

## Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para las Demarcaciones Hidrográficas Cuenca Mediterránea Andaluza, Guadalete-Barbate y Tinto-Odiel-Piedras

Según el análisis regional de frecuencias que se describe en Nanía et al. (2014), se distinguen en la zona 3 regiones de comportamiento homogéneo, donde las relaciones intensidad-duración-frecuencia están dadas por la siguiente expresión:

$$I(T, D) = \frac{60 \cdot q_1(T) \cdot q_2(D) \cdot \bar{IA}}{D}$$

Donde  $I(T, D)$  es la intensidad en mm/h,  $T$  es el período de retorno,  $q_1(T)$  es el cuantil regional que se obtiene de la Tabla 1 en función del período de retorno,  $D$  es la duración en minutos,  $q_2(D)$  es la curva de duración, que viene definida por las siguientes ecuaciones en función de la duración y de la región:

Región I:  $q_{2,I}(D) = 0,0878 + 0,00713 \cdot \ln(D) + 0,0350 \cdot (\ln(D))^2$

Región II:  $q_{2,II}(D) = -0,0288 + 0,0971 \cdot \ln(D) + 0,00385 \cdot (\ln(D))^2 + 0,00327 \cdot (\ln(D))^3$

Región III:  $q_{2,III}(D) = -0,0135 + 0,0457 \cdot \ln(D) + 0,00181 \cdot (\ln(D))^2 + 0,00153 \cdot (\ln(D))^3$

siendo  $IA$  el índice de avenida medio en mm que se puede obtener de la Tabla 2. En los casos en los cuales el sitio o zona de interés no coincida con un punto de la Tabla 2, pueden utilizarse los valores en los diferentes puntos dados para crear un mapa de índices de avenida por interpolación y así obtener el índice de avenida correspondiente al punto o a la zona de interés. En la Figura 2 se muestra un mapa en formato raster obtenido por krigeado de las regiones I y II.

**Tabla 1.** Cuantiles regionales  $q_1$  asociados a diferentes  $T$  (Nanía et al., 2014).

$T$	2	5	10	25	50	100	200	500
$q_{1,I}$	0,902	1,308	1,599	1,995	2,310	2,642	2,993	3,489
$q_{1,II}$	0,914	1,265	1,514	1,845	2,102	2,367	2,642	3,023
$q_{1,III}$	0,937	1,267	1,487	1,767	1,976	2,185	2,394	2,671



**Tabla 2.** Valores del índice de avenida medio en cada una de las estaciones consideradas.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>XUTM</b>	<b>YUTM</b>	<b>IA</b>	<b>Región</b>
1	SIERRA MIJAS	357340	4052598	41.05	1
2	SIERRA DE LUNA	271235	3997849	55.14	2
3	CHARCO REDONDO	271556	4012820	42.35	2
4	DEPURADORA CHARCO REDONDO	273270	4011486	46.95	2
5	TOMA CHARCO REDONDO	272856	4012339	48.52	2
6	LOS REALES	302199	4039995	44.29	2
7	DEPOSITO DL-1	282674	4011660	40.09	2
8	GUADARRANQUE	278920	4020714	42.76	2
9	HOZGARGANTA	280189	4034238	39.36	2
10	LOMAS DE CAMARA	274207	4033262	39.51	2
11	GUADIARO	284305	4038817	40.59	2
12	MAJADA DE LAS LOMAS	278695	4046887	40.79	2
13	GENAL	298954	4049239	40.07	2
14	PUJERRA	305308	4050215	45.45	2
15	CUEVAS DEL BECERRO	314661	4078786	26.6	1
16	CONCEPCIÓN	324643	4045234	40.45	2
17	OJEN	336976	4048576	48.18	2
18	EL TORCAL	356041	4090381	36.27	1
19	CASASOLA	366628	4074417	31.52	1
20	LIMONERO	372436	4069267	35.5	1
21	DEPURADORA ATABAL	369064	4066010	38.14	1
22	MÁLAGA	374218	4064810	36.96	1
23	PARTIDOR GUADARRANQUE	279526	4020236	45.02	2
24	DEPURADORA MARBELLA	325759	4043018	45.52	2
25	SANTON PÍTAR	384694	4073828	40.62	1
26	CAÑETE LA REAL	317996	4091227	26.43	1
27	RONDA	306584	4069318	29.44	1
28	LAGUNA DE FUENTE PIEDRA	346555	4111156	25.19	1
29	GUADALTEBA	339795	4089905	24.47	1
31	CONDE GUADALHORCE	339409	4089118	25.64	1
32	LA ENCANTADA (REPETIDOR)	341437	4086062	24.60	1
33	LA ENCANTADA (CANAL)	343193	4085469	28.16	1
34	AZUD DE PAREDONES	347027	4080696	31.07	1
35	COÍN	343213	4058255	40.43	1
36	ALCAUCÍN	400926	4085001	32.01	1
37	VIÑUELA	396197	4080053	33.44	1
38	CÁRTAMA	355878	4065999	37.20	1
40	CASARABONELA	335667	4073367	41.13	1
41	COLMENAR	375462	4089046	28.05	1
42	ALFARNATEJO	388957	4090680	34.38	1



43	BENAMARGOSA	392622	4078582	40.57	1
44	TORROX	416887	4067779	31.35	1
46	ALJAIMA	351297	4066010	28.46	1
47	LÚJAR	464258	4075267	31.22	1
48	LA CABRA MONTÉS	437390	4076662	37.10	1
49	RÍO VERDE	438474	4074298	41.78	1
50	VÉLEZ DE BENAUDALLA	453555	4078522	25.44	1
52	AZUD DE VÉLEZ	453451	4075849	30.30	1
53	PARTIDOR DE CAÑIZARES	451728	4071014	26.43	1
54	AZUD DEL VINCULO	451365	4070955	27.94	1
55	PADUL	440249	4099202	19.88	1
57	BAYARCAL	500475	4097779	29.30	1
58	BENÍNAR	497419	4081400	25.68	1
59	MURTAS	489438	4081395	29.83	1
60	MOTRIL	453614	4067322	30.07	1
61	LOS GUAJARES	444061	4078966	46.03	1
62	CERRO CAÑUELO	435250	4082736	40.05	1
63	ALBUÑUELAS	443027	4087105	28.72	1
64	BEZNAR	452242	4085648	28.16	1
66	CAPILEIRA	468428	4093369	37.29	1
67	TREVÉLEZ	476103	4093196	34.71	1
68	PUERTO DE LA RAGUA	499868	4103820	30.37	1
70	CONTRAVIESA	481364	4079035	25.74	1
71	CASTALA	505814	4081932	24.43	1
72	ALBUÑOL	484959	4070128	23.55	1
75	PUNTAL	554841	4093705	20.26	1
76	SIERRA DE GADOR	517689	4081616	17.56	1
77	FÉLIX	530673	4080546	33.37	1
78	PUNTA SABINAR	526616	4060200	21.00	1
79	CANAL BENÍNAR-AGUADULCE	507923	4070209	27.26	1
80	SIERRA DE LOS FILABRES	552067	4123041	22.49	1
81	ORIA	555949	4148896	25.21	1
82	TAJAL	563462	4120656	28.56	1
83	SIERRA ALMAGRO	599688	4136118	30.78	1
84	CUEVAS DE ALMANZORA	597316	4131730	32.87	1
85	ALMANZORA (CANTORIA)	573424	4133707	27.36	1
86	ALMANZORA (SERÓN)	542596	4133978	21.39	1
87	ALBOX	568278	4146332	21.20	1
88	EL SALTADOR	599285	4141319	30.87	1
90	RIO ANDARAX - NACIMIENTO	536490	4093048	23.33	1
91	OHANES	522163	4101338	18.90	1
92	FIÑANA	514032	4113979	18.31	1
93	RAMBLA DE TABERNAS	549623	4097053	18.89	1



94	GERGAL	540648	4108070	20.58	1
95	VELEFIQUE	552797	4116749	23.07	1
96	SORBAS	576994	4106230	26.47	1
97	NÍJAR	575436	4081658	18.00	1
E69	ZAHARA	287184	4081853	31.84	1
E70	BORNOS	253667	4075506	29.90	2
E71	ARCOS	250441	4071304	35.40	2
E72	HURONES	271188	4060522	34.89	2
E73	GUADALCACÍN	251300	4061700	32.55	2
E75	BARBATE	253926	4029120	34.64	2
E76	CELEMÍN	250725	4020929	37.01	2
E77	ALMODOVAR	261688	4004507	36.58	2
5910	ROTA	201987	4059836	31.74	2
5960	JEREZ DE LA FRONTERA/AEROP.	227181	4071557	35.23	2
5972X	SAN FERNANDO	212754	4040366	30.03	2
5995B	VEJER DE LA FRONTERA	233566	4015263	36.02	2
4642E	HUELVA, RONDA ESTE	153336	4133105	59.17	3
4550	CARTAYA (MALATADO)	129450	4144510	57.87	3
4558A	ARACENA (SEGUNDA)	186792	4199933	81.89	3
4560	ALAJAR	177642	4198157	86.08	3
4563	ALMONASTER LA REAL	166878	4198340	77.37	3
4569F	EL CAMPILLO (SEGUNDA)	180309	4177949	71.01	3
4572	ZALAMEA LA REAL	177162	4176527	56.67	3
4573	ZALAMEA REAL (EL VILLAR)	170266	4178406	73.52	3
4574E	ZALAMEA REAL (EL BUITRON)	170146	4172327	59.58	3
4574U	VALVERDE CAMINO (DEPURADORA)	168407	4165694	77.05	3
4575	VALVERDE CAMINO (C.H.GUADIANA)	168521	4167326	77.53	3
4581	CORTEGANA (LA GARNACHA)	148866	4191739	58.19	3
4582	CORTEGANA, SAN TELMO(MINAS)	149109	4191698	59.69	3
4585	CERRO ANDEVALO (EL COBICO)	144217	4182300	63.51	3
4592E	ALOSNO (LOS CALAMORROS)	146002	4162049	54.12	3
4603	GIBRALEON	148605	4143867	61.23	3
4608E	EL CAMPILLO (EL ZUMAJO)	183099	4175834	62.47	3
4609E	EL MADROÑO, EL ALAMO	196929	4170838	64.68	3
4620	NIEBLA (EL GUIJO)	182401	4152455	60.34	3
4622	LA PALMA CONDADO	185268	4143639	59.05	3
4625	NIEBLA	174036	4141229	56.99	3
4636	BEAS	164311	4148872	56.16	3
4642	MOGUER	159669	4132258	58.88	3
4645C	PALOS DE LA FRONTERA (PITIUSAS)	152250	4125366	57.91	3
5826	ESCACENA CAMPO (LAS CONTIENDAS)	197572	4163560	70.30	3

**Ejemplo 1:** Si se desea obtener la intensidad en la estación de Málaga (Est. 22, región I) para una duración de 5 minutos y un periodo de retorno de 500 años, se extrae el índice de avenida de la Tabla 2, es decir, 36,96 mm, el cuantil regional para el correspondiente periodo de retorno de la Tabla 1,  $q_1 = 3,489$  y el valor de  $q_2$  aplicando la fórmula:

$$q_{2,I}(5 \text{ min}) = 0,0878 + 0,00713 \ln(5) + 0,0350 (\ln(5))^2 = 0,1899$$

$$\text{Obteniendo } I(500, 5 \text{ min}) = \frac{60 \cdot q_1(500) \cdot q_2(5) \cdot \bar{I}A}{5} = \frac{60 \cdot 3,489 \cdot 0,1899 \cdot 36,96}{5} = 293,9 \text{ mm/h}$$

Con este procedimiento se han calculado las intensidades para periodos de retorno comprendidos entre 2 y 500 años y para duraciones de 5 minutos a 24 horas, que se indican en la Tabla 3 y representan en la Figura 1.

**Tabla 3.** Intensidades en mm/h asociadas a diferentes duraciones y periodos de retorno en Málaga (Estación 22).

<i>D</i> (min)	<i>T</i> (años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
5	76.0	110.2	134.7	168.1	194.6	222.6	252.1	293.9
10	58.0	84.1	102.8	128.2	148.4	169.8	192.3	224.2
15	48.5	70.3	86.0	107.3	124.2	142.1	161.0	187.6
20	42.3	61.4	75.0	93.6	108.4	124.0	140.5	163.7
30	34.5	50.0	61.1	76.2	88.3	101.0	114.4	133.3
60	23.5	34.0	41.6	51.9	60.1	68.7	77.8	90.7
120	15.4	22.3	27.3	34.1	39.5	45.1	51.1	59.6
240	9.8	14.2	17.4	21.7	25.1	28.8	32.6	38.0
360	7.5	10.8	13.2	16.5	19.1	21.8	24.7	28.9
480	6.1	8.9	10.8	13.5	15.6	17.9	20.3	23.6
540	5.6	8.2	10.0	12.4	14.4	16.5	18.7	21.8
720	4.6	6.6	8.1	10.1	11.7	13.4	15.2	17.7
1080	3.4	5.0	6.1	7.6	8.8	10.0	11.3	13.2
1440	2.8	4.0	4.9	6.1	7.1	8.1	9.2	10.7

**Ejemplo 2:** Si se desea calcular el volumen de lluvia en mm para cualquier periodo de retorno y duración, obsérvese que:

$$P(T, D) = I(T, D) \cdot \frac{D(\text{min})}{60} = q_1(T) \cdot q_2(D) \cdot \bar{I}A$$

De manera que si se desea obtener la lluvia máxima en 24 horas (1440 min) en la misma estación del Ejemplo 1, tendremos:

$$q_{2,I}(1440 \text{ min}) = 0,0878 + 0,00713 \ln(1440) + 0,0350 (\ln(1440))^2 = 1,991$$

$$P(500,24hs) = q_1(500)q_2(1440) \cdot \bar{IA} = 3,4891,99136,96 = 256,7\text{mm}$$

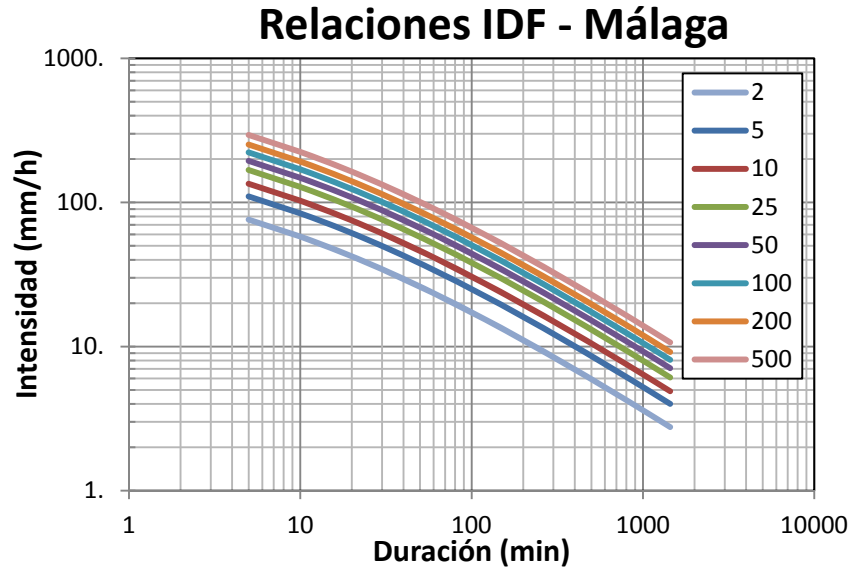


Figura 1. Relaciones IDF para Málaga (Est. 22).

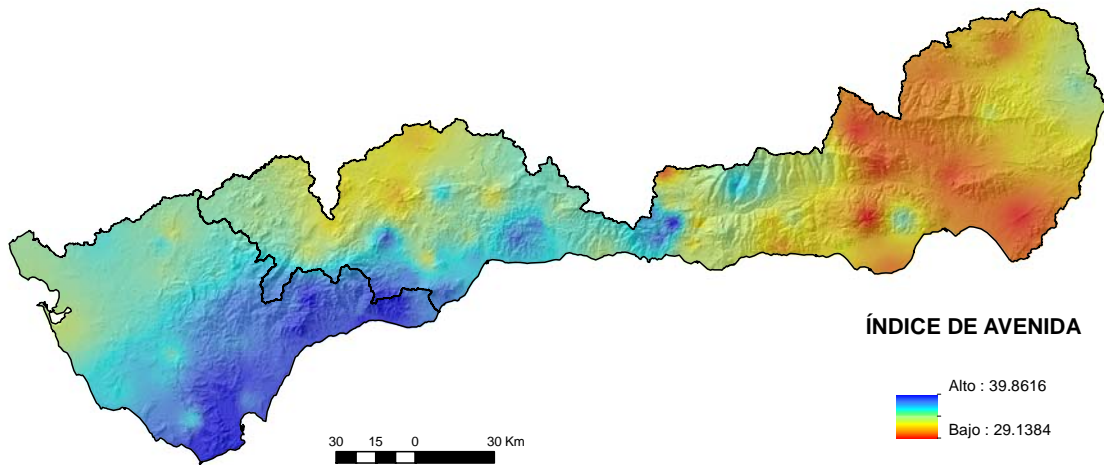
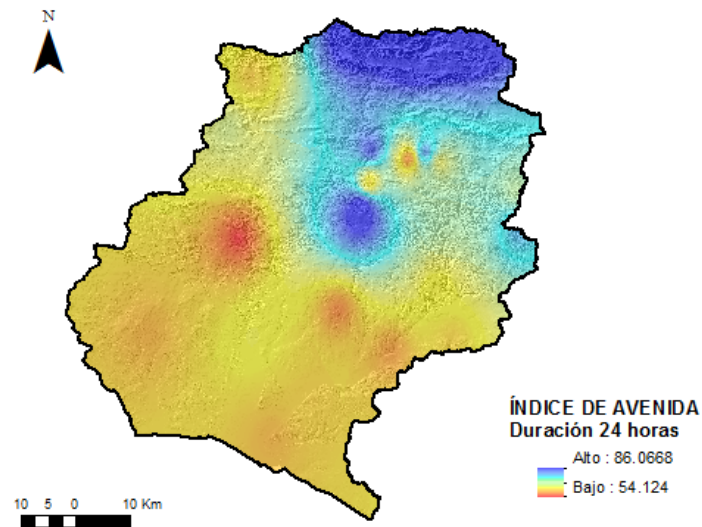


Figura 2. Índice de avenida medio en las Demarcaciones Hidrográficas Cuenca Mediterránea Andaluza y Guadalete-Barbate. La región oriental es la I, mientras que la occidental es la II.



**Figura 3.** Índice de avenida medio en la Demarcación Hidrográfica Tinto-Odiel-Piedras, denominada en este estudio región III.

**Referencia:** Nanía, L.S., Pérez-Caba, A.M., Ortego-Jurado, R. (2014) "Bases Científicas para una Guía de Drenaje específica para la Red Viaria Andaluza, Informe Final: Cálculos Hidrológicos". Proyecto G-GI3000/IDIO, financiado por FEDER de la UE y Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía en convenio con Universidad de Granada.