

## ANEJO 08. HIDROLOGÍA Y DRENAJE



## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2. CLIMATOLOGÍA</b> .....	<b>5</b>
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL .....	5
2.2. DATOS CLIMÁTICOS .....	5
2.3. ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES .....	6
2.4. ANÁLISIS DE LAS TEMPERATURAS .....	6
2.5. ANÁLISIS DE OTRAS VARIABLES .....	7
2.5.1. <i>EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL</i> .....	7
2.5.2. <i>HUMEDAD RELATIVA</i> .....	7
2.5.3. <i>INSOLACIÓN Y NUBOSIDAD</i> .....	7
2.5.4. <i>HELADAS</i> .....	7
2.5.5. <i>NEVADAS</i> .....	7
<b>3. DRENAJE</b> .....	<b>7</b>
3.1. METODO DE CÁLCULO .....	7
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	8

## Índice de figuras

Figura 1. Valores climáticos normales de la estación Vitoria-Gasteiz Aeropuerto (1981-2010) Fuente: AEMET	5
Figura 2. Extremos climáticos registrados en la estación de Vitoria-Gasteiz Aeropuerto (1973-2024). Fuente: AEMET	6
Figura 3. Gráfica Precipitación total media anual.	6
Figura 4. Gráfica de temperaturas medias anuales en la estación de Foronda	7
Figura 5. Drenaje de plataforma con acabado en asfalto	8
Figura 6. Drenaje de plataforma con acabado en césped	8
Figura 7. Drenaje pluvial de las planta de cocheras	9
Figura 8. Drenaje pluvial en cubierta de cocheras	9

## Índice de tablas

Tabla 1. Situación de la estación 9091 de Aeropuerto Foronda	5
Tabla 2. Precipitación total mensual (2012-2023) Fuente: <a href="https://x-y.es/aemet/est-9091R-vitoria-gasteiz-aeropuerto">https://x-y.es/aemet/est-9091R-vitoria-gasteiz-aeropuerto</a>	6
Tabla 3. Valores medios de temperaturas en la estación del Aeropuerto de Vitoria-Gasteiz. Fuente: <a href="https://x-y.es/aemet/est-9091R-vitoria-gasteiz-aeropuerto">https://x-y.es/aemet/est-9091R-vitoria-gasteiz-aeropuerto</a>	6



## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es establecer el marco climatológico e hidrológico de Vitoria-Gasteiz aplicable al diseño del drenaje de la extensión a Zabalgana de la red tranviaria de Vitoria-Gasteiz.

Del estudio climático, a través del tratamiento adecuado de los datos procedentes de las estaciones meteorológicas existentes en el entorno, se obtendrán los parámetros que permitan el cálculo de la reducción de días trabajables por condiciones climatológicas adversas además de los datos para la obtención de las exigencias medioambientales para el estudio de equipos en la implantación y explotación del tranvía.

Mediante el estudio hidrológico se obtendrá la intensidad de lluvia de proyecto que servirá de base para definir y dimensionar las obras de drenaje y evacuación de las aguas superficiales de la plataforma.

## 2. CLIMATOLOGÍA

### 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Geográficamente Vitoria-Gasteiz se encuentra en la Comunidad Autónoma del País Vasco a 525 metros sobre el nivel del mar enclavada aproximadamente en el centro de la provincia de Álava y, por lo tanto, comparte los rasgos climáticos de la provincia de la que es capital y que a continuación se detallan.

Desde el punto de vista hidrográfico la provincia de Álava está incluida casi en su totalidad en la cuenca del Ebro. Al contrario que en las provincias de Guipúzcoa y Vizcaya, los afluentes del Ebro, que riegan las tierras de Álava, son menos caudalosos y algunos presentan estiaje.

Desde el punto de vista climático Álava queda dentro de la llamada “España húmeda” con la única excepción del borde sur occidental de la provincia, ya que prácticamente todo su territorio queda englobado por la isoyeta anual media de 875 mm.

Con referencia a las características termométricas de la región cabe destacar, en primer lugar, que los valores de la temperatura media del año están comprendidos entre 10 °C y 15 °C. El mes más frío del año es enero cuya temperatura media en casi toda Álava varía entre 2,5 °C y 5 °C. Los meses más calurosos son agosto para casi toda la región y julio en el borde sur occidental de la provincia de Álava con temperaturas medias alrededor de los 20 °C. Por su parte, la amplitud media anual de la oscilación térmica diaria presenta en buena parte de la provincia de Álava valores superiores a los 10 °C.

Por otra parte, la abundancia de la nubosidad y la frecuencia de las nieblas hacen de la región una de las que menor insolación efectiva recibe en el conjunto del año con un promedio de 1.800 horas de sol anuales.

## 2.2. DATOS CLIMÁTICOS

Los datos específicos que se han considerado son los aportados por la estación 9091 O Vitoria-Gasteiz “Aeropuerto Foronda” por su proximidad al ámbito de influencia del proyecto y la cantidad y continuidad de su serie de datos, según se recoge en las tablas siguientes:

Nombre	Código	Longitud	Latitud	Altitud	Provincia	Datos
VITORIA AEROPUERTO FORONDA	9091 O	02º 44' 6" O	42º 52' 55" N	513 m	ÁLAVA	P y T

Tabla 1. Situación de la estación 9091 de Aeropuerto Foronda

Entre los datos más significativos tomados del Instituto Nacional de Meteorología destacan:

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	4.9	8.7	1.2	75	83	10.4	2.8	0.1	5.4	12.1	1.6	83
Febrero	5.7	10.3	1.1	63	79	9.5	3.4	0.2	4.7	11.5	1.7	108
Marzo	8.2	13.7	2.7	63	72	8.4	1.6	0.8	3.5	7.3	2.5	148
Abril	9.8	15.4	4.1	73	72	11.2	0.9	2.1	3.0	2.9	2.0	163
Mayo	13.3	19.3	7.2	70	71	9.2	0.1	4.5	2.9	0.4	1.4	196
Junio	16.6	23.0	10.2	43	70	6.0	0.0	3.9	3.4	0.0	2.7	218
Julio	19.0	25.7	12.3	38	70	4.1	0.0	3.6	3.3	0.0	3.9	244
Agosto	19.2	25.9	12.5	39	70	4.6	0.0	3.5	4.7	0.0	2.7	226
Septiembre	16.6	23.1	10.1	41	72	6.3	0.0	2.0	6.1	0.0	3.0	178
Octubre	12.9	18.3	7.5	71	77	9.3	0.0	1.0	6.2	0.7	1.7	144
Noviembre	8.2	12.4	4.0	91	82	10.5	0.9	0.4	5.3	4.8	1.5	92
Diciembre	5.5	9.1	1.9	82	84	10.5	1.7	0.4	5.0	9.8	1.5	75
Año	11.7	17.1	6.2	742	75	99.3	11.4	22.7	53.6	49.4	25.8	1886

**Leyenda**

- 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

Figura 1. Valores climáticos normales de la estación Vitoria-Gasteiz Aeropuerto (1981-2010) Fuente: AEMET

Variable	Anual
Máx. núm. de días de lluvia en el mes	27 (nov. 2019)
Máx. núm. de días de nieve en el mes	13 (feb. 2005)
Máx. núm. de días de tormenta en el mes	12 (may. 1990)
Prec. máx. en un día (l/m2)	93.0 (12 jun. 1977)
Prec. mensual más alta (l/m2)	253.0 (nov. 2019)
Prec. mensual más baja (l/m2)	0.2 (ene. 1993)
Racha máx. viento: velocidad y dirección ...	Vel 128, Dir 220 (27 feb. 2010 21:16)
Tem. máx. absoluta (°C)	40.8 (10 ago. 2012)
Tem. media de las máx. más alta (°C)	30.9 (ago. 2003)
Tem. media de las mín. más baja (°C)	-3.2 (dic. 2001)
Tem. media más alta (°C)	23.2 (ago. 2003)
Tem. media más baja (°C)	0.9 (ene. 1985)
Tem. mín. absoluta (°C)	-17.8 (08 ene. 1985)

Figura 2. Extremos climáticos registrados en la estación de Vitoria-Gasteiz Aeropuerto (1973-2024). Fuente: AEMET

### 2.3. ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES

La casi totalidad del territorio de Álava, incluida la ciudad de Vitoria-Gasteiz, se encuentra dentro de la denominada “España húmeda” en la cual se reciben precipitaciones, no sólo abundantes, sino además bien distribuidas a lo largo del año.

Los datos analizados corresponden al periodo de 2012 a 2023.

El régimen de lluvias presenta acusadas variaciones entre los meses de verano y los de invierno, siendo especialmente importantes las precipitaciones recogidas en los meses de noviembre y diciembre. Así mismo, los mínimos anuales se encuentran en los meses de junio, julio y agosto.

En general se trata de una zona lluviosa, con un número medio de días de lluvia de unos 99,3 anuales, recogiendo unos 699 mm/año (por término medio), cifra por encima de los 650 mm/año de media nacional.

Precipitación total media mensual en mm (2012-2023)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Media	104	79	66	56	45	48	27	16	34	49	105	70	699

Tabla 2. Precipitación total mensual (2012-2023) Fuente: <https://x-y.es/aemet/est-9091R-vitoria-gasteiz-aeropuerto>

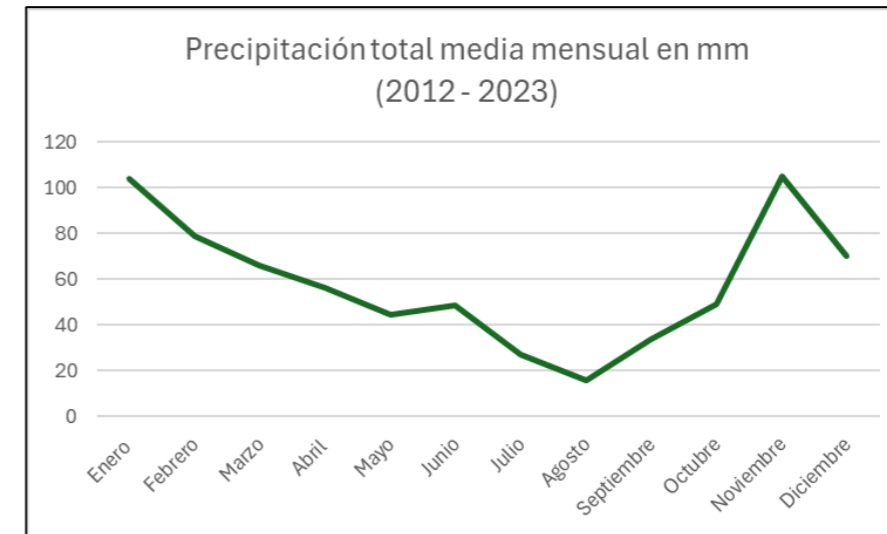


Figura 3. Gráfica Precipitación total media anual.

### 2.4. ANÁLISIS DE LAS TEMPERATURAS

Del análisis de los datos de temperatura se deduce que la temperatura media anual de la zona está en torno a 12.5 °C, considerando un periodo desde el 2012 a 2023.

Las temperaturas más altas se alcanzan en los meses de julio y agosto, mientras que las más bajas se alcanzan en enero, febrero y diciembre. La media anual de las temperaturas máximas es de 18.8 °C y la media anual de las temperaturas mínimas es de 6,2 °C.

Temperatura media mensual (°C)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Media	5.3	6.0	8.6	10.7	13.7	17.9	20.1	20.5	17.7	14.2	9.0	6.5	12.5

Temperatura media de las máximas (°C)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Media	9.9	11.5	14.7	17.2	20.7	25.1	27.1	28.5	25.3	21.1	13.7	10.9	18.8

Temperatura media de las mínimas (°C)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Media	0.7	0.5	2.4	4.3	6.8	10.7	12.5	12.4	10.1	7.3	4.2	2.2	6.2

Tabla 3. Valores medios de temperaturas en la estación del Aeropuerto de Vitoria-Gasteiz. Fuente: <https://x-y.es/aemet/est-9091R-vitoria-gasteiz-aeropuerto>

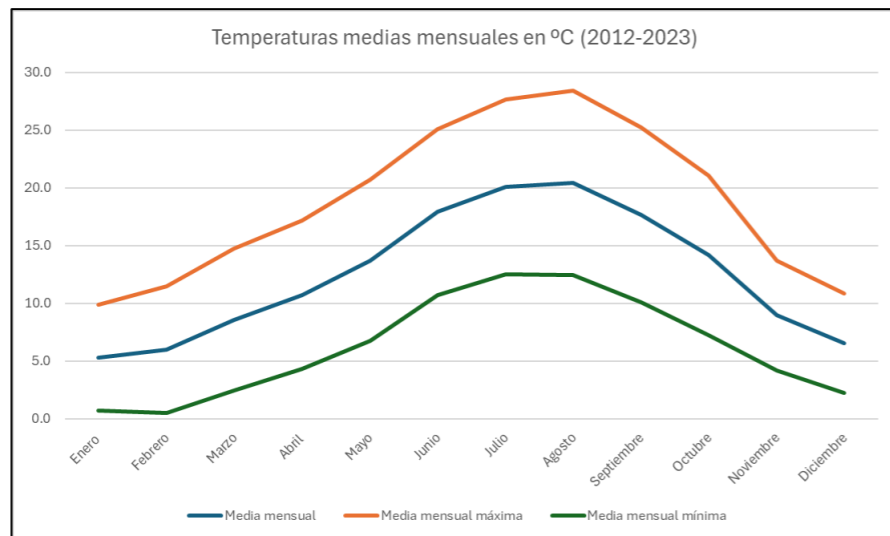


Figura 4. Gráfica de temperaturas medias anuales en la estación de Foronda

## 2.5. ANÁLISIS DE OTRAS VARIABLES

### 2.5.1. EVAPO-TRANSPIRACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración anual de la zona de Álava tiene un valor alrededor de 600 mm como se indica en el mapa de evapotranspiración real media anual en mm correspondiente al Libro Blanco del agua en España del año 1998.

### 2.5.2. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa correspondiente a la zona del Estudio oscila entre el 70% (junio, julio y agosto) y el 84% (diciembre), siendo el valor medio anual del 75%.

### 2.5.3. INSOLACIÓN Y NUBOSIDAD

De acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Meteorología, el valor de la insolación varía entre las 1.886 horas anuales. El valor de insolación se mide en horas de sol despejado, siendo la media mensual máxima en Julio con 244 horas de sol, mientras que la media mínima se produce en Diciembre con 75 horas de sol. Por tanto, como ya se ha comentado la insolación es baja.

La zona objeto del Estudio presenta una nubosidad bastante elevada, con un promedio bajo de días despejados, tan solo 25,8.

En valores medios, el máximo de días despejados corresponde a julio con 3,9 días y el mínimo a mayo con 1,4 días.

### 2.5.4. HELADAS

Se considera como día de helada aquel en que un termómetro instalado en la garita meteorológica (a 1,5 m sobre el suelo) registra una temperatura de cero grados Celsius o más baja.

Según los datos del Instituto Nacional de Meteorología, el número medio de días de helada anuales en la zona es de 49,4. La primera helada se produce en octubre – noviembre mientras que la última se produce en abril. El mes con mayor número de días de helada es enero con una media de 12,1.

### 2.5.5. NEVADAS

Se puede establecer que la media anual de los días de nieve es de 11,4 días al año. Estos días se van a distribuir de la siguiente forma: 1 día en noviembre, 2 días en diciembre, 3 días en enero y febrero, 2 en marzo y 1 día en abril.

## 3. DRENAJE

El dimensionamiento de la red de drenaje del tranvía de Zabalzana en Vitoria-Gasteiz ha de calcularse de acuerdo con lo indicando en la instrucción 5.2-IC, Drenaje superficial. El diseño del drenaje de la futura ampliación será del mismo tipo que el existente en los tramos actualmente en servicio.

Al tratarse de una zona urbana, hay que tener en cuenta que el drenaje propio de la plataforma ha de integrarse en la red de la ciudad.

### 3.1. METODO DE CÁLCULO

En cuencas pequeñas (tiempo de concentración menor de seis horas) como es el caso que nos ocupa, para obtener el caudal asociado a un periodo de retorno en el punto de desagüe se utilizará el método hidrometeorológico descrito en la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial". Este caudal viene dado por la expresión:

$$Q = \frac{C \times A \times I}{K}$$

siendo:

- ❖ C: el coeficiente medio de escorrentía.
- ❖ A: la superficie de la cuenca en m<sup>2</sup>.

- ❖ I: la intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración
- ❖ K: coeficiente que depende de las unidades en que se expresan Q y A, y que incluye un aumento del 20 % en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. En nuestro caso para Q en m3/s y A en m2 la K = 3.000.000.
- ❖ Q: caudal (m3/s) en el punto de desagüe de la cuenca de superficie A, para una precipitación de intensidad media igual a I.

Al tratarse de una zona urbana, el tiempo de concentración será siempre de 10 minutos y el coeficiente de escorrentía entorno a la unidad por tratarse de superficies pavimentadas.

Para el caso de los tramos en que el tranvía circule en vía verde se considera un coeficiente de escorrentía igual al anterior, aunque la parte superficial de la plataforma está formada por tierra vegetal y césped con bastante capacidad de infiltración, la zona inferior de la misma consta de una losa en hormigón armado con un comportamiento impermeable aproximadamente idéntico al de la plataforma en hormigón impreso.

La intensidad de precipitación a utilizar en el cálculo es la habitual para las obras de urbanización en el ámbito de Vitoria-Gasteiz que está entorno a I=115 mm/h.

Para el cálculo de los colectores se utiliza la formulación de Manning-Strickler:

$$Q = S \times V = \frac{1}{N} \times R^{2/3} \times J^{1/2} \times S$$

siendo:

- ❖ S (m2) = Área de la sección. En secciones circulares es:  $\pi D^2/4$
- ❖ R (S/P) = Radio hidráulico. En secciones circulares es: D/4
- ❖ J (m/m) = Pendiente del tubo.
- ❖ N = Coeficiente de rugosidad. Para el PVC vale 0,009.

Se establece como velocidad máxima por razones de erosión 6m/s y para evitar problemas de sedimentación se adopta una pendiente mínima de 0,5%.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Se proyectan dos sistemas de drenaje de la plataforma tranviaria en función de la tipología de la misma, es decir, para plataforma en césped o para plataforma con acabado en asfalto.

El drenaje de la plataforma con acabado en asfalto consiste en recoger el agua superficial mediante arquetas sumidero centrales con tapa de fundición y desagües de garganta conectados a sendas arquetas situadas entre los carriles de cada vía dispuestos cada 25 metros y en los puntos bajos. El agua que se recoge entre los carriles de cada vía desagua cada 25 metros al orificio practicado en los carriles, y se conduce mediante dos tubos hacia las arquetas situadas entre los carriles, que a su vez desaguan a través de tubos de PVC a una arqueta central colocada en el centro de la plataforma. El agua recogida mediante este sistema de arquetas se canaliza en una tubería de PVC situada en la entrevía de la plataforma.

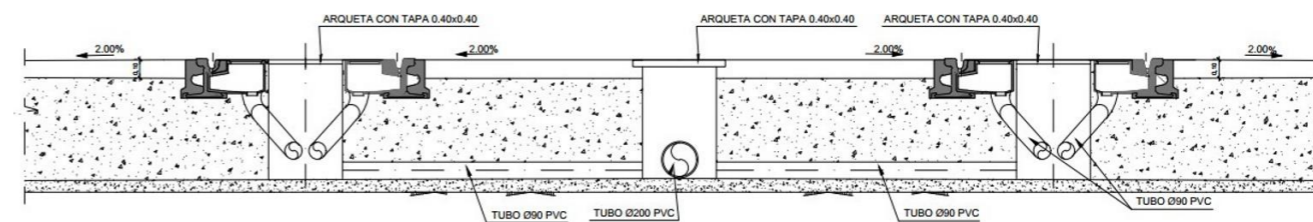


Figura 5. Drenaje de plataforma con acabado en asfalto

El sistema de drenaje proyectado en las secciones con plataforma en césped consiste, en general, en recoger el agua infiltrada en la plataforma mediante dos drenes porosos dispuestos en los laterales de la misma conectados con un colector central a través de sendos drenes transversales dispuestos cada 25 m en forma de espina de pez y la correspondiente arqueta central. Todo ello acompañado de un geotextil extendido sobre toda la superficie de la plataforma incluso envolviendo a los drenes porosos y al material granular que les rodea.

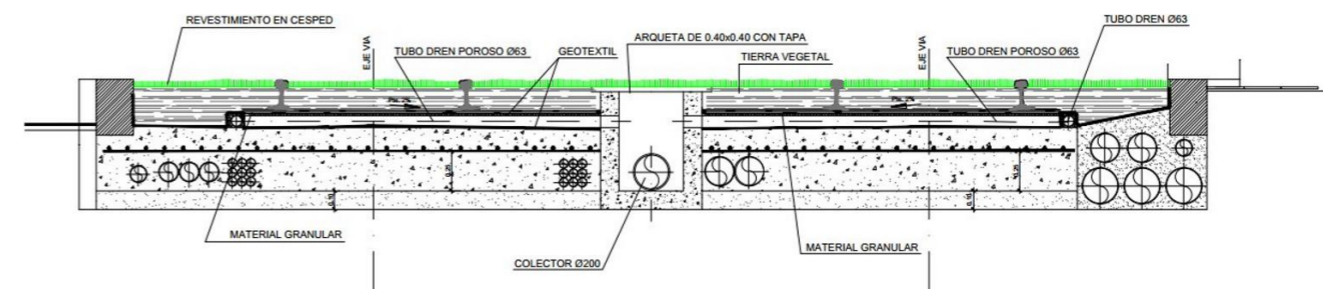


Figura 6. Drenaje de plataforma con acabado en césped

Como criterios generales para todos los casos se establece:

- ❖ Se procurará desaguar los elementos superficiales lo antes posible, aproximadamente cada 50 metros, con el fin de disminuir al máximo la concentración de caudales.
- ❖ El drenaje de calzadas y aceras se realizará, en general, mediante la disposición de rigolas junto a la plataforma tranviaria que desaguarán en los correspondientes sumideros.
- ❖ Las arquetas deben asegurar, a la vez, la inspección y conservación de los elementos enterrados de desagüe.



- ❖ Las arquetas se situarán en los puntos de encuentro de los colectores, sumideros y cambios de dirección de tuberías en planta y alzado y la separación máxima será de 50m.
- ❖ Se desaguará el colector a la red de pluviales existente cada un máximo de 100m.

Por otro lado, el drenaje de la cubierta del edificio de cocheras en Betoño se lleva a cabo a través de una red de canalones situados longitudinalmente a los dientes de sierra. A lo largo del canalón se dispone una serie de sumideros conectados a una red colgada de cubierta de tuberías de polietileno. Se dispone una bajante en la nave, conectada a una arqueta de 2 m<sup>3</sup> de capacidad, en las que se realiza la transición entre tubería a sección llena, y tubería parcialmente llena. El agua recogida en esta arqueta es dirigida a un depósito enterrado que servirá para abastecer de agua a la máquina de lavado.

Los restantes edificios cuentan con un sistema de evacuación de aguas pluviales tradicional, con cubetas troncocónicas y bajantes de PVC.

Por último, el terreno que queda al este de la parcela se capta a través de una serie de cunetas situadas en la coronación del muro o desmonte, y en el pie del terraplén según corresponda.

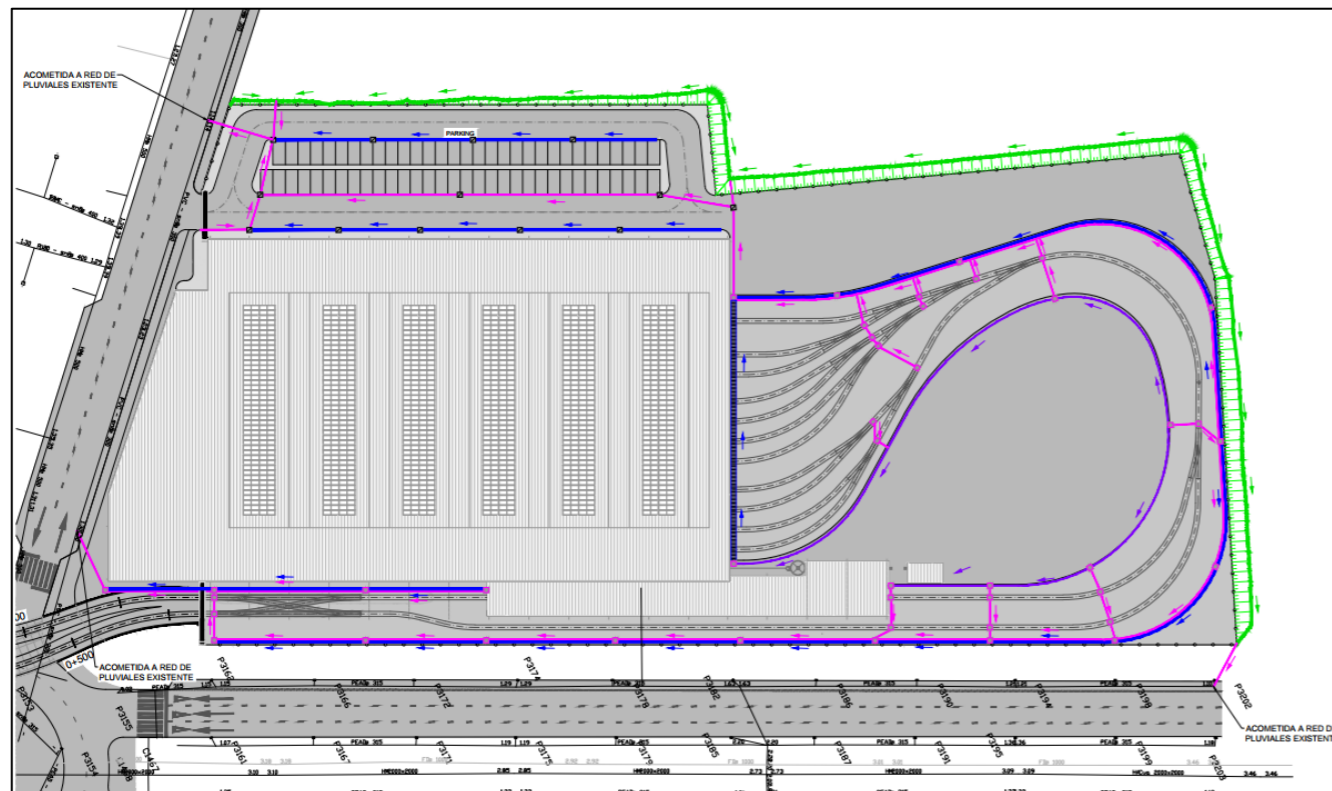


Figura 7. Drenaje pluvial de las planta de cocheras

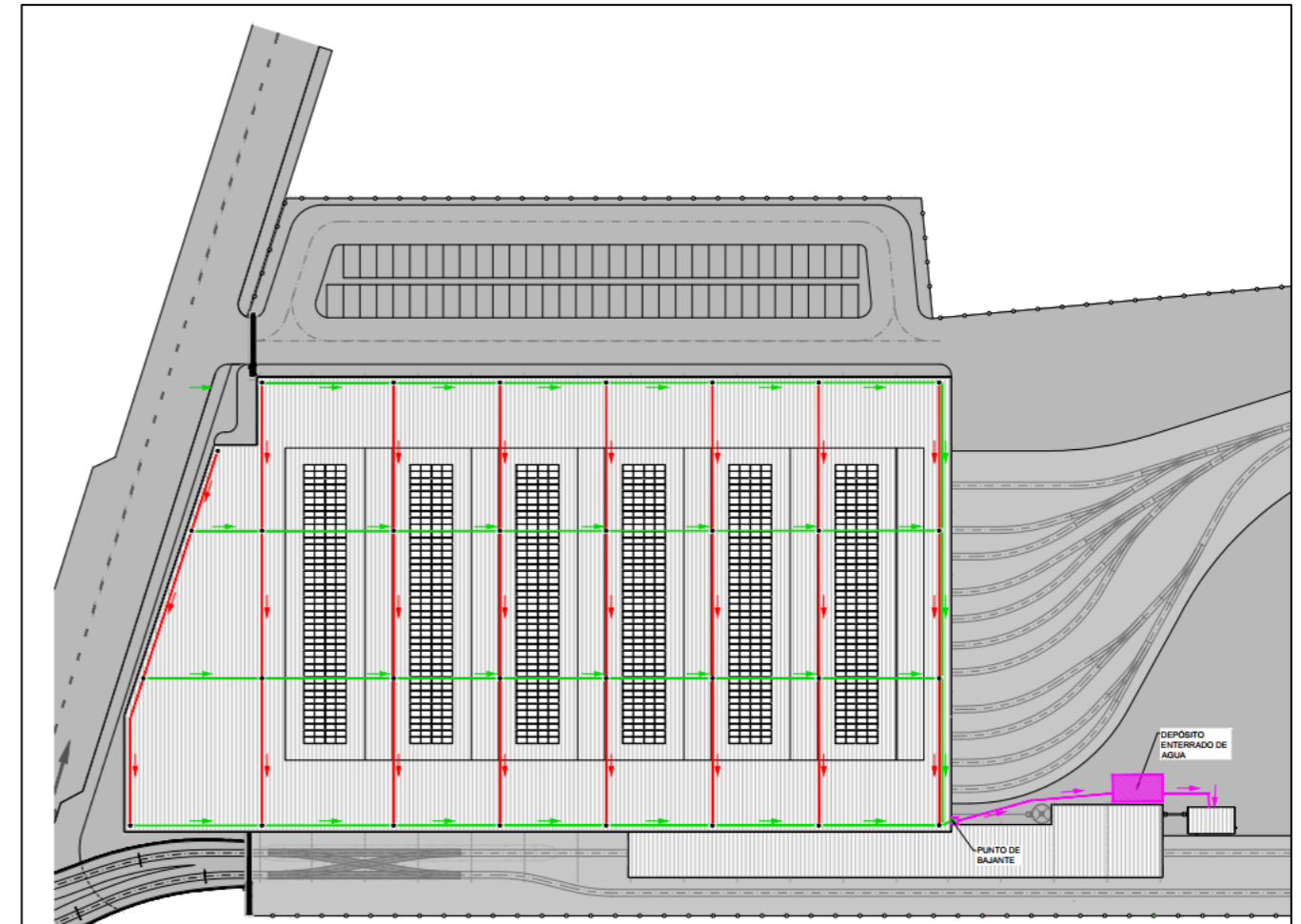


Figura 8. Drenaje pluvial en cubierta de cocheras

