



ANEJO 1. DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES



1. INTRODUCCIÓN.	2
2. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DRENAJE DE LA CLAUSURA	3
3. DIMENSIONADO DE LAS CUNETAS PERIMETRALES DE EVACUACIÓN DE AGUAS LIMPIAS	5
4. DIMENSIONADO DE LOS BAJANTES PEDRAPLENADOS.....	7
5. EQUIVALENCIA ENTRE LA TRANSMISIVIDAD DE LAS CAPAS DE DRENAJE GRANULARES Y LA TRANSMISIVIDAD DE LOS GEOCOMPUESTOS DRENANTES..	9



1. Introducción.

La red de drenaje del sellado definitivo del vertedero de residuos no peligrosos de Cap de Barbaria, estará formada por un conjunto de elementos o sistemas, que han sido dimensionados atendiendo a los momentos más desfavorables, es decir, los momentos en que la necesidad de evacuación es más grande.

Para el dimensionado de la red de cunetas de sellado se ha considerado el caudal máximo a evacuar para la intensidad máxima de lluvia en período de retorno de 50 años.

Los datos pluviométricos y climáticos necesarios para el dimensionado de estas infraestructuras se han extraído del “*Projecte de condicionament y ampliació de l’abocador de Formentera*”, de 1997, el cual recoge los datos meteorológicos del observatorio del Faro de Formentera. En el anejo 3 de dicho proyecto se calculó la precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno, según la metodología de Gumbel.

Así, la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 50 años es de 171,63 mm.



2. Descripción de la red de drenaje de la clausura

En la red de drenaje de aguas superficiales del vertedero de Cap de Barbaria, podemos distinguir los siguientes tipos de cunetas o canales:

Perimetales: son cunetas que interceptan y evacuan las aguas de escorrentía procedentes de cuencas externas al vertedero, evitando que aguas limpias entren en contacto con el mismo. También evacuan aguas procedentes del sellado del vertedero hacia cauces naturales.

En este caso, hay dos cunetas perimetrales principales:

Perimetral derecha: se trata de una cuneta existente en forma de V revestida de hormigón, que recorre todo el límite norte del vertedero. Esta cuneta recoge las aguas del camino perimetral y de los taludes de la vertiente norte del vertedero. Esta cuneta se mantiene en el diseño final de la clausura.

Perimetral izquierda: en este caso se trata de un canal excavado en terreno natural sin revestir, que transcurre en dirección NE-SW por la parte oriental de la parcela. Este canal intercepta las aguas externas procedentes del SW y recoge también las aguas de escorrentía de los taludes orientales del vertedero antiguo.

Este canal, puesto que transcurre aguas arriba del vertedero antiguo y no está revestido, puede dar lugar a infiltraciones de agua bajo el vertedero antiguo. Para evitar esta situación, se va a impermeabilizar el canal, hasta un punto situado aguas abajo del vertedero antiguo, revistiéndolo de hormigón.

Cuneta de borde de plataforma: En el límite entre la plataforma superior del sellado y los taludes, para evitar que la escorrentía superficial erosione la tierra de los taludes, se va a formar un caballón de tierras de forma trapezoidal, de 0,5 de altura sobre la plataforma y una pendiente 2H:1V, al pie del cual, se formará una cuneta de 1 m de anchura. En la zona de la cuneta de tierras se realizará una siembra manual, con el objeto de protegerla frente a la erosión. No obstante, dadas las suaves pendientes de estas cunetas, se prevé que las velocidades del flujo sean bajas, con muy poco poder erosivo.

La pendiente de las cunetas conducirá las aguas hacia los puntos de evacuación, que son las cunetas perimetrales en los extremos y, las bajantes en los puntos intermedios.



Bajantes: para la evacuación de las aguas de la plataforma superior, recogidas por las cunetas de borde de plataforma, se prevé la construcción de 2 bajantes transversales, que conducirán las aguas hacia la perimetral derecha y hacia la cuneta de evacuación izquierda respectivamente. Al tener una pendiente superior a la de las cunetas, las bajantes tendrán una sección trapezoidal con poco calado respecto a su anchura, estarán revestidas de escollera colocada sobre geotextil.

Cuneta de pie de talud: en la zona del límite entre el vertedero antiguo y la zona a clausurar, se va a formar una cuneta a pie de talud para evitar que las aguas limpias de escorrentía procedentes de la clausura, circulen por encima del vertedero antiguo. Esta cuneta interceptará las aguas de la zona clausurada y las evacuará hacia las cunetas perimetrales y de evacuación. Estará revestida con geomembrana, geotextil y grava.

Cuneta sobre muro: sobre el muro de contención de la parte inferior del vaso, al pie del talud de la clausura, se construirá una cuneta para recoger las aguas procedentes del talud y conducir las hasta la cuneta de evacuación izquierda, para evitar que salten el muro transversalmente.

Tuberías: en los cruces de las cunetas con los caminos de servicio, será necesario entubarlas por debajo del vial, para permitir la circulación de vehículos de servicio y mantenimiento.

Los tramos a entubar serán dos: uno en el extremo norte, al final de la perimetral derecha y otro situado al sur de la balsa de lixiviados, en la cuneta de evacuación izquierda.

Se instalarán tuberías de polietileno a 1 m de profundidad según detalles y contarán con una arqueta de obra a la entrada y con aletas de protección a la salida.

Plataforma de escollera: en el punto final de la red de drenaje superficial, antes de la salida a cauce natural, donde además confluyen todas las aguas procedentes de la clausura, se construirá una plataforma de escollera, con el objeto de reducir la velocidad del flujo y por lo tanto, su poder erosivo.

Se trata de una plataforma horizontal de piedra sobre hormigón, con elevada rugosidad, de 10 m de largo por 3 m de ancho y de calado suficiente para permitir la salida del flujo a través de los orificios existentes en la base del muro que limita la finca.



3. Dimensionado de las cunetas perimetrales de evacuación de aguas limpias

Las cunetas perimetrales han sido dimensionadas para que su capacidad de evacuación supere el caudal máximo esperado para una intensidad máxima de lluvia correspondiente a un período de retorno de 50 años.

Además, se han dimensionado las cunetas utilizando el punto que da una sección más grande de las mismas, que coincide con el situado más aguas abajo o el último tramo antes de su punto de vertido. Así, aunque esta sea la sección necesaria para el último tramo, se aplicará a toda la longitud de la cuneta, sobredimensionando las secciones de las cunetas perimetrales para garantizar su eficiencia.

Según el diseño del sellado se han considerado el conjunto de cuencas que cada cuneta debería evacuar.

A continuación se muestra el proceso de cálculo utilizado y los resultados obtenidos:

- *El coeficiente de escorrentía* se ha calculado según la fórmula de Témez

$$C = (P_d - P'_o) (P_d + 23 * P'_o) / (P_d + 11 * P'_o)^2 \quad (1)$$

donde,

P'_o = valor propio de la cuenca llamado umbral de escorrentía que es la cantidad de lluvia necesaria para que comience a haber escorrentía, en mm.

y se calcula según,

$$P'_o = P_o * M \quad (2)$$

donde, P_o es un coeficiente que depende de la pendiente, el uso del terreno, características hidrológicas del terreno y la clasificación textural del suelo. En este caso, se han considerado dos tipologías diferentes:

- Para la superficie sellada del vertedero es igual a 8.
- Para la superficie de la cuenca externa al vaso del vertedero es igual a



17.

M es un coeficiente regional que para la zona en estudio es de 3.

P_d = lluvia diaria considerada en mm/día que para el período de retorno de 50 años considerado es de 171,63 mm/día.

Así, substituyendo en (1) y en (2) tenemos que C es igual a:

Tipo de suelo	Pd	Po	M	Po'	C
Superficie sellada	171,63	8	3	22.5	0.53
Cuenca externa	171,63	17	3	15	0.66

A continuación se detallan los cálculos realizados para determinar los caudales máximos a evacuar, según el *Método Racional* y las secciones de las cunetas perimetrales dimensionadas a partir de las *Fórmulas de Manning* para canales abiertos.

Según los resultados obtenidos se han dimensionado las cunetas perimetrales de hormigón, con las secciones definidas en el plano nº 5.



4. Dimensionado de los bajantes pedraplenados.

El agua recogida en la plataforma superior del sellado, será conducida mediante una mota de tierras que limita la plataforma, hacia los puntos de evacuación. Para conducir el agua desde la parte superior de la plataforma hasta el pie del talud, se dispondrán dos bajantes, formados por un canal de sección trapezoidal, revestido con piedra y geotextil.

El diámetro de la piedra de revestimiento ha sido dimensionado con la fórmula de Froude para evitar el arrastre de la piedra por el flujo de agua.

Así, según los cálculos que se adjuntan, se obtienen dos bajantes con una sección trapezoidal de 1 x 0,25 m, y de 0,5 x 0,15 m, revestidos con geotextil y piedra de diámetro 300-400 mm.



TABLAS DE CÁLCULO



5. Equivalencia entre la transmisividad de las capas de drenaje granulares y la transmisividad de los geocompuestos drenantes..

Según estudios realizados por Giroud, Zhao y Bonaparte, para que el caudal drenado por un geocompuesto de drenaje sea equivalente al de una capa granular, la transmisividad del geosintético debe ser mayor que la de las gravas. La equivalencia entre la transmisividad de una capa granular y la de un geocompuesto se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$T_{\text{geodren}} = E \cdot T_{\text{grava}} \quad (\text{Giroud, Zhao y Bonaparte, 2000}) \quad (1)$$

$$E = [1 + ((t_{\text{grava}} / 0,88 \cdot L) \cdot \cos\beta / \text{tg}\beta)] / 0,88$$

on,

T_{geodren} = Transmisividad hidráulica del geodren (m^2/s)

T_{grava} = Transmisividad hidráulica de la capa de gravas (m^2/s)

E = Factor de equivalencia

t_{grava} = Espesor de la capa de drenaje (m)

L = Longitud de talud (m)

β = Angulo de talud

El análisis de equivalencia se ha realizado para un talud con una pendiente del 14% y una altura de 8,5 m, ya que presenta la menor pendiente y mayor longitud, siendo el talud de mayor dificultad de drenaje.

Suponiendo una capa de drenaje natural de 0,3 m de espesor y constante de permeabilidad $k = 10^{-3}$ m/s, la transmisividad del drenaje será:

$$T_{\text{grava}} = K \cdot t_{\text{grava}} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

En función de la fórmula (1) la transmisividad que debería tener el geocompuesto para resultar equivalente a la capa de gravas sería de:

$$T_{\text{geodren}} = E \cdot T_{\text{grava}} = (0,3 \cdot 10^{-3}) \cdot [1 + ((0,3 / 0,88 \cdot 60) \cdot (\cos 8,13 / \text{tg} 8,13))] / 0,88 =$$

$$T_{\text{geodren}} = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$



Esta transmisividad debería obtenerse para un gradiente hidráulico $i = H/L = 8,5/121 = 0,141$. Con este valor se puede calcular el flujo hidráulico del geodren necesario por unidad de anchura de la siguiente forma:

$$Q(\text{m}^2/\text{s}) = T \cdot i = 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,14 = 5,019 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Para poder encontrar un geodren que proporcione este flujo hidráulico hay que conocer la equivalencia para un gradiente hidráulico $i=1$, dato que los fabricantes de geodrenes proporcionan. Para conocer la equivalencia de flujos a diferentes gradientes se utiliza la formula experimental de Rimoldi:

$$Q_{i2} = Q_{i1} \cdot (i_2/i_1)^{1/2} \text{ (Rimoldi, 1989)}$$

sustituyendo,

$$Q_{i=1} = Q_{i=0,082} \cdot (1/0,141)^{1/2} = 5,019 \cdot 10^{-5} \cdot (1/0,141)^{1/2} = 0,13 \text{ l/s}\cdot\text{m}$$

Se puede concluir que se tendrá que utilizar un geodren con una capacidad de flujo por unidad de anchura de talud de **Q= 0,13 l/s·m**, para tener una capacidad de flujo equivalente a la de una capa de gravas. Este caudal se deberá garantizar para una presión de tierras de un metro de altura. La mayoría de los geodrenes fabricados en la actualidad garantizan este valor, superando esta magnitud en un tanto por ciento elevado.