

---

**CLIMATOLOGÍA HIDROLOGÍA Y DRENAJE**

**ANEJO  
5**

---

**ÍNDICE**


---

<b>1. Introducción y objeto .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Climatología.....</b>	<b>1</b>
2.1. Introducción.....	1
2.2. Caracterización climática.....	1
2.3. Datos climáticos .....	2
2.4. Clasificación climática.....	6
2.4.1. Índices climáticos .....	6
2.4.2. Climodiagramas y clasificaciones climáticas.....	9
2.5. Obtención del número de días útiles de trabajo .....	13
2.5.1. Introducción.....	13
2.5.2. Definiciones.....	13
2.5.3. Coeficientes de reducción por condiciones climáticas durante los trabajos .....	14
2.5.4. Cálculo de los días trabajables para cada clase de obra .....	14
2.5.5. Cálculo de los días trabajables netos .....	15
2.5.6. Datos medios sobre días trabajables por climatología.....	16
<b>3. Hidrología .....</b>	<b>18</b>
3.1. Cálculos hidrológicos.....	18
3.1.1. Datos de partida .....	18
3.1.2. Cálculos pluviométricos.....	18
<b>4. Drenaje .....</b>	<b>19</b>
4.1. Introducción.....	19
4.2. Drenaje del Aparcamiento. Fase de Explotación .....	19
4.2.1. Cálculos hidráulicos.....	20
4.2.2. Dimensionamiento del Drenaje del Aparcamiento .....	22
4.3. Drenaje del Aparcamiento. Fase de construcción.....	24
4.3.1. Aguas de escorrentía y filtración:.....	24
4.3.2. Sistema de drenaje de aguas residuales: .....	24

## 1. Introducción y objeto

El presente Estudio Complementario al "Estudio Informativo para el soterramiento del ferrocarril en Torrelavega" se engloba dentro de los trabajos que se deberán desarrollar para la supresión de la barrera ferroviaria de Torrelavega, en la que se contempla el soterramiento de las vías de la RAM y la construcción de una nueva Estación en las proximidades de la actual, situada en la Avenida Menéndez Pelayo nº7, en la Plaza de la Estación.

En este Estudio Complementario se desarrolla un aparcamiento subterráneo junto a la nueva estación de ferrocarril, de forma que este preste servicio a los usuarios de este.

Este anejo consta de distintos apartados como son Climatología, Hidrología y Drenaje, destacando que el principal objeto del mismo es el diseño de la red de drenaje a disponer en el citado aparcamiento, conforme a la siguiente normativa:

- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.
- Norma Adif de plataforma NAP 1-2-0.3 (2ª Edición de enero de 2021) Climatología, hidrología y drenaje.

## 2. Climatología

### 2.1. Introducción

El objetivo del estudio de la Climatología es conocer los valores de las características climáticas de la zona que pueden tener influencia en el desarrollo de las obras o condicionar su diseño. Por otro lado, se ha calculado el valor de algunos de los índices climáticos más habituales, que son útiles en otras fases de la actuación.

### 2.2. Caracterización climática

La zona de estudio pertenece a la Demarcación Hidrológica del Cantábrico de la Confederación Hidrográfica del Norte. Se engloba dentro de la España Verde, estando caracterizada la zona por las brumas, nieblas y lluvias. Lo más destacado de Cantabria son los contrastes entre las zonas costeras y las elevadas montañas del interior.

Los vientos del NW-N-NE son los que inciden con mayor frecuencia y violencia sobre la costa. La disposición de la cadena montañosa, orientada de Oeste a Este tiene gran repercusión al enfrentarse perpendicularmente a los vientos procedentes de la mar. En la ladera de barlovento aparece nubosidad de estancamiento y notables lluvias, mientras que, al otro lado de la cordillera, a sotavento, el aire baja reseco y recalentado creando zonas amarillentas, secas y soleadas en el área de la Meseta del Duero.

Los vientos del W-SW, de origen Atlántico, que entran por la cuenca del Duero, dejan estancadas nubes en la ladera meridional de las montañas que miran hacia la meseta con lluvias importantes y nevadas copiosas.

El viento terral del Sur proveniente de la meseta castellana es obligado a remontar la barrera montañosa y llega reseco y recalentado a la costa haciendo que las temperaturas suban hasta los 40º y la humedad relativa baje hasta el 30%. Soplan con mayor frecuencia en otoño-invierno.

Las temperaturas son suaves, con una media anual de 14º en la costa, descendiendo a 12º en los valles interiores y a (10-8) º en tierras altas.

Las heladas son escasas en la costa, con un promedio anual de 8 días, y muy acusadas en el interior, con un promedio de 60 y 85 días en zonas altas y despejadas. Estas heladas son las que contribuyen al almacén de nieve en la alta montaña desde noviembre hasta junio.

Las nieblas de advección son muy frecuentes en los valles del interior. Con anticiclón invernal suelen formarse algunas nieblas de irradiación en los escasos

terrenos llanos y despejados. El número total anual de días de niebla es de 60 días en la costa y de 80 a 100 en el interior.

La precipitación es alta, del orden de 1.000 a 2.000 mm en la costa y de 1.500 a 2.000 mm en las zonas montañosas del interior. Los días de precipitación son del orden de 160 a 180 en zonas costeras y desciende a 120 días en la comarca más interior. Son frecuentes las precipitaciones de granizo en invierno y primavera, asociadas al paso de los frentes fríos que se vuelven más inestables al llegar del mar a tierra.

Las nevadas asociadas a vientos de Norte son generalmente de frentes fríos. En cambio, las vinculadas a vientos de SW-W provienen de los escudos nubosos de frentes cálidos.

### 2.3. Datos climáticos

Los Valores Climatológicos Normales de la zona de actuación, se han tomado de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), concretamente de la estación meteorológica disponible en la zona:

#### SANTANDER – AEROPUERTO.

- Longitud: 3° 49' 53" O
- Latitud: 43° 25' 45" N
- Altitud: 5 m

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	9,5	13,30	5,6	123	74	13	0	1	1	3	3	88
Febrero	9,9	13,80	5,9	104	74	12	0	1	1	1	3	100
Marzo	10,7	14,90	6,5	105	73	12	0	1	2	1	3	134
Abril	12	15,90	8	125	73	13	0	1	2	0	3	147
Mayo	14,6	18,50	10,7	89	75	11	0	2	2	0	2	169
Junio	17,1	20,80	13,4	62	76	8	0	1	2	0	3	174
Julio	19,4	23,10	15,6	52	78	7	0	2	1	0	5	189
Agosto	19,9	23,70	16,1	72	78	7	0	1	2	0	4	182
Septiembre	18,3	22,50	14,1	85	78	9	0	1	3	0	4	157
Octubre	15,4	19,60	11,3	135	77	12	0	1	4	0	3	127
Noviembre	12,2	16,10	8,2	146	76	13	0	1	3	0	3	98
Diciembre	10,7	14,40	6,9	117	73	12	0	1	1	2	3	74
<b>Año</b>	<b>14,1</b>	<b>18,10</b>	<b>10,2</b>	<b>1.246</b>	<b>75</b>	<b>128</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>38</b>	<b>1.638</b>

#### Legenda

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

A partir de los valores reflejados en la tabla anterior, se han confeccionado las gráficas incluidas a continuación:



T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70



TM TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
13,30	13,80	14,90	15,90	18,50	20,80	23,10	23,70	22,50	19,60	16,10	14,40



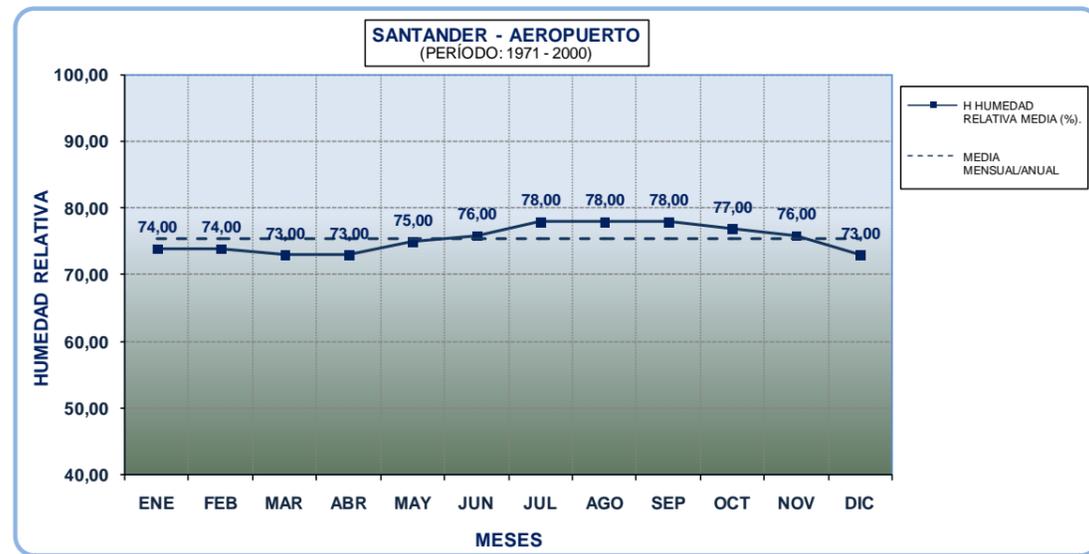
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).											
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70
TM TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS (°C).											
13,30	13,80	14,90	15,90	18,50	20,80	23,10	23,70	22,50	19,60	16,10	14,40
Tm TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS (°C).											
5,60	5,90	6,50	8,00	10,70	13,40	15,60	16,10	14,10	11,30	8,20	6,90



Tm TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5,60	5,90	6,50	8,00	10,70	13,40	15,60	16,10	14,10	11,30	8,20	6,90



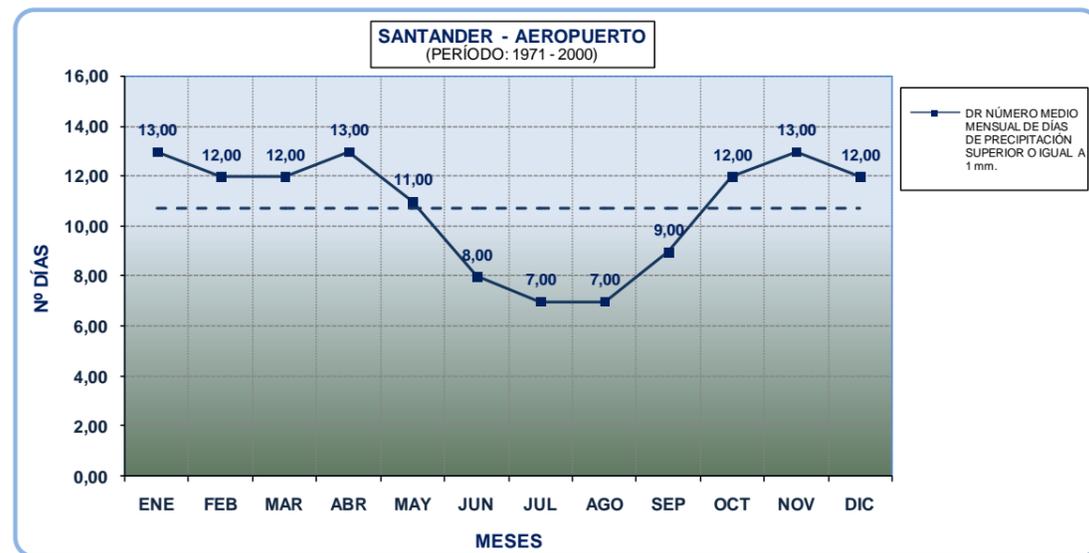
R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
123,00	104,00	105,00	125,00	89,00	62,00	52,00	72,00	85,00	135,00	146,00	117,00



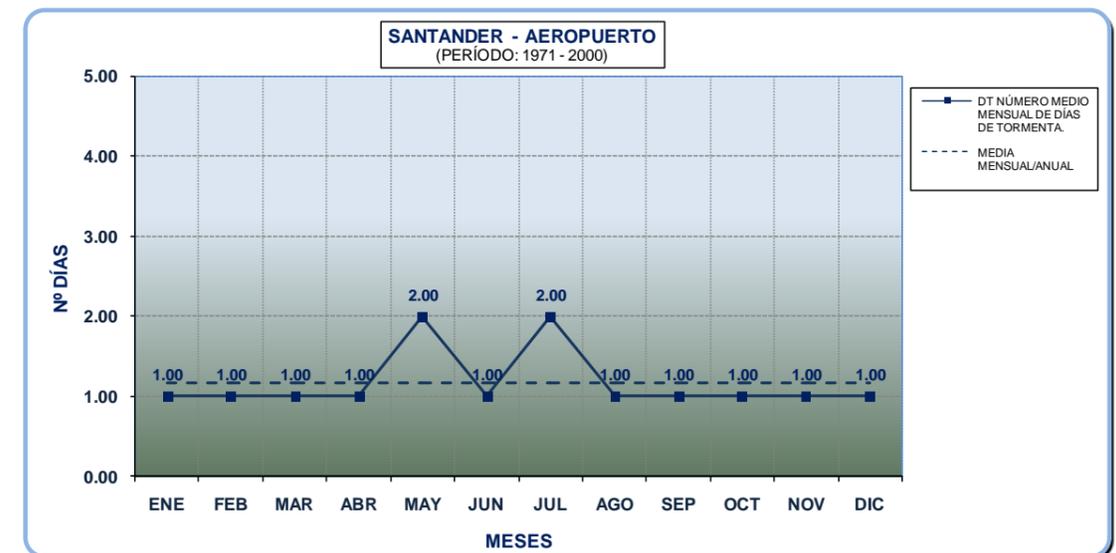
H HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
74,00	74,00	73,00	73,00	75,00	76,00	78,00	78,00	78,00	77,00	76,00	73,00



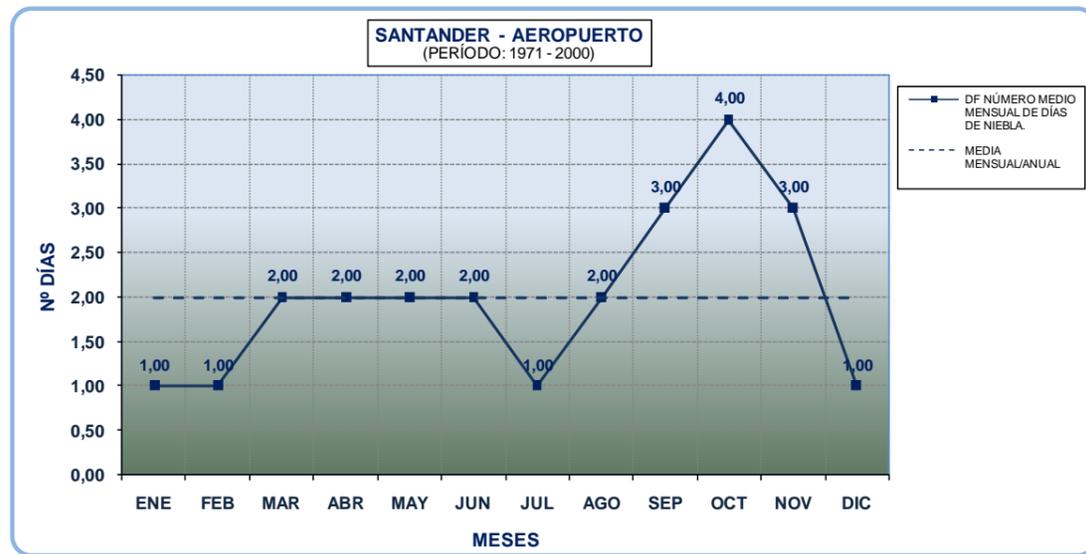
DN NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE NIEVE.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



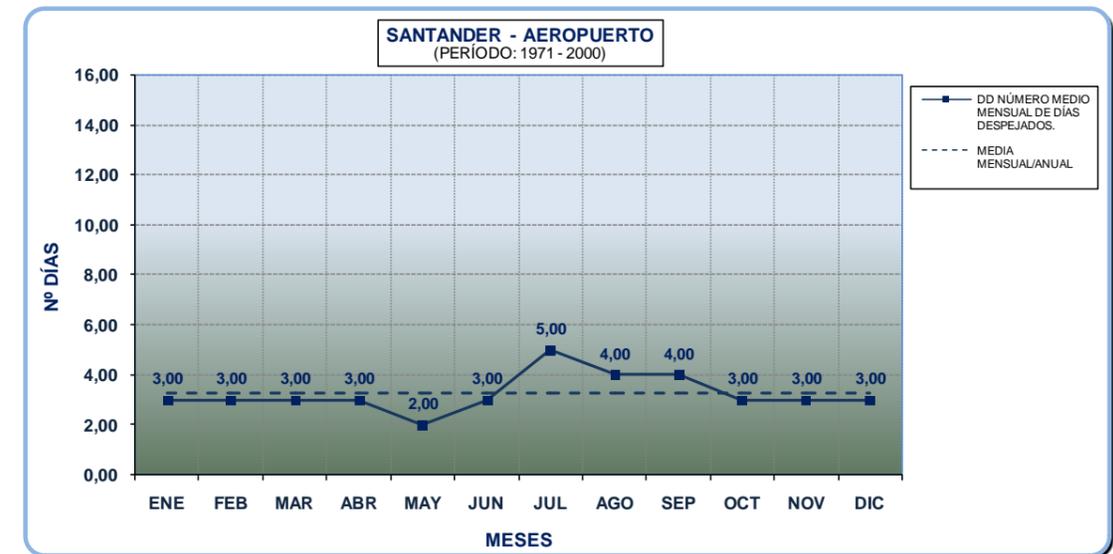
DR NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE PRECIPITACIÓN SUPERIOR O IGUAL A 1 mm.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
13,00	12,00	12,00	13,00	11,00	8,00	7,00	7,00	9,00	12,00	13,00	12,00



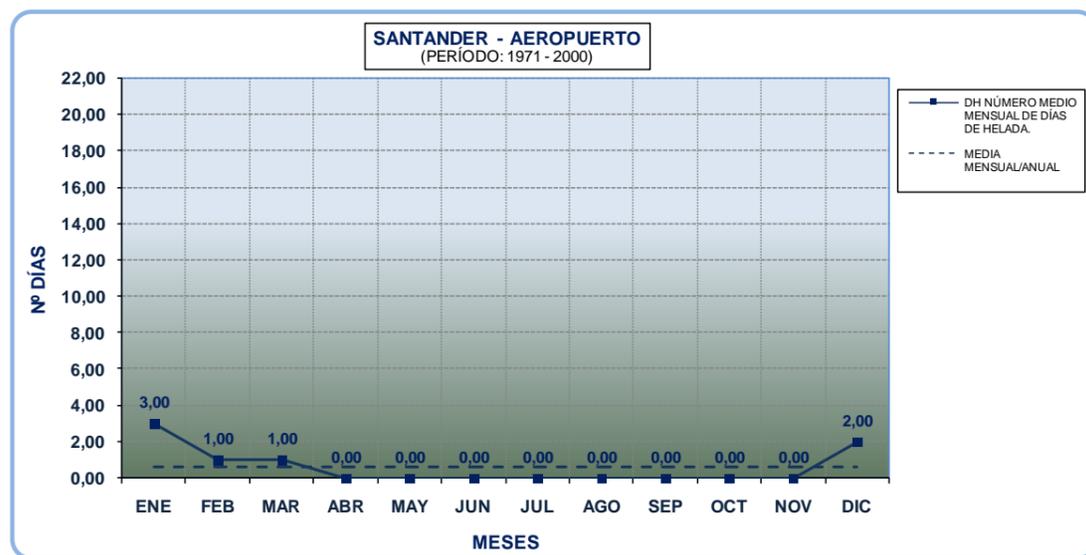
DT NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE TORMENTA.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



DF NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE NIEBLA.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	1,00



DD NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DESPEJADOS.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	5,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00



DH NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE HELADA.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00



I NÚMERO MEDIO MENSUAL DE HORAS DE SOL.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
88,00	100,00	134,00	147,00	169,00	174,00	189,00	182,00	157,00	127,00	98,00	74,00

## 2.4. Clasificación climática

### 2.4.1. Índices climáticos

#### **Índice de concentración estacional (C.E.P.)**

Calculado sobre el régimen medio, es la relación del total pluviométrico máximo o mínimo, correspondiente a tres meses consecutivos, y un tercio total de las precipitaciones de los restantes meses considerando los siguientes en cada estación:

- Invierno (diciembre, enero y febrero; 90 días)
- Primavera (marzo, abril y mayo; 92 días)
- Verano (junio, julio y agosto; 92 días)
- Otoño (septiembre, octubre y noviembre; 91 días)

Se calcula mediante la fórmula:

$$CEP = \frac{P_E}{P} \times \frac{365}{n_e}$$

donde:

PE = Precipitación de la estación considerada (mm)

P = Precipitación total anual (mm)

ne = número de días de la estación considerada

ESTACIÓN	DIAS	PRECIPITACIÓN (mm)	CEP
Invierno	90	344,00	1,15
Primavera	92	319,00	1,04
Verano	92	186,00	0,61
Otoño	91	366,00	1,21
<b>TOTAL</b>	<b>365</b>	<b>1.215,00</b>	

C.E.P. CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL		
CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL MÁXIMA	Otoño	1,21
CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL MÍNIMA	Verano	0,61

#### **Coeficiente pluviométrico relativo mensual (C.P.R.M.)**

Se calcula mediante la fórmula de Anglot y se define como la relación entre las precipitaciones de cada mes y las que este recibiría teniendo en cuenta su longitud (número de días), y si el total de la precipitación anual estuviese igualmente repartida entre todos los meses del año.

$$CPRM = \frac{P_i}{P} \times \frac{365}{n_i}$$

siendo:

P<sub>i</sub> = Precipitación del mes considerado (mm)

P = Precipitación total anual (mm)

n<sub>i</sub> = número de días del mes considerado

Para cada uno de los meses se obtienen, según la AEMET, los siguientes resultados:

C.P.R.M. COEFICIENTE PLUVIOMÉTRICO RELATIVO MENSUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NÚMERO DE DÍAS DEL MES											
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1,19	1,12	1,02	1,25	0,86	0,62	0,50	0,70	0,85	1,31	1,46	1,13

**Índice de temperatura efectiva de Thornthwaite (IT)**

Se trata de un índice térmico expresado con la siguiente fórmula:

$$IT = 5.4 * T$$

donde:

T= Temperatura media anual en °C

Para los distintos valores de IT, Thornthwaite califica al clima y la vegetación de la zona según:

I.T.	CLIMA	VEGETACIÓN
> 125	Macrotermal	Floresta tropical
65 – 125	Mesotermal	Floresta media
30 – 65	Microtermal	Floresta microtermal
15 – 30	Taiga (frío)	Floresta de coníferas
0 – 15	Tundra (frío)	Tundra (musgo)
0	Nieve	-

En este caso:

T media °C	IT	CLIMA	VEGETACIÓN
14,1	76,4	Mesotermal	Floresta media

**Índice de Emberger**

Desarrollado para caracterizar comarcas mediterráneas, cuantificando las variaciones térmicas. Su fórmula es:

$$I = 100g\left(\frac{P}{T_{MC}^2 - t_{mf}^2}\right)$$

donde:

P = Precipitación media anual (mm).

T<sub>MC</sub> = temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C)

T<sub>mf</sub> = temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)

Dentro del clima mediterráneo general, diferencia cinco subregiones climáticas, a cada una de las cuales les asigna un tipo de vegetación según la siguiente escala:

- Clima árido Matorrales varios.
- Clima semiárido Pino carrasco.
- Clima subhúmedo o templado Alcornoque, olivo, lentisco.
- Clima húmedo Cedro, castaño, abeto.
- Clima de alta montaña Cedro, abeto, pino, enebro.

A su vez cada zona puede subdividirse según el tipo de invierno caracterizado por el valor de m, temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C), en:

INVIERNOS	Para T <sub>mf</sub> (°C)	Con heladas
Muy fríos	< -3	Muy frecuentes e intensas
Fríos	-3 a 0	Muy frecuentes
Frescos	0 a 3	Frecuentes
Templados	3 a 7	Débiles
Cálidos	> 7	No se producen

En la zona de la actuación tenemos:

P (mm)	T <sub>MC</sub> °C	T <sub>mf</sub> °C	I	INVIERNOS
1.215,00	23,70	5,60	229,10	Templados

**Índice de Aridez de Martonne**

Se define con la expresión siguiente:

$$I = \frac{P}{t + 10}$$

donde:

P = Precipitación media anual en mm.

t = Temperatura media anual en °C.

ÍNDICE MARTONNE	ZONA
0 - 5	Desierto (hiperárido)
5 - 10	Semidesierto (Árido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmedo
30 - 60	Húmedo
> 60	Perhúmedo

Cuando se calcula el índice de aridez para un mes en particular, se utiliza la expresión:

$$I_i = 12 \cdot \frac{p_i}{t_i + 10}$$

donde p y t son la precipitación y la temperatura medias del mes considerado.

La expresión numérica anual se calcula como la media aritmética entre el índice anual, según la fórmula anterior y el índice mensual ya comentado.

P mm	T °c	I MARTONNE	ZONA
1.215,00	14,1	50,33	Húmedo

### Índice Pluviométrico de Dantin - Revenga

Se define con la expresión siguiente:

$$I = \frac{100 \cdot t}{P}$$

donde:

t = Temperatura media anual en °C

P = Precipitación media anual en mm

Una vez calculado el índice, la aridez se expresa según el siguiente cuadro:

ÍNDICE DANTÍN-REVENGA	ZONA
0 - 2	Húmeda
2 - 3	Semiárida
3 - 6	Árida
> 6	Subdesértica

A continuación, se resumen los valores obtenidos, así como la designación de la zona correspondiente:

P mm	T °c	I DANTÍN-REVENGA	ZONA
1.215,00	14,1	1,16	Húmeda

### Índice de aridez de Knoche (IK)

Este índice termo pluviométrico introduce un nuevo parámetro que considera el número medio de días de lluvia en el año.

I.K. KNOCHE	ARIDEZ
0-25	Extrema
25-50	Severa
50-75	Normal
75-100	Moderada
>100	Pequeña

La fórmula empleada es la siguiente:

$$I_k = \frac{n \cdot P}{100 \cdot (T + 10)}$$

donde:

n = número medio de días de lluvia en el año.

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

En este caso:

P mm	T °C	n	I.K. KNOCHE	ARIDEZ
1.215,00	14,1	129,0	64,92	Normal

**Índice de Aridez de Lang**

Se define con la expresión siguiente:

$$f = \frac{P}{t}$$

donde:

P = Precipitación media mensual expresada en mm

t = Temperatura media anual en °C

ÍNDICE LANG	ZONA
0 - 20	Desierto
20 - 40	Árida
40 - 60	Húmeda de estepas y sabanas
60 - 100	Húmeda de bosques ralos
100 - 160	Húmeda de bosques densos
> 160	Perhúmeda de prados y tundras

Se obtiene el siguiente valor:

P mm	T °C	I LANG	ZONA
1.215,00	14,1	85,92	Húmeda de bosques ralos

2.4.2. *Climodiagramas y clasificaciones climáticas*

**Clasificación de Köppen**

Establece tres tipos principales de climas, tipo B, tipo C y tipo D, según sea el valor de la relación entre la precipitación media y la temperatura media anual:

$$K = P \text{ (cm)} / T_m \text{ (°C)}$$

- TIPO B: Clima Seco (k < 2)

- Subtipo Bw (desierto) (k < 1)

- Subtipo Bs (estepa) (1 < k < 2)

Bsh: estepa calurosa (Tm > 18° C)

Bsk: estepa fría (Tm < 18° C)

- TIPO C: Clima templado cálido (k > 2 y Tm del mes frío -3 < Tmf < 18° C).

- Cf (clima templado húmedo). Pms mes seco > 30 mm.

Cfa: verano caluroso. Tmc mes cálido > 22° C

Cfb: verano cálido. Tmc mes cálido < 22° C y al menos cuatro meses con Tm > 10° C.

- Cs (clima templado de verano seco). Pms < 30 mm.

Csa: verano seco y caluroso. Tmc > 22° C.

Csb: verano seco y cálido. Tmc < 22° C y al menos cuatro meses con Tm > 10°C

- Cw (clima templado de invierno seco)

- TIPO D: Clima frío ( $k > 2$ ,  $T_{mf} < -3^{\circ}C$  y  $T_{mc} > 10^{\circ}C$ ).

En el caso de esta obra, tenemos:

P	T	K	T <sub>MC</sub>	T <sub>mf</sub>	Pmes seco
cm	°C	KÖPPEN	°C	°C	cm
121,50	14,1	8,59	23,70	5,60	52,00

Según Köppen, la zona estaría comprendida dentro del siguiente tipo de clima:

	CLIMA	
K>2	Pmes seco>3cm	T <sub>MC</sub> >22
<b>TIPO C</b>	<b>Tipo Cf</b>	<b>Cfa</b>
Templado cálido	Húmedo	caluroso

**Climodiagrama de Walter-Gausen**

En el diagrama de Walter-Gausen (Diagrama ombrotérmico), se reflejan los datos de temperatura y precipitación medias mensuales.

Se escogen, para la representación gráfica, una escala de precipitaciones en mm, el doble de las temperaturas en grados centígrados. Según la hipótesis de Gausen (1954-55), con equivalencia de 2mm de precipitación por cada 1°C de temperatura, se denomina Curva Ómbrica aquella definida para las precipitaciones, y la Curva Térmica a la definida para las temperaturas.

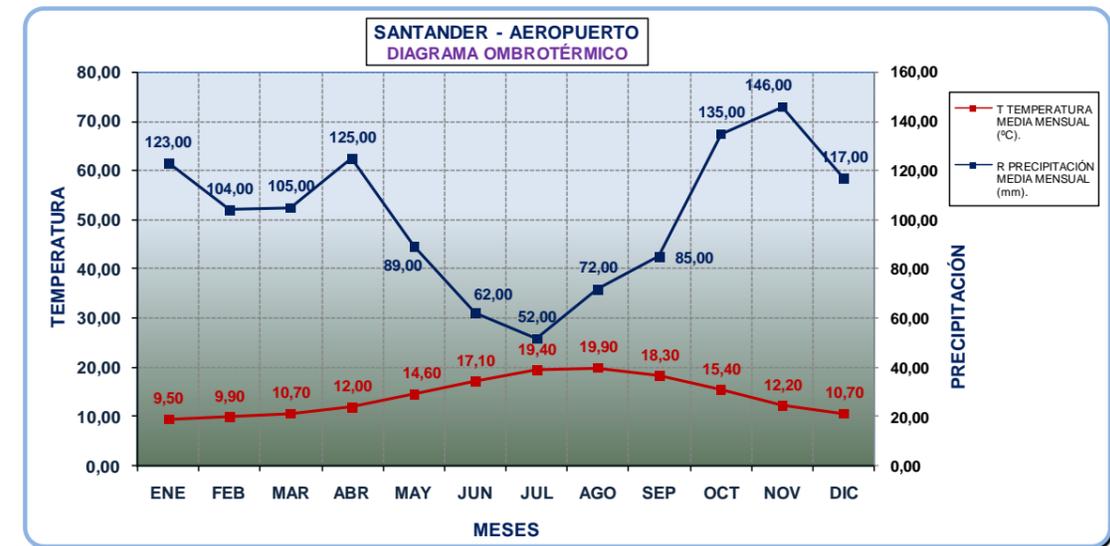


DIAGRAMA OMBROTÉRMICO											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).</b>											
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70
<b>R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).</b>											
123,00	104,00	105,00	125,00	89,00	62,00	52,00	72,00	85,00	135,00	146,00	117,00

Cuando la **curva ómbrica** supera la **curva térmica** ( $P_{media\ mensual} > 2 \cdot T_{media\ mensual}$ ) se consideran meses húmedos. Por el contrario, cuando la curva ómbrica no supera a la térmica ( $P_{media\ mensual} < 2 \cdot T_{media\ mensual}$ ) se consideran meses secos.

Gausen toma como índice xerotérmico, el número de días biológicamente secos.

Después de observar el diagrama, deducimos que:

- Del análisis del diagrama anterior se desprende que no hay un período seco claramente marcado.
- Las precipitaciones mínimas se presentan en los meses de junio, julio y agosto, cuando la curva térmica no llega a tocar a la ómbrica.
- Los periodos húmedos comienzan en septiembre y finalizan en mayo.

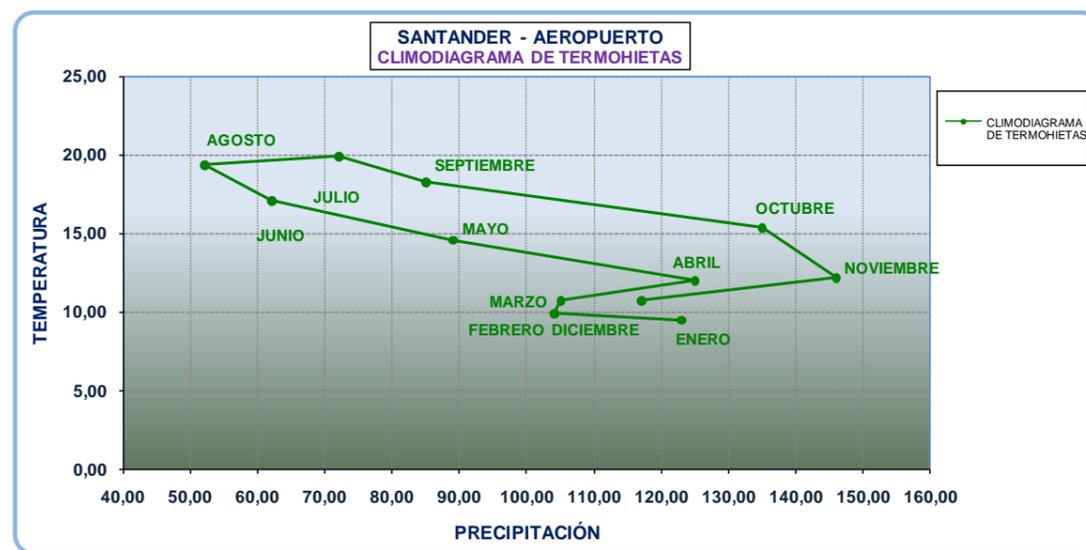
**Climodiagrama de Termohietas**

Se utilizan para definir regímenes climáticos de diferentes localidades y establecer comparaciones. Este diagrama está constituido por la precipitación y la temperatura media mensual, utilizando un sistema de coordenadas cartesianas regulares.

La combinación de los valores de precipitación media y temperatura media para cada mes origina 12 puntos que se unen por líneas que indican el ciclo de medias mensuales de todo el año.

Los datos empleados en el diagrama de termohietas son, en su mayoría, la media de muchos meses de registro y proporcionan así una expresión del régimen característico anual o ciclo climático.

Cuando la rama de verano va por la derecha de la rama de invierno, el entorno disfruta de lluvias de verano. En caso contrario, las precipitaciones dominantes son las de invierno. Si las dos ramas se superponen, más o menos, es que el régimen pluviométrico es sensiblemente uniforme a lo largo del año. Si el polígono es muy alargado en el sentido de las ordenadas, la oscilación termométrica es muy acusada.



CLIMODIAGRAMA DE TERMOHIETAS											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).											
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70
R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).											
123,00	104,00	105,00	125,00	89,00	62,00	52,00	72,00	85,00	135,00	146,00	117,00

En nuestro caso, el climodiagrama de termohietas muestra una curva donde se observa que la rama de los meses de verano se encuentra a la izquierda de la de los meses de invierno, lo que implica que las precipitaciones dominantes son las de los meses de invierno.

**Clasificación Climática de Thornthwaite**

El parámetro fundamental para esta clasificación es la Evapotranspiración Potencial (EVP, o Ep) y la precipitación (P).

Para encontrar la **Ep**, se utiliza la fórmula:

$$E_p = 1,6 \cdot \left( \frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

Siendo:

Ep: Evapotranspiración potencial (mm)

t: temperatura media mensual en grados centígrados

I: Índice de calor anual

$$a = 0,492 + 0,01179 \cdot I - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,000000675 \cdot I^3$$

El índice de calor anual I se calcula a partir de las temperaturas medias de los doce meses:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{t_i}{5} \right)^{1,5}$$

Tratándose de una zona de insolación normal (latitud <10°), la Ep calculada no se ha de corregir para ningún coeficiente.

Temperaturas medias mensuales, °C:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).</b>											
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70

La Temperatura media mensual es 14,1 °C.

Precipitaciones medias mensuales, mm:

<b>R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).</b>											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
123,00	104,00	105,00	125,00	89,00	62,00	52,00	72,00	85,00	135,00	146,00	117,00

La Precipitación media mensual es 101,3 mm.

El índice de calor anual resulta:

$$I = 59,41$$

La evapotranspiración potencial:

$$E_p = 55,13\text{mm}$$

A partir de aquí y para clasificar climáticamente la zona, se definen una serie de índices:

- *Índice de humedad (I<sub>h</sub>)*: para un clima húmedo, donde la precipitación de un mes determinado (P) excede la necesidad de agua, expresada como evapotranspiración potencial (Ep).

$$I_h = \frac{P - E_p}{E_p} \cdot 100$$

<b>ÍNDICE DE HUMEDAD (exceso).</b>											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
123,12	88,66	90,47	126,75	61,45	12,47	-	30,61	54,19	144,89	164,84	112,24

Índice de humedad:  $I_h = 84,14$

- *Índice de aridez (I<sub>a</sub>)*: aplicable cuando la precipitación, en un mes dado, es inferior a la evapotranspiración potencial.

$$I_a = \frac{E_p - P}{E_p} \cdot 100$$

<b>ÍNDICE DE ARIDEZ (déficit).</b>											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-	-	-	-	-	-	5,67	-	-	-	-	-

Índice de aridez:  $I_a = 0,47$

- *Índice hídrico anual (I<sub>m</sub>)*: considerando la heterogeneidad de la precipitación en las diferentes épocas del año y, en consecuencia, la influencia desigual de los índices de aridez y humedad, Thornthwaite define un índice hídrico anual.

$$I_m = I_h - 0,6 I_a$$

<b>ÍNDICE HÍDRICO ANUAL</b>											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
123,12	88,66	90,47	126,75	61,45	12,47	-3,40	30,61	54,19	144,89	164,84	112,24

Índice hídrico anual:  $I_m = 83,86$

Mediante este índice de humedad *I<sub>m</sub>* se establecen los tipos climáticos siguientes:

En función de la humedad	
Tipo de clima	Indice de humedad
A Perhúmedo	> 101
B4 Húmedo	80 - 101
B3 Húmedo	60 - 81
B2 Húmedo	40 - 61
B1 Húmedo	20 - 41
C2 Subhúmedo húmedo	0 - 21
C1 Subhúmedo seco	-33 a 1
D Semiárido	-67 a -34
E Árido	-100 a -68

Clasificación climática de Thornthwaite (1948).

Así pues, de acuerdo con esta clasificación, el tipo clima de la zona que nos ocupa resulta ser "HÚMEDO B4" ( $80 < I_m < 101$ ).

## 2.5. Obtención del número de días útiles de trabajo

### 2.5.1. Introducción

La duración de las obras exteriores viene afectada en gran medida por la situación geográfica y por la época o estación climática en que ha de ejecutarse cada fase de obra. En esta parte del estudio se trata de recopilar los datos estadísticos de clima, de forma que se puedan establecer unas condiciones medias de trabajo para cada uno de los distintos emplazamientos y épocas de ejecución de las obras.

Se utilizan los planos de isóneas de los valores  $\eta_m$ ,  $\tau_m$ ,  $\tau'_m$ ,  $\lambda_m$ ,  $\lambda'_m$ .

### 2.5.2. Definiciones

#### Día trabajable.

Para cada clase de obra definida, se entiende por día trabajable, en cuanto al clima se refiere, el día en que la precipitación y la temperatura del ambiente sean inferior y superior respectivamente a los límites que se definen más adelante.

No se tienen en cuenta las altas temperaturas del ambiente que impidan la puesta en obra del hormigón, tanto por el número inapreciable de días en que se dan, como por caer dentro del microclima de una zona reducida.

#### Temperatura límite del ambiente para la ejecución de unidades bituminosas

Se define como temperatura límite del ambiente para la ejecución de riegos, tratamientos superficiales o por penetración, y mezclas bituminosas, aquella que se acepta normalmente como límite, por debajo del cual no pueden ponerse en obra dichas unidades. En este estudio se toma como temperatura límite de puesta en obra de riegos tratamientos superficiales o por penetración la de 10°C; y para mezclas bituminosas la de 5°C.

#### Temperatura límite del ambiente para la manipulación de materiales naturales húmedos

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

#### Precipitación límite

Se establecen dos valores de la precipitación límite diaria: 1mm por día y 10mm 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 precipitación diaria superior a 10mm, no puede realizarse ningún trabajo sin protecciones especiales.

**2.5.3. Coeficientes de reducción por condiciones climáticas durante los trabajos**

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

Se define el coeficiente de reducción por helada  $\eta_m$  como el cociente del número de días del mes m, en que la temperatura mínima es superior a 0°, al número de días del mes.

$$\eta_m = \frac{\text{nº de días con } T > 0^\circ\text{C}}{\text{nº de días del mes}}$$

Se define el coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas  $\tau_m$ , como coeficiente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 10°C, al número de días del mes.

$$\tau_m = \frac{\text{nº de días con } T > 10^\circ\text{C a las 9 h}}{\text{nº de días del mes}}$$

Se define el coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas  $\tau'_m$ , como el cociente del número de días del mes en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 5°C, al número de días del mes.

$$\tau'_m = \frac{\text{nº de días con } T > 5^\circ\text{C a las 9 h}}{\text{nº de días del mes}}$$

Se define el coeficiente de reducción de lluvia límite de trabajo  $\lambda_m$ , como el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 10 mm, al número de días del mes.

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

Se define el coeficiente de reducción de lluvia límite de trabajo  $\lambda'_m$ , como el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 1mm, al número de días del mes.

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

Para el cálculo de estos coeficientes se ha tomado la media mensual de cada número de días en 10 años de funcionamiento de las estaciones de la red aeronáutica, publicados por el Boletín mensual Climatológico.

Para el cálculo del número de días con temperatura superior a 10° C y 5° C a las 9 de la mañana, se ha procedido de la forma siguiente:

Establecido, para cada mes y estación termométrica, el valor medio de la diferencia (D) de temperaturas entre las 7 y las 9 horas, se consideraron los datos diarios a las 7 horas que incluyen los Resúmenes Mensuales Climatológicos de cada estación, contándose los días en que la temperatura es superior a (5-D)° y a (10-D)°, números que equivalen a los mencionados en el párrafo anterior.

**2.5.4. Cálculo de los días trabajables para cada clase de obra**

Para el cálculo de los coeficientes medios a aplicar a cada clase de obra en cada ubicación, se consigna el factor meteorológico que afecta a la obra, en el cuadro siguiente:

CLASE DE OBRA	FACTORES QUE AFECTAN A LA OBRA				
	% de días con temperatura > 0° C	% de días con temperatura > 10° C	% de días con temperatura > 5° C	% de días con precipitación < 10 mm	% de días con precipitación < 1 mm
	$\eta_m$	$\tau_m$	$\tau'_m$	$\lambda_m$	$\lambda'_m$
EXPLANACIONES	X			X	X
HORMIGONADO	X			X	
BALASTO Y SUBBALASTO			X		X
SUPERESTRUCTURA DE VÍA		X			X
ÁRIDOS Y OTRAS ACTIVIDADES				X	

Por tratarse de fenómenos con probabilidad independiente, y como el trabajo ha de suspenderse cuando concurra una de varias condiciones adversas, se aplican reiteradamente los coeficientes de reducción correspondientes. El coeficiente de reducción de los días laborables del equipo, afecto a cada clase de obra, es:

**EXPLANACIONES** : Días de lluvia con precipitación inferior a 5 mm y temperatura a las 9 h de la mañana superior a 0º C.

$$C_m = \frac{(\lambda_m + \lambda'_m)}{2} \eta_m$$

**HORMIGONADO** : Días en que la temperatura a las 9 h de la mañana es superior a 0º C y la precipitación inferior a 10 mm.

$$C_m = \eta_m \times \lambda_m$$

**BALASTO Y SUBBALASTO** Días en que la temperatura a las 9 h de la mañana es superior a 5º C y la precipitación inferior a 1 mm.

$$C_m = \tau'_m \times \lambda'_m$$

**SUPERESTRUCTURA DE VÍA** Días en que la temperatura a las 9 h de la mañana es superior a 10º C y la precipitación inferior a 1 mm.

$$C_m = \tau_m \times \lambda'_m$$

**ÁRIDOS Y OTRAS ACTIVIDADES** : Días de lluvia con precipitación inferior a 10 mm.

$$C_m = \lambda_m$$

El coeficiente que ofrece mayores dificultades de determinación es el correspondiente a explanaciones, en cuanto a compactaciones se refiere, ya que en él influyen de manera decisiva, entre otros, los siguientes factores: tipo de material a compactar, temperatura, humedad relativa del aire e intensidad de los vientos dominantes. Se ha simplificado la obtención de dicho coeficiente haciendo intervenir con el mismo peso los coeficientes de lluvia inferior a 1mm y 10mm, así como el coeficiente de helada, al que se supone proporcional  $C_m$ , para introducir la temperatura como factor favorable para estos trabajos.

### 2.5.5. Cálculo de los días trabajables netos

En el cálculo de los días realmente trabajables de cada mes intervienen dos factores:

- Los días festivos, que son variables según el año y localidad, pero cuya importancia es notable. La distribución de días laborables, que permite obtener los días trabajables netos en la zona de estudio, se incluye el calendario laboral de Torrelavega para el año 2022.

## Calendario Laboral

Seleccione en el filtro de Localización, la localidad con oficina de la Seguridad Social, donde consultar el calendario laboral.

Imagen 1. Calendario laboral del municipio de Torrelavega. Fuente Seguridad Social

- El cálculo del coeficiente de reducción por días de climatología adversa que se ha explicado en el apartado anterior para cada clase de obra.

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,  $(1-C_m)$  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 una climatología adversa.

El coeficiente de reducción total será, por tanto:

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

### 2.5.6. Datos medios sobre días trabajables por climatología

Los coeficientes medios anuales que permiten la obtención de los días útiles de trabajo en las diferentes unidades de obra se han obtenido a partir de los datos tomados de los mapas de "Isolíneas de Coeficientes de reducción de los días de trabajo", publicados por la DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS del antiguo M.O.P.T.M.A.

A partir de estos datos, se obtienen las tablas y gráficos incluidos a continuación:

COEFICIENTES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
$\eta_m$	0,825	0,800	0,900	0,950	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950	0,900
$\tau_m$	0,250	0,250	0,300	0,400	0,900	1,000	1,000	1,000	1,000	0,700	0,400	0,300
$\tau'_m$	0,600	0,600	0,700	0,800	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900	0,700
$\lambda_m$	0,880	0,880	0,900	0,930	0,950	0,950	0,970	0,930	0,910	0,840	0,860	0,880
$\lambda'_m$	0,640	0,730	0,690	0,690	0,680	0,680	0,750	0,680	0,700	0,600	0,590	0,560

COEFICIENTES $C_m$	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
HORMIGONES	0,726	0,704	0,810	0,884	0,950	0,950	0,970	0,930	0,910	0,840	0,817	0,792
EXPLANACIONES	0,627	0,644	0,716	0,770	0,815	0,815	0,860	0,805	0,805	0,720	0,689	0,648
PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	0,880	0,880	0,900	0,930	0,950	0,950	0,970	0,930	0,910	0,840	0,860	0,880
RIEGOS <i>Explanaciones</i>	0,160	0,183	0,207	0,276	0,612	0,680	0,750	0,680	0,700	0,420	0,236	0,168
MEZCLAS BITUMINOSAS	0,384	0,438	0,483	0,552	0,680	0,680	0,750	0,680	0,700	0,600	0,531	0,392

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00
DÍAS APROVECHABLES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
HORMIGONES	23	20	25	27	29	29	30	29	27	26	25	25
EXPLANACIONES	19	18	22	23	25	24	27	25	24	22	21	20
PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	27	25	28	28	29	29	30	29	27	26	26	27
RIEGOS	5	5	6	8	19	20	23	21	21	13	7	5
MEZCLAS BITUMINOSAS	12	12	15	17	21	20	23	21	21	19	16	12

DÍAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Días totales	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Días laborales	20	20	23	20	21	21	21	22	20	20	21	19
C <sub>f</sub>	0,645	0,714	0,742	0,667	0,677	0,700	0,677	0,710	0,667	0,645	0,700	0,613

COEFICIENTES C <sub>t</sub>	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
HORMIGONES	0,823	0,789	0,859	0,922	0,966	0,965	0,980	0,950	0,940	0,897	0,872	0,873
EXPLANACIONES	0,759	0,746	0,789	0,846	0,875	0,871	0,905	0,862	0,870	0,819	0,782	0,784
PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	0,923	0,914	0,926	0,953	0,966	0,965	0,980	0,950	0,940	0,897	0,902	0,926
RIEGOS	0,458	0,416	0,412	0,517	0,737	0,776	0,831	0,773	0,800	0,626	0,465	0,490
MEZCLAS BITUMINOSAS	0,603	0,599	0,616	0,701	0,783	0,776	0,831	0,773	0,800	0,742	0,672	0,627

DÍAS TRABAJABLES NETOS												
ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
HORMIGONES	16	16	20	18	20	20	21	21	19	18	18	17
EXPLANACIONES	15	15	18	17	18	18	19	19	17	16	16	15
PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	18	18	21	19	20	20	21	21	19	18	19	18
RIEGOS	9	8	9	10	15	16	17	17	16	13	10	9
MEZCLAS BITUMINOSAS	12	12	14	14	16	16	17	17	16	15	14	12

Con los datos climáticos obtenidos, se calculan los coeficientes medios para la obtención del número de días laborales de las diferentes actividades constructivas en las que se divide la obra.

### 3. Hidrología

#### 3.1. Cálculos hidrológicos

El estudio que se desarrolla en este apartado tiene como fin último la obtención de la Precipitación máxima diaria para los distintos periodos de retorno. Con el resultado obtenido se comprobará el correcto funcionamiento de los elementos proyectados en el apartado 4. Drenaje.

Para ello es necesario realizar una serie de cálculos que se describen en cada uno de los epígrafes que siguen.

##### 3.1.1. Datos de partida

Para la obtención de las máximas precipitaciones en 24 h se han utilizado los datos de la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular".

Se ha considerado que la precisión y fiabilidad de estos datos es suficiente para un estudio de las características como el que se está desarrollando.

##### 3.1.2. Cálculos pluviométricos

A continuación, se calculan las precipitaciones para los diferentes períodos de retorno, según el método descrito en la publicación mencionada en el apartado anterior.

Este programa da como resultado la precipitación asociada a las coordenadas de un punto (geográficas o UTM) para el periodo de retorno que se fije.

Siguiendo la metodología descrita en esta publicación, se obtienen los valores del coeficiente  $C_v$  de la zona de estudio. A partir de los valores de este coeficiente y, según la tabla que se incluye a continuación, se calcula el coeficiente amplificador  $K_T$  y a partir del mismo la precipitación asociada a cada período de retorno.

$C_v$	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	1.293	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

Imagen 2. Factores de Amplificación  $K_T$ . Fuente "Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular"

En el área de estudio y teniendo en cuenta el Mapa de Isolíneas, se han obtenido los siguientes parámetros en el área del aparcamiento de la estación de la RAM en Torrelavega:

$C_v = 0,38$  y  $P = 75$  mm.

Se incluye a continuación la imagen del Mapa de Isolíneas para la zona de Torrelavega.

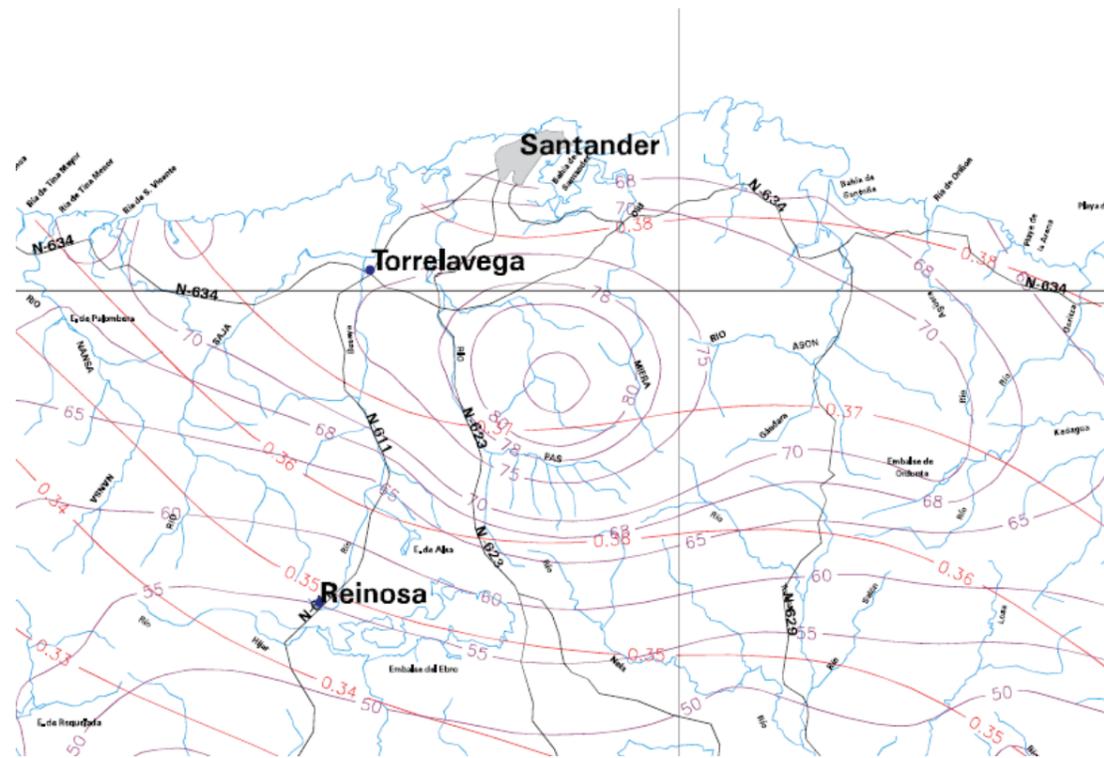


Imagen 3. Mapa de isótopas. Fuente "Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular"

Con los datos anteriores, se calcula el valor de la precipitación para los diferentes períodos de retorno.

Se adjunta a continuación otra tabla con las precipitaciones máximas en 24 horas para los diferentes períodos de retorno.

	PERÍODOS DE RETORNO						
	5	10	25	50	100	200	500
K <sub>T</sub>	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
P <sub>24h máx</sub>	91,76	108,71	132,68	151,85	172,20	193,66	223,04

## 4. Drenaje

### 4.1. Introducción

El presente apartado tiene por objeto el desarrollo del cálculo y el dimensionamiento del sistema de drenaje que será necesario disponer en el aparcamiento subterráneo objeto del presente Estudio.

### 4.2. Drenaje del Aparcamiento. Fase de Explotación

El drenaje del nuevo aparcamiento subterráneo consta de la red de recogida de aguas pluviales generadas en las rampas de acceso y salida del aparcamiento. Básicamente estará formada por una red de colectores enterrados bajo la solera del aparcamiento con pozos de registro en las acometidas de imbornales, en el punto bajo de cada una de las rampas y en los cambios de dirección. Dado que el nivel de solera del aparcamiento estará al menos en 5,4 m bajo rasante es imposible conectar con la red de drenaje urbana. Por ello se conectará mediante una bajante al pozo de bombeo del soterramiento ferroviario.

Se muestra a continuación la red proyectada. Se ha diseñado con un diámetro mínimo de 300 mm con una pendiente del 0,50 %.

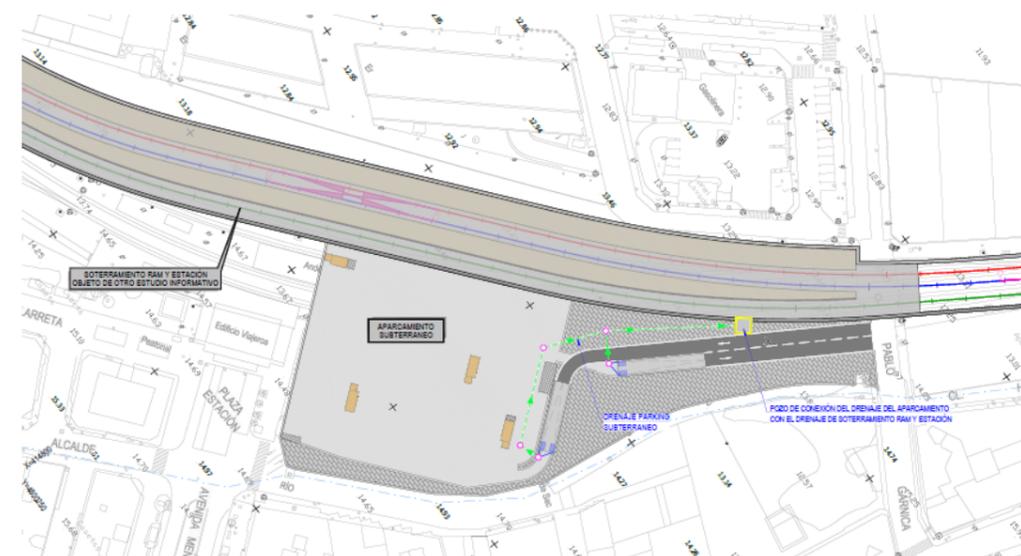


Imagen 4. Drenaje de aparcamiento.

4.2.1. Cálculos hidráulicos

**Cálculo de caudales**

El caudal aportado los colectores proyectados en drenaje longitudinal se ha calculado según la siguiente expresión:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

siendo:

- Q (m³/s): Caudal punta en el punto de desagüe correspondiente a un período de retorno dado.
- C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca drenada.
- I(T,t<sub>c</sub>) (mm/h): Intensidad media de la precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- A (km²): Superficie de la cuenca.
- K<sub>t</sub>: Coeficiente de uniformidad.

Siguiendo las Instrucciones y Recomendaciones de ADIF de la NAP 1-2-0.3 Climatología, Hidrología y Drenaje, el cálculo del tiempo de concentración que se utiliza para definir los caudales a desaguar por las cunetas se estima mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = 0,05 + 0,1 * \left( \frac{L}{J^{\frac{1}{4}}} \right)^{0,76}$$

Siendo:

- T<sub>c</sub>: Tiempo de concentración en horas.
- L: Longitud de la cuenca o elemento de drenaje longitudinal en km.
- J: Pendiente.

El dimensionamiento de los elementos de drenaje longitudinal se ha realizado para un período de retorno de 50 años. Para los cálculos se aplicarán los siguientes parámetros:

- Precipitación máxima diaria: P50 = 151,85 mm
- Relación de Intensidades: I<sub>1</sub>/I<sub>d</sub> = 9 Consultando el mapa de isolíneas de los valores I<sub>1</sub>/I<sub>d</sub> para España que figura en la Norma 5.2-IC. (índice de torrencialidad I1/I<sub>d</sub>)

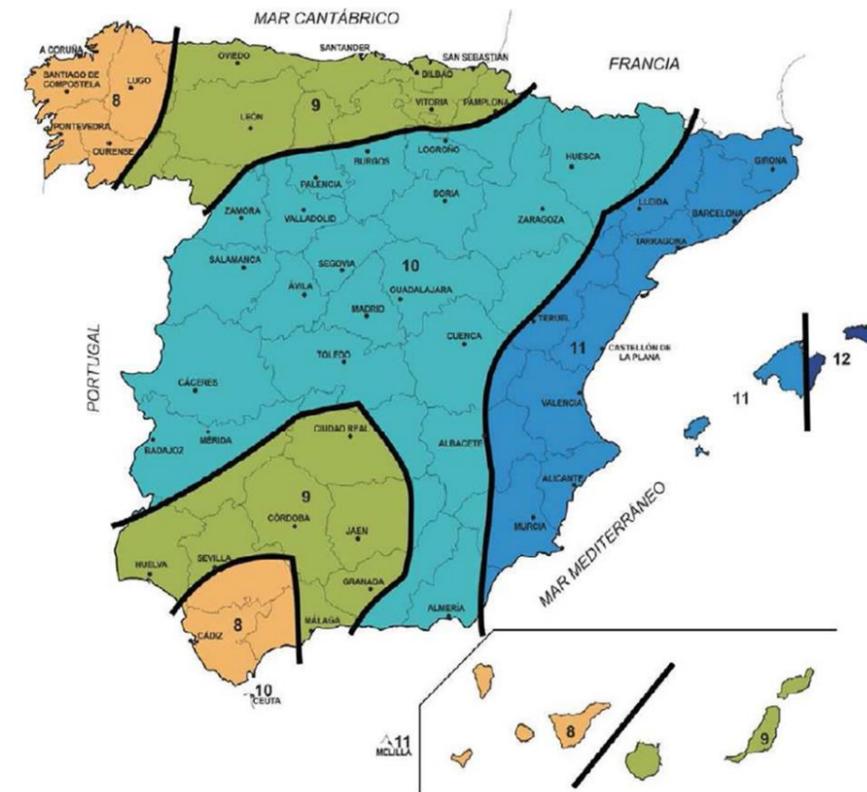


Imagen 5. Mapa del índice de torrencialidad (I1/I<sub>d</sub>) 5.2 IC

- Se considera un umbral de escorrentía P<sub>0</sub> para las zonas pavimentadas y cubiertas de la zona de la estación de 1mm
- La intensidad media diaria de precipitación I<sub>d</sub>, se ha obtenido mediante la fórmula:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Obteniendo una  $I_d=6,33\text{mm}$  para un periodo de retorno de 50 años. Se considera  $K_A=1$ , factor reductor de precipitación para áreas de cuenca inferiores a  $1 \text{ km}^2$ .

- La intensidad de precipitación  $I(T,t_c)$  se ha calculado siguiendo la siguiente fórmula:

$$I(T,t) = I_d \cdot F_{int}$$

Siendo:

- $F_{int}$ : Factor de intensidad (Según Norma 5.2-IC).

- El coeficiente de escorrentía  $C$ , se ha calculado según la fórmula siguiente:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} + 11\right)^2}$$

- El coeficiente de uniformidad  $K_t$  se ha calculado según la fórmula siguiente:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

### Caudales a considerar en el Aparcamiento subterráneo



Imagen 6. Perímetro aparcamiento

Los principales caudales de escorrentía de lluvia considerados son los generados en las rampas.

Para determinar su valor se ha considerado que la precipitación de cálculo asociada a un periodo de retorno de 50 años es de  $151.85 \text{ mm}$  y el umbral de escorrentía es  $P_o=1$ . Dada la pequeña superficie de ambas rampas (entrada  $82.4 \text{ m}^2$  y salida  $102.4 \text{ m}^2$ ) se considera un  $T_c$  mínimo de 5 minutos. Con todo lo anterior el caudal obtenido es de  $0,0044 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $0,0055 \text{ m}^3/\text{s}$  respectivamente ( $4,4 \text{ l/s}$  y  $5,5 \text{ l/s}$ ). En la siguiente tabla se detalla el cálculo de los caudales asociados al aparcamiento subterráneo, en el que se ha fijado el  $T_c$  mínimo de 5 minutos o el equivalente de  $0.083 \text{ horas}$ .

Cuneta	Plataforma		Plataforma										Q50 (m³/s)	
	longitud	ancho	Área (m²)	Tc	ARF	P50areal	I	I1/d	P <sub>0</sub>	I1	I50	C		K
rampa E	20.60	4.00	82.40	0.083	1	151.85	6.33	9.00	1	6.33	193.36	0.99	1.00	0.0044
rampa S	25.60	4.00	102.40	0.083	1	151.85	6.33	9.00	1	6.33	193.36	0.99	1.00	0.0055

Además de los caudales de escorrentía se ha considerado:

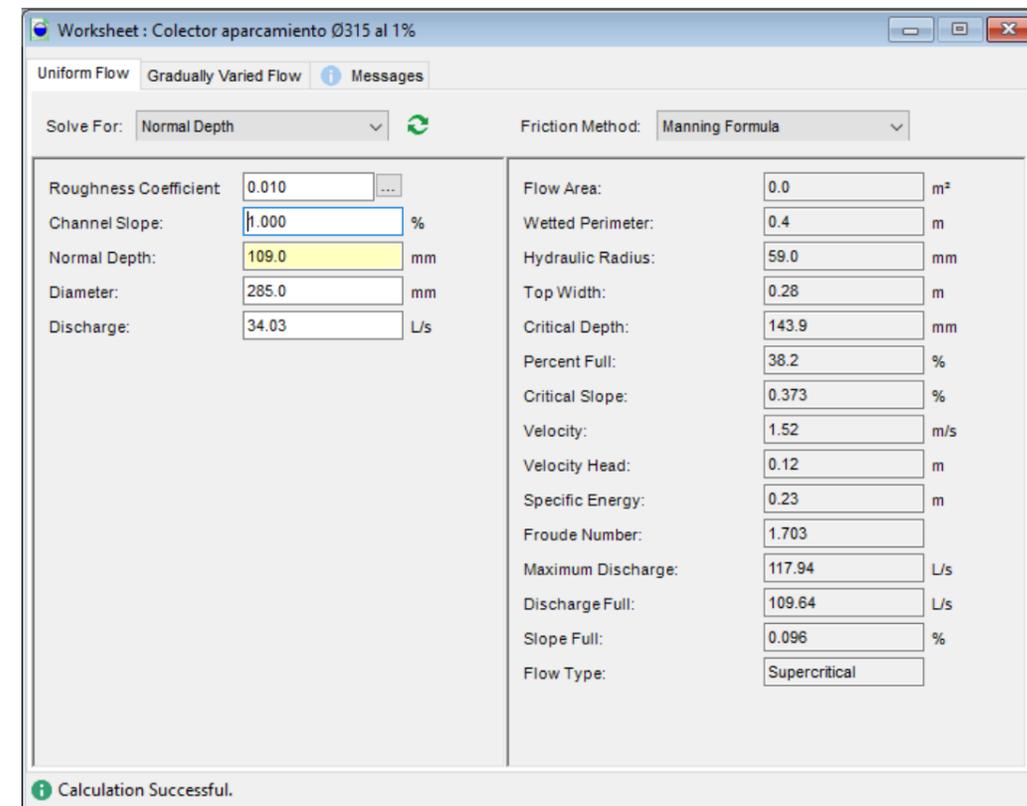
- Las aguas de infiltración. Evaluadas a partir del perímetro de la superficie del aparcamiento, siendo la longitud de este de aproximadamente 300 m. Para la ratio de 0,2 l/s/Km se obtiene **0,06 l/s**.
- El agua de extinción de incendios. Se ha considerado de la misma forma que el soterramiento, esto es un hidrante de caudal mínimo de 1000 l/min (500 l/min/boca, salida con dos tomas de 45 mm). El equivalente es de **16,67 l/s**.
- Las aguas consideradas como blancas. Estas serían las aguas de escorrentía en cubiertas, núcleos de ascensores y núcleos de escaleras de acceso; se estima de una forma genérica con el fin de considerar una cifra en el cómputo total de caudales. Partiendo de una superficie de recogida de unos 138 m² (núcleos de escalera 4uds de 17.5 m² =70 m²; rejillas de ventilación por un total de 51,76 m² y 16 m² de 4 núcleos de ascensores), de la precipitación de cálculo de 151.85 mm, el umbral de escorrentía considerado es Po=1 y un Tc mínimo de 5 minutos, tenemos un caudal de **7,4 l/s**

El caudal total generado en la actuación de aparcamiento subterráneo es de **34,03 l/s**.

#### 4.2.2. Dimensionamiento del Drenaje del Aparcamiento

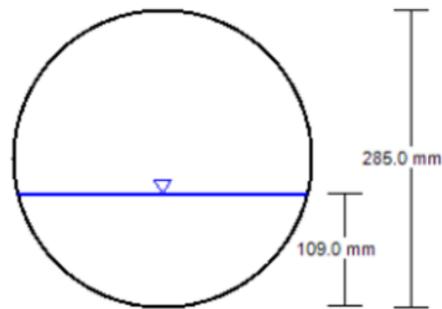
El caudal total más desfavorable se obtendría en el supuesto de que se produjera un evento de lluvia con extinción de incendios. En esta hipótesis el caudal máximo sería 34.03 l/s.

Para este caudal, se obtiene un dimensionamiento del colector por gravedad de 315 mm (Ø<sub>int</sub> ≈ 285 mm), para PVC con rugosidad de Manning = 0,010 y pendiente de 0,01 m/m o el equivalente del 1%:



**Sección transversal - Colector aparcamiento Ø315 al 1%**

Project Description	
Friction Method	Manning Formula
Solve For	Normal Depth
Input Data	
Roughness Coefficient	0.010
Channel Slope	1.000 %
Normal Depth	109.0 mm
Diameter	285.0 mm
Discharge	34.03 L/s



Los resultados arrojan que tiene capacidad sobrada para drenar la escorrentía de lluvia generada. Para esas dimensiones y pendiente el colector es capaz de drenar 100 l/s con un 75% de capacidad.

En el caso de las conexiones de imbornales a pozos se proyectan de 200 mm del mismo material, PVC SN-8 de diámetro interior 182 mm. En este caso el caudal máximo sería 5,5 l/s

Worksheet: Colector conexión desde imbornales Ø200 al 1%

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Normal Depth | Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient	0.010	Flow Area	0.0 m <sup>2</sup>
Channel Slope	1.000 %	Wetted Perimeter	0.2 m
Normal Depth	50.1 mm	Hydraulic Radius	28.9 mm
Diameter	182.0 mm	Top Width	0.16 m
Discharge	5.50 L/s	Critical Depth	63.7 mm
		Percent Full	27.5 %
		Critical Slope	0.398 %
		Velocity	0.95 m/s
		Velocity Head	0.05 m
		Specific Energy	0.10 m
		Froude Number	1.596
		Maximum Discharge	35.67 L/s
		Discharge Full	33.16 L/s
		Slope Full	0.028 %
		Flow Type	Supercritical

Calculation Successful.

### 4.3. Drenaje del Aparcamiento. Fase de construcción.

#### 4.3.1. Aguas de escorrentía y filtración:

El drenaje del aparcamiento en la fase de construcción debe de adaptarse a las propias fases que tenga el sistema constructivo del mismo.

Las aguas de escorrentía serán canalizadas provisionalmente a diversos puntos de recogida tales como pozos o arquetas desde donde serán bombeados a depósitos provisionales de carácter temporal (mientras dure la ejecución de las obras). Dichos depósitos temporales tendrán capacidad suficiente para albergar la suma de la escorrentía generada en las rampas de entrada-salida al futuro aparcamiento y el propio recinto del mismo y dispondrá de un sistema de aviso de llenado. Periódicamente deberán ser vaciados mediante camiones cisterna autorizados que los transporte al lugar de tratamiento.

Las posibles aguas de filtración generadas durante la excavación de las rampas y de la estación serán conducidas a los mismos depósitos. Dichas aguas pueden contener a lo sumo una elevada cantidad de sólidos en suspensión por lo que deberán ser decantadas previamente a la entrada al depósito, controlando el pH.

En el caso de que por razones constructivas deba rebajarse el nivel freático de forma temporal, el agua bombeada será conducida a depósitos de almacenamiento para su posterior traslado en camión cisterna.

La situación de los depósitos será compatible tanto con las zonas de instalaciones auxiliares (ZIA) como con las propias fases de obra. Se entiende que es recomendable que en cada ZIA de cierta extensión pueda haber un depósito temporal. Deberán contar además con un fácil acceso viario que permita al gestor de residuos acceder a los mismos y retirar el volumen de agua almacenada.

#### 4.3.2. Sistema de drenaje de aguas residuales:

El sistema de drenaje de aguas residuales durante la fase de construcción es aquel que recoge las aguas negras provenientes de aseos de obra, duchas, vestuarios y en general de instalaciones de higiene en el trabajo. Dado que son aguas residuales y generalmente con un volumen muy inferior al de las aguas pluviales, se prevé que se conecten al sistema de saneamiento urbano mediante canalizaciones temporales que conecten al pozo más cercano.

En el caso de casetas de aseos portátiles que se puedan ir trasladando según avancen los tajos de obra, se debe optar a instalaciones portátiles con tratamiento químico. Estas serán periódicamente vaciadas por gestor autorizado.