3/seg/Km^2$ entrando en el gráfico adjunto con la superficie de la cuenca en Km^2. Los valores de los caudales de avenida se obtienen multiplicando los valores de los caudales específicos por la superficie de la cuenca.



Los valores de los caudales proporcionados por este método son:

Tramo	Punto	SUPERFICIE (km^2)	Caudal específico ($m^3/seg/Km^2$)	Caudal (m^3/s) para T=100 años
1-2	2-	20,67	4	82,68
2-3	3-	22,84	4	91,36
3-4	4	24,34	4	97,36

7.-MÉTODO RACIONAL

7.1.-Método de la Norma 5.2 IC Drenaje Superficial

Los caudales se han calculado de acuerdo con el artículo 2 de la Norma 5.2 IC Drenaje superficial, y son los siguientes:

Punto	A (Km^2)	L (Km)	Z1 (m)	Z2 (m)	J	Tc (Horas)	I1/Id	It/Id	Po (mm)	Pd (mm)	C	Id (mm/hora)	It (mm/hora)	Q (m^3/seg)
2-	20,67	10,014	513,000	29,660	0,048	3,074	8,500	4,468	20,000	122,100	0,508	5,088	22,731	79,533
3-	22,84	10,540	513,000	24,390	0,046	3,220	8,500	4,343	20,000	122,100	0,508	5,088	22,097	85,434
4	24,34	11,412	513,000	19,130	0,043	3,466	8,500	4,153	20,000	122,100	0,508	5,088	21,128	87,050

A= Superficie de la cuenca
L= Longitud del cauce principal
Z1= Cota más alta de la cuenca
Z2= Cota más baja de la cuenca
J= Pendiente media del cauce
Tc= Tiempo de concentración = $0,3\cdot[(L/J^{1/4})^{0,76}]$
I1/Id= Valor proporcionado por la figura 2.2 de la Norma 5.2 IC Drenaje superficial
It/Id= Valor proporcionado por la figura 2.1 de la Norma 5.2 IC Drenaje superficial
Po= Precipitación umbral de escorrentía. La Norma permite adoptar un valor conservador de 20 mm
Pd= Precipitación correspondiente a un período de retorno T= 100 años
C= Coeficiente de escorrentía= $\frac{[(Pd/Po)-1]\cdot[(Pd/Po)+23]}{[(Pd/Po)+11]^2}$
Id= Intensidad diaria de la precipitación Pd
It= Intensidad correspondiente al tiempo de concentración Tc. Se obtiene de la fórmula:

$$\frac{It}{Id}=\left(\frac{I_1}{Id}\right)^{\frac{28^{0,1}-T_c^{0,1}}{28^{0,1}-1}}$$

Q= Caudal de cálculo, calculado según se indica a continuación:
Q = C·A·It/K
El valor de K es el que se indica en la siguiente tabla:

Q en	A en		
	Km^2	Ha	m^2
m^3/s	3	300	3.000.000
l/s	0,003	0,3	3.000

Las superficies de cuenca, y los valores de L, Z1 y Z2 se han obtenido midiendo en el plano adjunto.
La precipitación Pd se ha obtenido de la publicación "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" del Ministerio de Fomento. De los mapas representados en dicha publicación se obtiene una precipitación media de 55 mm para la zona, con un coeficiente de variación Cv=0,35. Entrando con estos valores en la tabla, resulta un valor del coeficiente de amplificación de 2,220 para T=100 años. Multiplicando este valor por el de la precipitación media, se obtiene el valor de Pd, que resulta ser 122,1 mm.

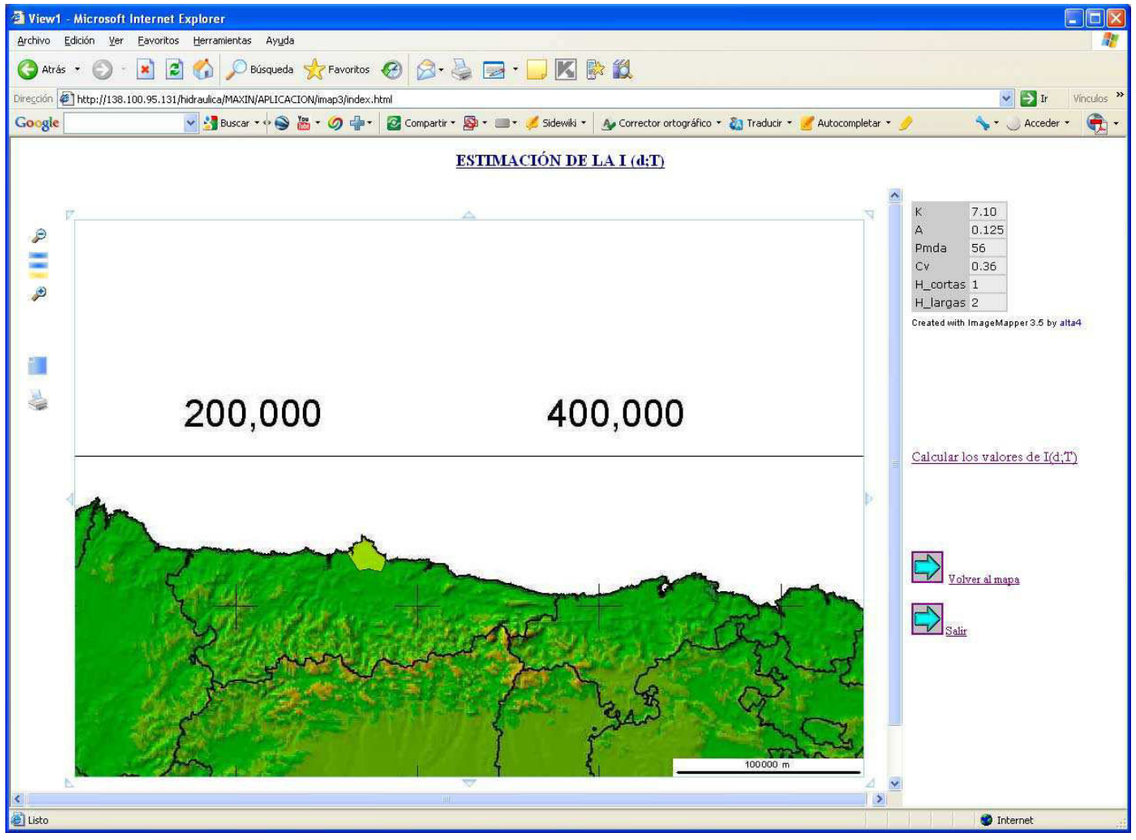
7.2.-Obteniendo las precipitaciones máximas en 24 horas mediante ajuste de Gumbel

En la página "ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas" de la Agencia Estatal de Meteorología los datos de la estación meteorológica 1212E (Avilés aeropuerto), en la que existen registros desde 1968 hasta noviembre de 2010.

Año	Pmáx diaria (mm)	Año	Pmáx diaria (mm)
1968	50,8	1990	33,7
1969	76,2	1991	59,8
1970	56,3	1992	65,9
1971	55	1993	63,4
1972	70,3	1994	70,6
1973	51,2	1995	37,7
1974	88,8	1996	42,4
1975	58,5	1997	81,8
1976	59	1998	32,8
1977	47,6	1999	56,9
1978	40,8	2000	67,7
1979	114,7	2001	129,1
1980	64,5	2002	86,1
1981	35,6	2003	40,1
1982	47,3	2004	34,2
1983	71,7	2005	53,3
1984	64,6	2006	37,6
1985	108,7	2007	52,3
1986	89,8	2008	37,3
1987	73,1	2009	33
1988	33	2010	95,9
1989	35,3		

Si se realiza un ajuste por el método de Gumbel (sin tener en cuenta el año 1968 del que sólo hay datos entre agosto y diciembre) se obtienen los siguientes resultados:

T (años)	P (mm)
2	57,11
5	80,59
10	96,14
25	115,79
50	130,36
75	138,83
100	**144,83**
250	163,88
500	178,26
1000	192,63



Una vez elegida la zona, el programa proporciona automáticamente ciertos parámetros que se introducen como datos en un formulario, y se obtienen automáticamente los resultados:

Realizando los cálculos indicados en el apartado anterior con Pd=144,83 mm, se obtiene:

Punto	A (Km^2)	L (Km)	Z1 (m)	Z2 (m)	J	Tc (Horas)	I1/Id	It/Id	Po (mm)	Pd (mm)	C	Id (mm/hora)	It (mm/hora)	Q (m^3/seg)
2-	20,67	10,014	513,000	29,660	0,048	3,074	8,500	4,468	20,000	144,830	0,567	6,035	26,962	105,377
3-	22,84	10,540	513,000	24,390	0,046	3,220	8,500	4,343	20,000	144,830	0,567	6,035	26,211	113,195
4	24,34	11,412	513,000	19,130	0,043	3,466	8,500	4,153	20,000	144,830	0,567	6,035	25,061	115,337

7.3.-Obteniendo las precipitaciones máximas en 24 horas mediante el programa MAXIN

Este programa se puede utilizar directamente entrando en la página "http://138.100.95.131/hidraulica/MAXIN/APLICACION/imap3/index.html", de la Escuela universitaria de la Escuela de Ingeniería Técnica Forestal.
En primer lugar se señala en el mapa la zona a estudiar, según se indica en la siguiente figura:

ESTIMACIÓN DE LA I (d;T)

DATOS	ZONAS- h(T) h cortas	h largas	F
PMDA=	56	1	2	1.13
K=	7.1			
a=	0.125			
CV=	0.36			

Valores de I(d;T) en mm/h

	PERÍODO DE RETORNO							
DURACIÓN	**2 años**	**5 años**	**10 años**	**25 años**	**50 años**	**100 años**	**200 años**	**500 años**
5 m	44.99	60.42	71.69	87.16	99.76	113.22	127.45	146.56
10 m	34.46	46.28	54.92	66.76	76.41	86.72	97.62	112.26
15 m	29.16	39.16	46.47	56.49	64.66	73.39	82.61	95
20 m	25.77	34.61	41.06	49.92	57.13	64.85	72.99	83.94
30 m	21.48	28.84	34.22	41.61	47.62	54.05	60.84	69.96
1 h	15.39	20.66	24.52	29.81	34.11	38.72	43.58	50.12
2 h	10.48	14.57	17.66	21.97	25.5	29.25	33.18	38.38
3 h	8.34	11.6	14.06	17.5	20.3	**23.29**	26.42	30.56
6 h	5.5	7.64	9.26	11.53	13.38	**15.34**	17.41	20.13
12 h	3.49	4.85	5.88	7.31	8.49	9.73	11.04	12.77

Valores de PMDA(T) y PM24(T) en mm

	PERÍODO DE RETORNO							
	2 años	**5 años**	**10 años**	**25 años**	**50 años**	**100 años**	**200 años**	**500 años**
PMDA (T)	51.46	68.6	80.98	97.83	111.5	**126.06**	141.4	161.95
PM24 (T)	58.15	77.52	91.51	110.55	125.99	**142.45**	159.78	183

PMDA, es la media de las Precipitaciones Máximas diarias anuales correspondiente al punto considerado
PM24(T) es la precipitación máxima en 24 horas para cualquier período de retorno T.
En nuestro caso la duración está comprendida entre 3 y 6 horas, valores a los que corresponden intensidades de 23,29 mm/h y 15,34 mm/h.
Interpolando entre estos valores se obtiene:

Punto	A (Km^2)	L (Km)	Z1 (m)	Z2 (m)	J	Tc (Horas)	Po (mm)	Pd (mm)	C	It (mm/hora)	Q (m^3/seg)
2-	20,67	10,014	513,000	29,660	0,048	3,074	20,000	142,450	0,562	23,094	89,352
3-	22,84	10,540	513,000	24,390	0,046	3,220	20,000	142,450	0,562	22,706	97,072
4	24,34	11,412	513,000	19,130	0,043	3,466	20,000	142,450	0,562	22,055	100,483

7.4.-Obteniendo las intensidades mediante la fórmula de Mateo

La expresión de la fórmula de Pedro Mateo es:

$$I = \frac{39 - 24{,}8 / T^{0{,}2}}{T_c^{\,0{,}61}}$$

Siendo:

I = Intensidad (mm/h)
T = Período de retorno (años)
Tc = Tiempo de concentración (horas)

Aplicando esta fórmula a nuestro caso, tendremos:

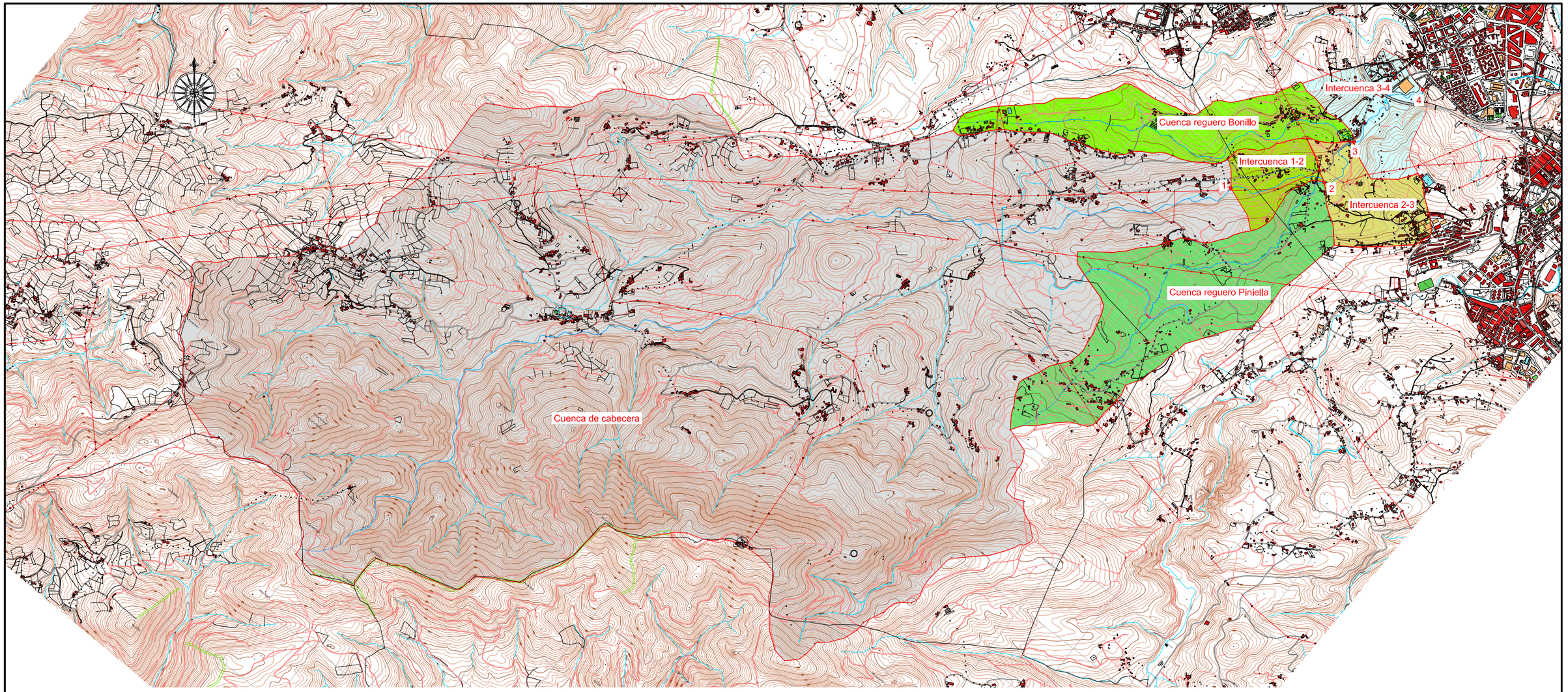
Punto	A (Km^2)	L (Km)	Z1 (m)	Z2 (m)	J	Tc (Horas)	Po (mm)	Pd (mm)	C	It (mm/hora)	Q (m^3/seg)
2-	20,67	10,014	513,000	29,660	0,048	3,074	20,000	122,100	0,508	14,683	51,374
3-	22,84	10,540	513,000	24,390	0,046	3,220	20,000	122,100	0,508	14,271	55,177
4	24,34	11,412	513,000	19,130	0,043	3,466	20,000	122,100	0,508	13,646	56,223

8.-RESUMEN DE RESULTADOS

Los caudales obtenidos mediante los diversos métodos empleados se resumen en el cuadro siguiente:

Tramo	Punto	Comisaría de Aguas	Zapata	Norte II	5.2 IC	Gumbel	MAXIN	Mateo	Media
1-2	2-	112,05	129,25	82,68	79,533	105,377	89,352	51,374	**92,80**
2-3	3-	120,16	137,23	91,36	85,434	113,195	97,072	55,177	**99,95**
3-4	4	125,62	142,56	97,36	87,050	115,337	100,483	56,223	**103,52**

Por tanto se adopta un caudal de cálculo de 100 m^3/s correspondiente a un período de retorno de 100 años.



Superficie total de la cuenca: 24,34 Km2
Superficie de la cuenca de cabecera: 20,39 Km2
Superficie cuenca reguero Piniella: 1,70 Km2
Superficie cuenca reguero Bonillo: 0,98 Km2
Superficie intercuenca 1-2: 0,28 Km2
Superficie intercuenca 2-3: 0,47 Km2
Superficie intercuenca 3-4: 0,52 Km2

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO
DIRECCIÓN TÉCNICA

EL INGENIERO AGRÓNOMO
Mª DEL PILAR MARTÍNEZ VÁZQUEZ

EL INGENIERO DE CAMINOS C. Y P.
JOSÉ MANUEL LLAVONA FERNÁNDEZ

LA EMPRESA CONSULTORA
ábside ingeniería
JESÚS VILANOVA RAMOS

TÍTULO
RESTAURACIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL ENTORNO DEL RÍO MAGDALENA, ENTRE EL PALACIO DE LOS DEPORTES Y EL LÍMITE DEL TÉRMINO MUNICIPAL

ESCALA: 1/15.000 ORIGINALES EN A1

DESIGNACION
CUENCA DEL RÍO MAGDALENA

FECHA
AGOSTO 2011

PLANO Nº
A-6

HOJA 1 DE 1