ANEXO 5: ESTUDIO HIDRÁULICO DE LAS OBRAS DE DRENAJE GENERAL.

ÍNDICE

Índice de figuras 3

Índice de tablas 4

1.- Introducción 5

2.- Obras de drenaje a disponer 5

3.- Obras de captación e incorporación de caudal 6

3.1.- Elementos de incorporación: rejas. 7

3.2.- Cámaras de captación 12

3.3.- Conducciones 14

3.4.- Cámaras de vertido 14

Índice de figuras

Figura 1: Esquema de una obra de captación con conducción. _____ *6*

Figura 2: Esquema de una obra de captación sin conducción, vertido directo. _____ *7*

Figura 3. Tipologías de rejas comunes existentes en el municipio de Valdepeñas. _____ *7*

Figura 4. Esquema de flujo sobre la reja para nivel de energía constante _____ *9*

Figura 5. Condiciones hidráulicas sobre las rejas según Frank. Fuente: Consideraciones para la realización de obras hidráulica en laderas andinas. _____ *10*

Índice de tablas

Tabla 1. Características geométricas de los elementos de captación _____ *8*

Tabla 2. Coeficiente de reducción en función del ángulo de la pendiente aguas abajo de la reja. *11*

1.- Introducción

Una vez definidos los distintos enclaves con problemas de inundabilidad existentes en el municipio de Valdepeñas en las diferentes subcuencas urbanas, se plantean y describen las medidas a adoptar en cada caso. La metodología a seguir, así como las soluciones a adoptar en cada una de las mismas, serán diferentes debido a las características particulares de cada una de ellas.

También se incluye el dimensionamiento de las obras de captación necesarias para recoger todo el flujo circulante en zonas con problemas y que sirven de elementos de conexión entre las calles y las obras de drenaje, y las obras de conexión de dichos elementos con las obras de drenaje a situar.

2.- Obras de drenaje a disponer

Partiendo del modelo realizado de escorrentía superficial en SWMM, se observa que existen dos enclaves con problemas de drenaje:

- Trazado del arroyo que atraviesa la zona norte.

- Zona endorreica situada en la confluencia de las calles Salida de Membrilla, Amapola y Antonio López Porres.

El primer paso a realizar, será la determinación de los caudales que se incorporan a dichas zonas, así como el cálculo de las dimensiones mínimas que deben tener las obras de captación. Posteriormente, a partir de los condicionantes impuestos por los servicios afectados existentes y por las limitaciones geométricas, se realiza el encaje de la obra de drenaje y la comprobación de su comportamiento en HEC-RAS.

3.- Obras de captación e incorporación de caudal

Dentro de las obras de captación e incorporación de caudal, se realiza una división en los distintos elementos a disponer para el correcto funcionamiento de las mismas. Dichos elementos son: rejas superficiales de captación, cámaras de captación, conducciones y cámaras de vertido. Para calcular las dimensiones de los mismos, es necesario fijar previamente los puntos donde se va a incorporar el caudal para el periodo de retorno de diseño. Aunque el periodo para el que se diseñan las posteriores obras de drenaje (marcos) sea de 25 años, se ha estimado que el periodo de las obras de captación debe ser para caudales correspondientes a 500 años, ya que dichas obras no pueden ser nunca un factor limitante que no incorpore todo el caudal que reciben.

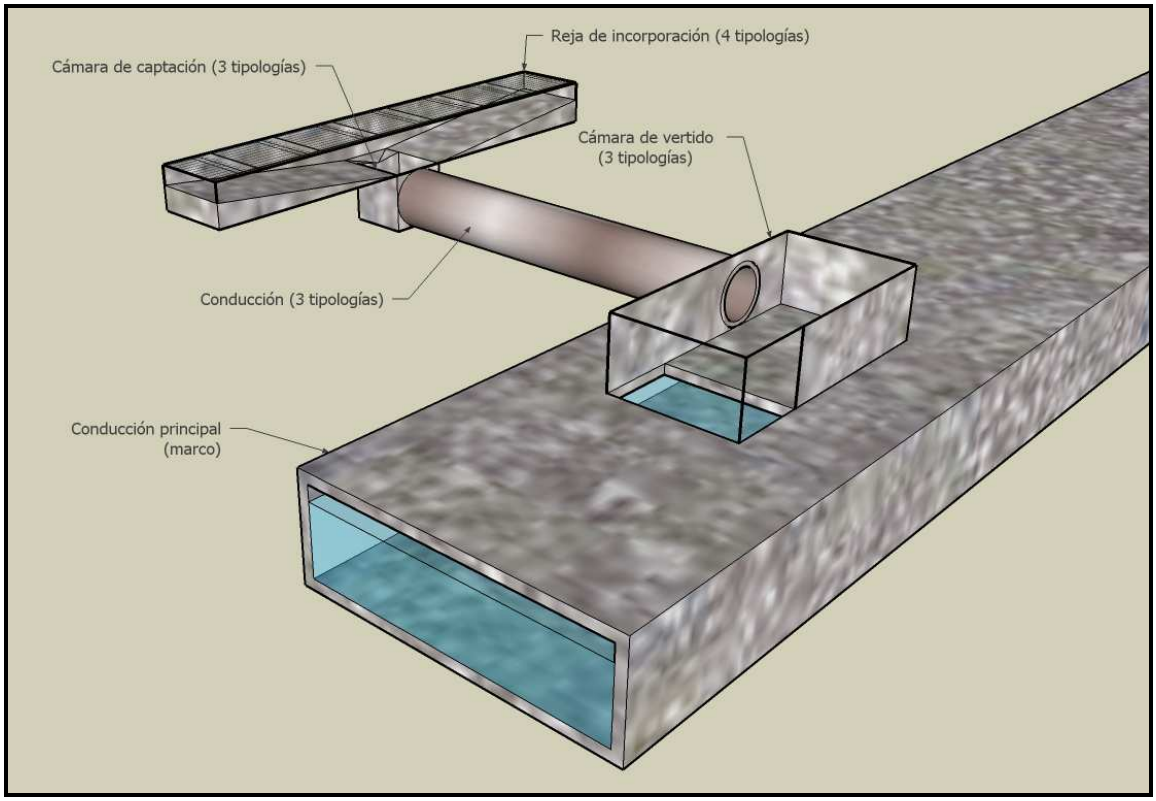

Figura 1: Esquema de una obra de captación con conducción.

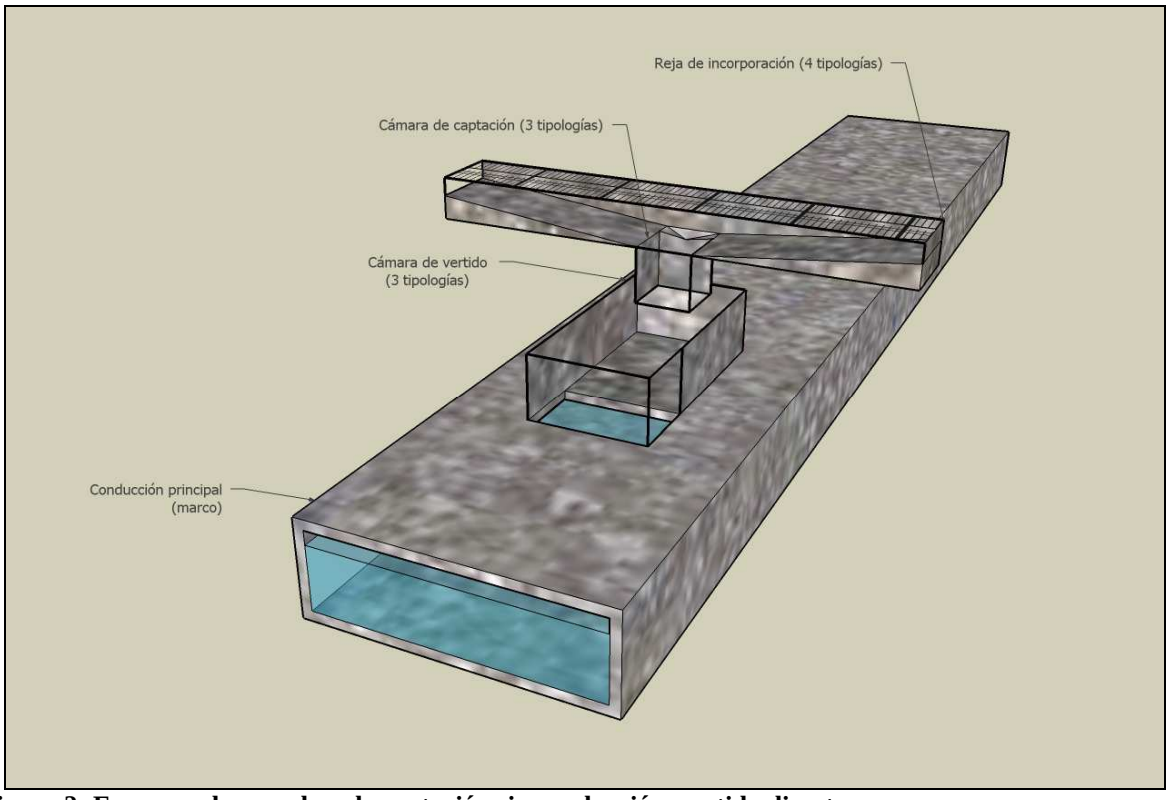

Figura 2: Esquema de una obra de captación sin conducción, vertido directo.

3.1.- Elementos de incorporación: rejas.

Para la elección de los elementos a disponer que favorezcan la incorporación se ha realizado previamente un reconocimiento de las tipologías usuales del municipio. Una vez realizada dicha inspección visual, se realizó el cálculo del número de elementos a disponer, así como su ubicación.

Dentro de las tipologías de rejas propuestas, existentes dos que corresponden con las implantadas actualmente en el municipio, como son las mostradas en la figura posterior.

Figura 3. Tipologías de rejas comunes existentes en el municipio de Valdepeñas.

La denominación que se seguirá a lo largo del siguiente cálculo será *"Imbornal", para la primera de las mismas y "Reja" para la segunda.* Las características geométricas que presentan son:

Tabla 1. Características geométricas de los elementos de captación

	Longitud (cms)	Anchura (cms)	Área total (cm2)	Área de huecos (cm2)
Imbornal	**78**	**34.1**	**2659**	**873**
Reja	**97.5**	**47.5**	**4825**	**1400**

Debido a la baja capacidad de captación que presentan los imbornales, respecto a los caudales de diseño, se opta por no considerar su utilización recurriendo exclusivamente a la tipología de rejas. La ubicación de las mismas en el punto donde se estime oportuno su colocación será ocupando todo el ancho de la calzada, variando la disposición de las mismas, la cual puede ser longitudinal (posición de la reja de la figura anterior) o transversal (giro de 90º respecto de la posición de la reja de la figura anterior). Las tipologías a utilizar en cuanto a la disposición serán:

- Una fila de rejas en posición transversal.
- Una fila de rejas en posición longitudinal.
- Una fila de rejas en posición transversal y otra en posición longitudinal.
- Dos filas de rejas en posición longitudinal

Una vez definidos los modelos de rejas a utilizar se procede a explicar el procedimiento de diseño.

3.1.1.- Formulación de cálculo de las rejas de incorporación

El principio de este tipo de obra de toma radica en lograr la captación en la zona inferior de la escorrentía. En el comportamiento hidráulico del sistema se debe tener muy en cuenta el flujo a través de las rejas dispuestas.

El cálculo del caudal captado por el sistema comprende la definición del desarrollo del espejo de agua y la distribución de los caudales a lo largo de las rejas.

Para tal efecto se considera dos hipótesis:

- Nivel de energía constante = Línea de energía horizontal
- Altura de energía constante = Línea de energía paralela a la superficie de la reja

En el caso de rejas horizontales como es nuestro caso, ambas hipótesis resultan idénticas, aunque se debería poner con una inclinación hacia aguas abajo para favorecer las incorporaciones.

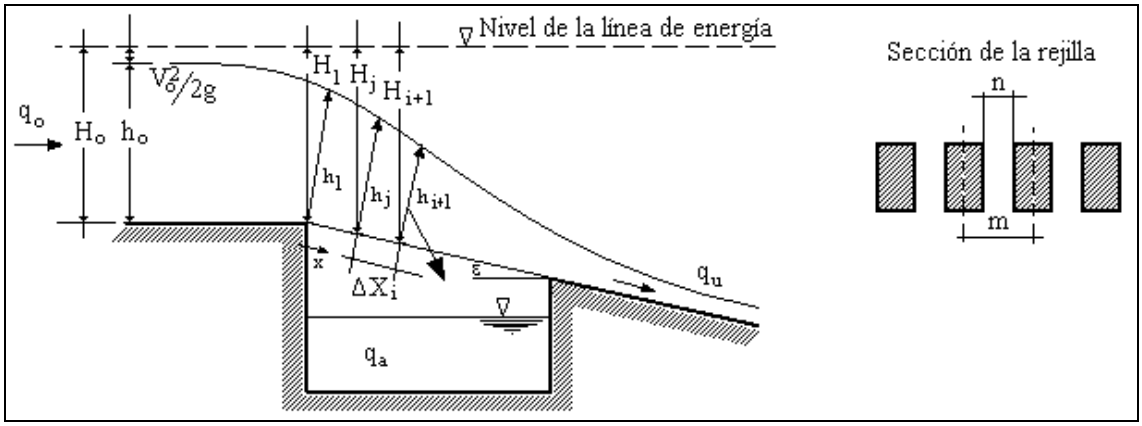

Figura 4. Esquema de flujo sobre la reja para nivel de energía constante

Se considerará un ancho unitario de 1 m.

De la ecuación de la energía:

$$q = h\sqrt{2 \cdot g \cdot (H - h \cdot \cos(\alpha)}$$

Para el flujo a través de las rejas y para flujo paralelo, puede considerarse la condición de derivación a través de un orificio bajo presión:

$$\bar{q} = \varepsilon \cdot \sqrt{h}$$

Con

$$\varepsilon = \Phi \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \cos(\alpha)}$$

$$\Phi = \frac{n}{m} \ (relación \ \ de \ \ espaciamiento)$$

El coeficiente μ depende de la forma de las barras de la reja y del calado Para rejas de perfil rectangular, las investigaciones de Noseda dan como resultado la siguiente relación empírica:

$$\mu = 0.66 \cdot \Phi^{-0.16} \left(\frac{m}{n} \right)^{0.13}$$

Relación que es válida entre los límites 3.5 > h/m > 0.2.

Ya que no es posible una solución del sistema formado por las ecuaciones anteriores, el cálculo del desarrollo de calados y la distribución de caudales a lo largo de las rejas se realizan de forma iterativa.

Según Frank, se puede considerar que los tirantes sobre las rejas siguen una trayectoria elipsoide.

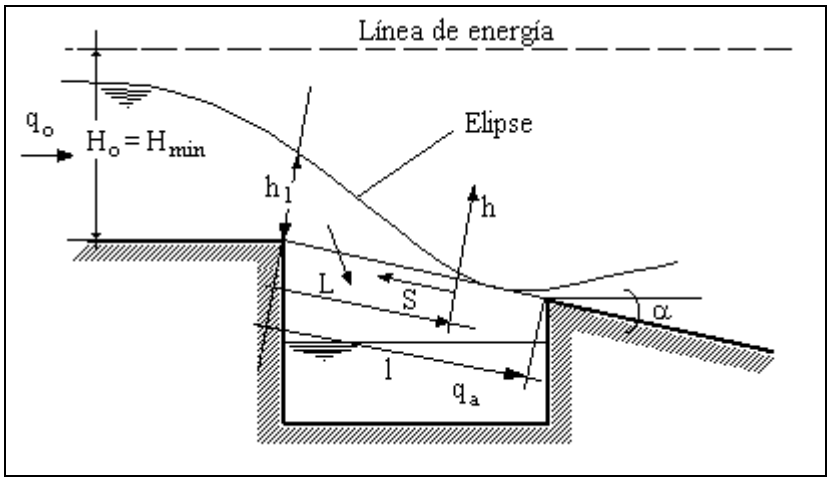

Figura 5. Condiciones hidráulicas sobre las rejas según Frank. Fuente: Consideraciones para la realización de obras hidráulica en laderas andinas.

Este es el caso en el que $q_o = q_a$, es decir que la obra capta todo el caudal que discurre por las calles, el calado al final de la reja alcanza el valor de 0. La longitud L y el calado h resultan ser los ejes de la elipse, por lo que:

$$\frac{s^2}{L^2} = 2 \cdot \frac{h}{h_1^2} - \frac{h^2}{h_1^2}$$

Para obtener L puede utilizarse la expresión anterior, a través de la integración de la ecuación de la elipse:

$$L = 2.561 \cdot \frac{q_o}{\varepsilon \cdot \sqrt{h_1}}$$

Al inicio de la reja, a pesar de ser la sección con energía mínima, en la práctica el tirante resulta algo inferior al tirante crítico, a saber:

$$h_1 = c \cdot \frac{2}{3} \cdot H_o$$

El factor de reducción c es dependiente de la pendiente de las condiciones geométricas de la reja, que para una distribución hidrostática de la presión, es igual a :

$$2 \cdot \cos(\alpha) \cdot c^3 - 3 \cdot c^2 + 1 = 0$$

Tabla 2. Coeficiente de reducción en función del ángulo de la pendiente aguas abajo de la reja.

α (grados)	c	α (grados)	c
0	1.0	14	0.879
2	0.980	16	0.865
4	0.961	18	0.851
6	0.944	20	0.837
8	0.927	22	0.825
10	0.910	24	0.812
12	0.894	26	0.800

Una vez definida la formulación a utilizar para el cálculo de las rejas que facilitan la incorporación de flujo a los marcos, se halla la longitud mínima que deberán tener las mismas para cada uno de los puntos de incorporación previstos (*véase Plano 15: Localización de puntos de incorporación)*.

Los datos necesarios para estimar la longitud mínima son:

- Caudal de partida. Obtenido del modelo de escorrentía superficial.

- Ancho de la calzada (ancho útil). Depende de la calle donde se sitúe la reja de incorporación.

- La pendiente de la calle en ese punto.

- Calado estimado. Obtenido del modelo de escorrentía superficial.

- Longitud total de los huecos de la reja en función de la tipología seleccionada.

El procedimiento llevado a cabo se basa en estimar el mínimo número de huecos necesarios, en base a los cuales se he fija la tipología de reja a utilizar, ya que cada una presenta un número distinto de los mismos (4, 8, 12 y 16 respectivamente).

En las fichas situadas al final de este documento se muestra de forma detallada todas las particularidades de cada punto de incorporación, así como las dimensiones de las rejas a situar.

3.2.- Cámaras de captación

Una vez definidos los elementos superficiales de incorporación (rejas), es necesario definir la cámara a situar bajo los mismos que sea capaz de recoger todo el caudal que se le aporta, evitando que vuelva a salir a superficie. Debido al gran rango de variación de caudales y con objeto de simplificar el proceso de construcción, se considera oportuna la subdivisión de las cámaras de captación en 3 tipologías diferentes, agrupando los valores dentro de 3 intervalos:

- Intervalo C: Caudales Bajos ($Q < 1$ m^3/s). Rango: 0.11 – 0.99 m^3/s.

- Intervalo B: Caudales Medios ($Q < 2$ m^3/s). Rango: 1 – 1.99 m^3/s.

- Intervalo A: Caudales Altos ($Q < 4\ m^3/s$). Rango: $2.04 – 3.99\ m^3/s$.

Estas cámaras de captación para cada tipología, se componen de una abertura en el fondo de las mismas y una solera inclinada hacia dichas abertura. En el caso de que no se vierta directamente sobre los marcos, es necesario disponer una conducción que conecte el fondo de dicha abertura y el marco citado. El criterio de diseño que se ha adoptado a la hora de calcular las dimensiones de la abertura es que la máxima sobreelevación que se puede producir sobre la misma sea 0.5 metros, adoptándose como valor máximo 0.75 metros con el fin de proporcionar un resguardo de 0.25 metros.

La pendiente que presenta la solera hasta llegar a la abertura varía en cada caso, ya que las dimensiones de las calzadas no son siempre iguales, y la posición de la abertura se ve modificada con el fin de estar situada siempre en la posición más ventajosa para la incorporación hacia el marco.

En la ficha correspondiente a cada punto de incorporación aparece la cámara de captación que lleva asociada.

En el plano 16: Descripción geométrica de las obras de incorporación de la escorrentía superficial en la cuenca urbana norte; hojas 1-8, se puede consultar las características de cada una de las 3 tipologías.

3.3.- Conducciones

Como se puede observar en el Plano 15: *Localización de los puntos de incorporación*, existen varias zonas de incorporación que no se sitúan sobre los marcos hacia los que vierten, por lo que es necesario disponer una conducción desde la cámara de captación hasta la cámara de vertido. La posición en la que entroncan en ambas es por el punto más bajo de las mismas, estando calculadas para el caso límite de encontrarse a sección completa para cada una de las tipologías. Las dimensiones existentes según la tipología que llevan asociadas son:

- Tipología 1: Conducción circular de hormigón Ø 800 mm.
- Tipología 2: Conducción circular de hormigón Ø 1200 mm.
- Tipología 3: Marco de hormigón de 1.5 x 1.5 m.

En algunos casos las dimensiones de una conducción son superiores a la tipología de cámara de captación que se sitúa sobre ellas puesto que también deben transportar un caudal previo aportado por otra obra de captación.

A la hora de la ubicar la localización de las cámaras de captación y las cámaras de vertido sobre los marcos se ha adoptado como criterio de proyecto la mayor perpendicular posible a las mismas de la conducción existente, aunque no siempre se ha podido establecer estrictamente dicha restricción.

En la ficha correspondiente a cada punto de incorporación aparece la conducción que lleva asociada en el caso de que sea necesaria.

3.4.- Cámaras de vertido

El último elemento correspondiente a las obras de captación e incorporación son las cámaras de vertido, que se refieren a unos módulos a situar sobre los marcos a verter con el fin de facilitar la incorporación a los mismos.

Existen algunos casos en los que es imposible situar una cámara de vertido sobre el marco, por lo que vierte la cámara de captación directamente sobre el mismo. Esta situación es debida a la proximidad en la que se encuentra la clave del marco de la superficie. En otro caso en el que no se puede situar la cámara de vertido sobre el marco, se ha colocar la conducción asociada lo más próxima a la clave del marco.

Los criterios de diseño que se han adoptado han sido los siguientes:

La longitud que debe presenta la solera de la cámara debe ser como mínimo 2 veces la altura de la conducción vertiente.

La apertura del orificio situado al final de la cámara y que vierte al marco debe ser como mínimo 1.5 veces la altura de energía registrada con el calado crítico a la entrada de la cámara.

$$Abertura = 1.5 \cdot \left(y_c + \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2 \cdot g} \right)$$

En la ficha correspondiente a cada punto de incorporación aparece la cámara de vertido que lleva asociada en el caso de que vierta sobre un marco.

En el plano 16: Descripción geométrica de las obras de incorporación de la escorrentía superficial en la cuenca urbana norte; hojas 8-11, se puede consultar las características de cada una de las 3 tipologías.