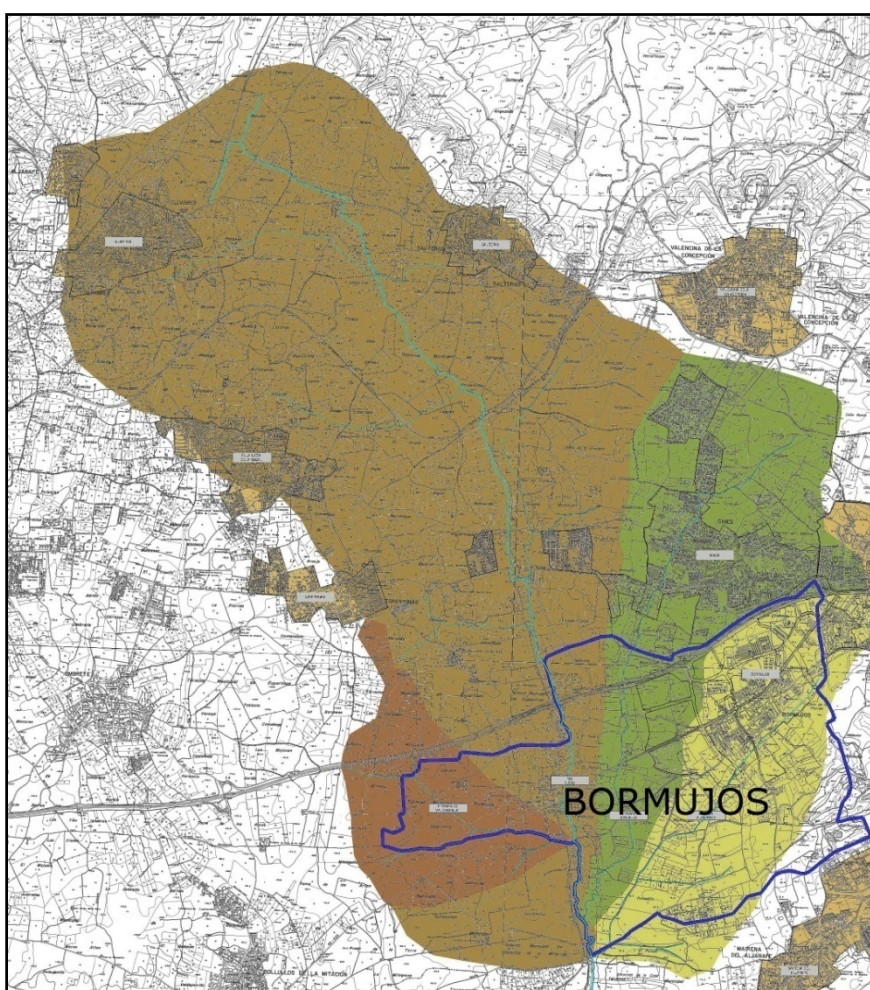


ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DE LAS
CUENCAS DEL RÍO PUDIO Y ARROYOS SEQUILLO,

ALMARGEN Y VALENCINILLA

PARA LA REVISIÓN DE P.G.O.U. DE BORMUJOS. SEVILLA.

EXCMO. AYUNTAMIENTO DE BORMUJOS



FPLCEIC S. L.

Avenida Manuel Siurot nº3 bl 2, pl 9 pta 5 – 41.013 – SEVILLA

Tlf/fax: 954 61 29 12

fplceic@yahoo.es

ÍNDICE

1. MEMORIA

0. ANTECEDENTES

1. OBJETO DEL ESTUDIO

2. PERIODO DE RETORNO

3. PLUVIOMETRÍA

4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

5. CONCLUSIONES

6. RESPUESTA A LAS INCIDENCIAS DE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DE L
GUADALQUIVIR

ANEJOS

ANEJO 1. ESTUDIOS PLUVIOMÉTRICOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD.

ANEJO 2. DATOS PLUVIOMÉTRICOS

ANEJO 3. REPORTAJE FOTOGRÁFICOº

2. PLANOS

1. PLANO DE SITUACIÓN	E: 1 / 40.000
	E: 1 / 15.000
2. CUENCAS VERTIENTES	E: 1 / 20.000
3. SECCIONES Y PASOS	E: 1 / 10.000
	E: 1 / 500
4 - 9. SECCIONES TRANSVERSALES 1	E H: 1 / 2.500
	E V: 1 / 250
10. LLANURA DE INUNDACIÓN – 10 AÑOS	E: 1 / 10.000
11. LLANURA DE INUNDACIÓN – 500 AÑOS	E: 1 / 10.000
12. COMPARATIVA LLANURAS DE INUNDACIÓN	E: 1 / 10.000

0. ANTECEDENTES

El presente estudio de inundabilidad se redacta por encargo del Excmo. Ayuntamiento de Bormujos para la revisión del Plan General de Ordenación Urbana, con el fin de determinar si los terrenos son susceptibles de inundación motivada por las avenidas del Río Pudío y Arroyos Sequillo, Almargen y Valencinilla, así como afluentes de los mismos de nombre "Imnominado".

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El estudio tiene por objeto definir el nivel de afección del *Río Pudío y Arroyos Sequillo, Almargen y Valencinilla (así como afluentes de los mismos de nombre "Imnominado")* sobre los terrenos que nos ocupan, analizando su cauce a su paso junto a éstos y comprobando que tiene una capacidad suficiente para absorber el caudal de una avenida de un periodo de retorno de 10 y 500 años.

2. PERIODO DE RETORNO

Es el número de años en que se considera se superará una vez como promedio la intensidad de lluvia máxima adoptada.

De acuerdo con la Normativa de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, para todos los cálculos se toma un periodo de retorno de 500 años.

3. PLUVIOMETRÍA

3.1. ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Según el estudio monográfico "Las Precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España. Volumen 8. Andalucía Occidental", publicado por el Instituto Nacional de Meteorología, Bollullos de la Mitación posee una Estación Pluviométrica:

- **Bollullos de la Mitación.**

Indicativo.....	5 - 819
Localización.....	6° 08' W/ 37° 20' N
Periodo registrado.....	1953 - 1985
Media de la serie histórica	54.6 mm
Desviación típica	19.1
Valor máximo	89.3 mm
Valor esperado para T = 10 años	83.7 mm
Valor esperado para T = 50 años	111.8 mm
Valor esperado para T = 500 años	151.1 mm

MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR

Se emplea la aplicación "MAXPLUWIN" para calcular las lluvias máximas:

The screenshot shows the MAXPLUWIN application interface. At the top, it displays the logos of the Ministerio de Fomento (Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes, Dirección General de Carreteras) and CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Centro de Estudios Hidrográficos). The title "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" is prominently displayed in red. The main window is titled "Sistema de Coordenadas" and contains the following fields and results:

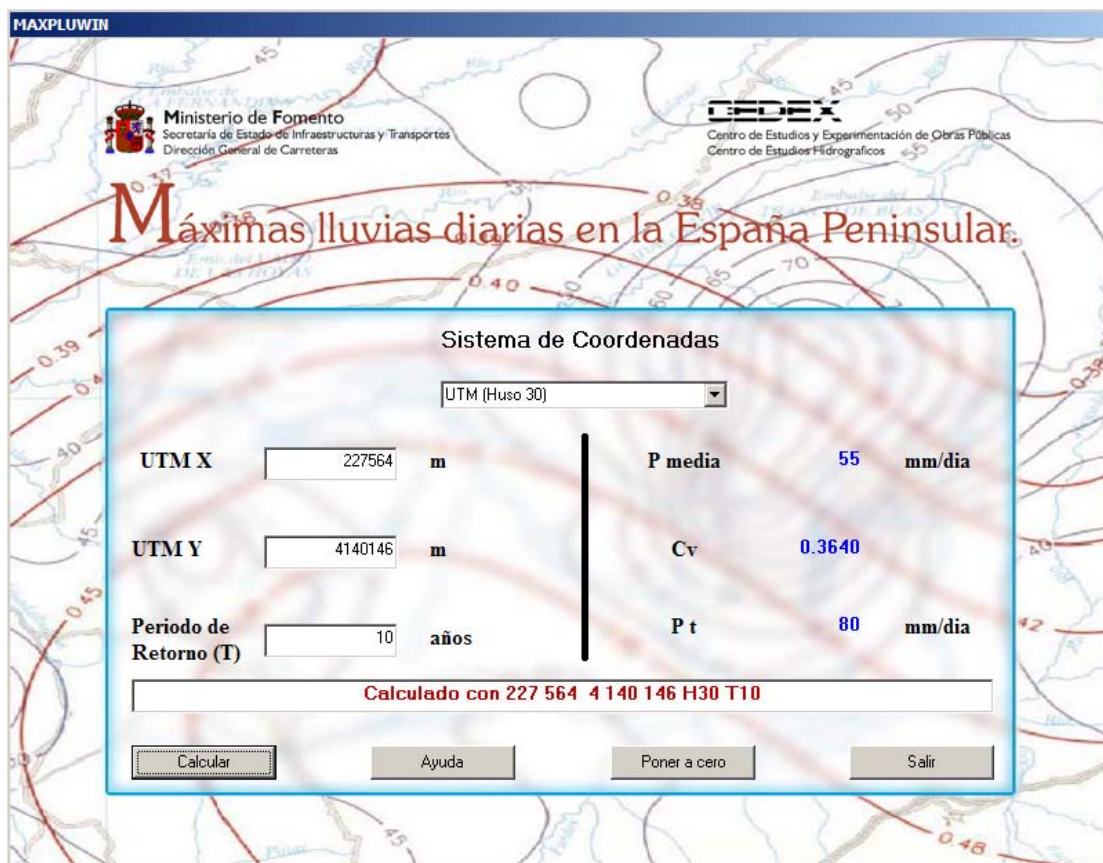
Parameter	Value	Unit
UTM X	227564	m
UTM Y	4140146	m
Periodo de Retorno (T)	500	años
P media	55	mm/día
Cv	0.3640	
P t	161	mm/día

Below the input fields, a red text label reads "Calculado con 227 564 4 140 146 H30 T500". At the bottom of the window, there are four buttons: "Calcular", "Ayuda", "Poner a cero", and "Salir".

Resultado de la Aplicación

La aplicación da como resultado: **161 mm/día**, para un periodo de retorno de **500 años**.

Se emplea un ponderación entre lo que marca la estación pluviométrica y el resultado de la aplicación "MAXPLUWIN", es decir **156 mm/día**, para la avenida a 500 años.



Resultado de la Aplicación

La aplicación da como resultado: **80 mm/día**, para un periodo de retorno de **10 años**.

Se emplea un ponderación entre lo que marca la estación pluviométrica y el resultado de la aplicación "MAXPLUWIN", es decir **82 mm/día**, para la avenida a 10 años.

3.2. CÁLCULO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS

Teniendo en cuenta los datos pluviométricos de la estación escogidas y la hidrografía de la zona, se han calculado las precipitaciones máximas en 24 horas para un periodo de retorno de 10 y 500 años.

Estos cálculos se realizan con recurrencias de tipo estadístico que permitan aproximarse lo más posible a la realidad.

El problema fundamental en el aspecto estadístico que se plantea en un estudio de precipitaciones, es la obtención de una ley de distribución que defina la probabilidad "F" con que un determinado valor de precipitación no es superado en 1 año. Dicha probabilidad se puede expresar también como periodo de retorno.

Se dice que un valor tiene un periodo de retorno "T" cuando, como media, es superado una vez cada "T" años. La relación entre los valores F y T es $T = 1/F$

Para obtener la ley, se parte de una serie de valores extremos, para lo cual se fracciona la serie completa de valores en intervalos de un año de duración y se elige en cada uno su máximo. La nueva serie consta de tantos datos como años de registro. Posteriormente se ajusta a esos valores extremos un modelo preconcebido.

4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

METODOLOGÍA

Se pueden distinguir tres tipos fundamentales de métodos empleados en la actualidad para la estimación de avenidas: empíricos, estadísticos e hidrometeorológicos.

El primer grupo se basa en fórmulas empíricas que relacionan el caudal máximo exclusivamente con el área de la cuenca, buscando expresar así un hecho evidente: el caudal máximo aumenta con la superficie de la cuenca, pero menos que proporcionalmente. El inconveniente de todas ellas es precisamente su empirismo y, por ello, su falta de garantía. Además, en cada una el autor se ha dejado llevar, en general, por la zona que más conoce. No obstante, su empleo en la región donde fue obtenida la fórmula suele dar buenos resultados.

A este grupo pertenecen expresiones tan conocidas y utilizadas en España como la de González Quijano, Zapata, Heras, Témez, etc.

Los métodos estadísticos están basados en el tratamiento de datos locales y regionales existentes, utilizando adecuadamente las referencias históricas en el caso de disponer de ellas. Estos métodos habitualmente realizan la estimación de la ley de frecuencia sólo de los caudales máximos, y en ocasiones del volumen de crecida. Requieren pues la existencia de datos de caudales punta (o de hidrogramas, en caso de querer analizar volúmenes), por lo que quedan supeditados a la disponibilidad de registros continuos de caudal. Cuando no se dispone de caudales punta, es frecuente el empleo de correlaciones o de fórmulas empíricas para su obtención, lo que añade importantes incertidumbres a los resultados.

Un procedimiento intermedio de cálculo consiste en la obtención del valor de Q_{max} por cualquiera de los dos métodos, para proceder a continuación a la modificación de un hidrograma histórico considerado representativo, de modo que presente el antes calculado caudal punta.

Por último, los métodos hidrometeorológicos se basan en la reproducción del proceso de formación de la crecida por medio de un modelo matemático. Partiendo de una lluvia supuesta de intensidad dada se expresa primero su transformación en escorrentía y luego el transporte y acumulación de caudales a lo largo del cauce. El análisis es más completo y lógico que la extrapolación probabilística, pues sigue más de cerca el fenómeno físico; y aunque precisa de hipótesis sobre las precipitaciones máximas y sobre los parámetros hidrológicos, éstas pueden ser más fundamentadas que dicha extrapolación.

Los datos requeridos son fundamentalmente pluviométricos, por lo que se aprovecha la ventaja de la mayor densidad de los mismos, así como de la superior longitud de las series pluviométricas a las forónicas.

Serán estos los métodos empleados en este Estudio, y que desarrollamos a continuación.

MÉTODO RACIONAL

En un aguacero ideal de duración indefinida, con intensidad de lluvia E constante, el caudal Q en el punto de desagüe sólo acusa al principio la presencia del agua caída en sus proximidades, creciendo paulatinamente hasta alcanzar un valor de equilibrio:

$$Q = E * A$$

Siendo A el área de la cuenca y siendo el terreno impermeable.

En otro caso, la intensidad de lluvia neta E no es igual a la intensidad total I , verificándose

$$E / I = C < 1$$

En esta expresión, C es el Coeficiente de Escorrentía.

El caudal máximo será el de equilibrio:

$$Q = C * I * A / 3,6$$

Midiendo los caudales en m³/s, las intensidades en mm/h y las áreas en km².

Suponiendo un aguacero de duración indefinida, será suficiente un tiempo determinado para alcanzar un máximo igual al caudal de equilibrio. Este tiempo, conocido como Tiempo de Concentración, puede definirse como el transcurrido entre el final del aguacero y el del hidrograma superficial.

Se suele considerar que el máximo caudal es producido por la máxima intensidad de lluvia neta ($C*I$) que pueda producirse durante un lapso igual al del tiempo de concentración. Por tanto, el cálculo de los caudales punta en el método racional se reduce a los valores extremos de la intensidad I y del coeficiente de escorrentía C , en tiempos de duración iguales al de concentración de la cuenca.

La formulación que se va a emplear es la propuesta por Témez, que modifica la versión contenida en la Instrucción 5.2-I.C. para ampliar su campo de acción a cuencas de hasta 2.000 Km² y tiempos de concentración de hasta 24 horas.

ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS PLUVIOMÉTRICOS

Los estudios pluviométricos requeridos en la estimación de la avenida de diseño mediante métodos hidrometeorológicos tienen por finalidad la determinación de la lluvia correspondiente a un determinado periodo de retorno y de una determinada duración.

La definición de la lluvia para una duración dada debe incluir no sólo la cantidad total, sino también su distribución temporal. El tratamiento conjunto de estos factores es complejo y el método propuesto sigue los siguientes pasos:

- Estimación en un punto de la cantidad de lluvia, de duración determinada directamente o a partir de valores obtenidos para otra duración considerada de referencia;
- Reducción de los valores puntuales anteriores en función del tamaño de la cuenca para considerar el efecto de no simultaneidad de lluvias y obtener lluvias areales;
- Determinación de la distribución temporal de la lluvia a lo largo de la duración considerada, si el método hidrológico así lo requiere; este es el caso del hidrograma unitario.

CANTIDAD TOTAL DE LLUVIA EN UN PUNTO

La cantidad total de lluvia suele abordarse mediante el análisis estadístico de los datos registrados en las estaciones pluviométricas de la zona, expresando normalmente los resultados de forma gráfica como isoyetas de un determinado periodo de retorno, o mediante poligonación de Thiessen.

La situación de la región, con una inmensa mayoría de estaciones pluviométricas que sólo registran lluvias diarias, hace que habitualmente sea ésta la duración utilizada para la obtención de isoyetas o elementos similares.

Las metodologías a emplear suelen utilizar modelos de series anuales de máximos y métodos paramétricos que utilizan diversas leyes de distribución, cuyos parámetros son ajustados a partir de los datos existentes. Esta modelación requiere la elección de:

- una ley de distribución de la población;
- un método de estimación de parámetros;
- un esquema de uso combinado de datos locales y regionales, que no ha lugar en este caso por lo reducido del área de operaciones.

Como modelos más interesantes se citan los siguientes:

- Modelo GEV (Valores Extremos Generalizados)
- Modelo LP3 (Log-Pearson, tipo III) - Gumbel.

El modelo universalmente aceptado para las máximas precipitaciones anuales es el de Gumbel, que tiene la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{\Phi(x)}}$$

Siendo:

x = valor de la variable

$F(x)$ = probabilidad con que el valor de "x" no es superado

La función $\Phi(x)$ es de la forma:

$$\Phi(x) = (x - \bar{x}) \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \pm y_n$$

Siendo:

x = valor de la variable aleatoria

–

\bar{x} = valor medio de la serie de datos

σ_x = desviación típica de la serie de datos

–

Y_n = valor medio de una distribución límite de Gumbel

σ_n = desviación típica de una distribución límite de Gumbel

Conocidos los valores anteriores se obtiene una relación entre “x” y “T” que permite, fijado uno, conocer el otro inmediatamente.

En el caso de España, la gran variabilidad del clima y la orografía del territorio aconseja determinar los valores de x a partir de valores prefijados del periodo de retorno T.

A partir de la expresión:

$$T = \frac{1}{1 - F(x)} \equiv \frac{1}{1 - e^{-e^{-x}}}$$

se obtiene, despejando:

$$\Phi(x) = \log_e \cdot \log_e \cdot \frac{1}{T}$$

Igualando los valores de $\Phi(x)$ y despejando el valor de “x” se obtiene el valor de la precipitación máxima en 24 horas, para un periodo de retorno determinado.

$$X_T = \bar{X} + \frac{\sigma_x}{\sigma_n} \cdot \log_e \cdot \log_e \cdot \left(\frac{1}{T} - \bar{y}_n \right) = \bar{X} + \left(\Phi(x) \frac{\sigma_x}{\sigma_n} - \bar{y}_n \right)$$

Los valores de \bar{y}_n y σ_n se reflejan en la tabla que aparece en la página siguiente:

Años de la serie (n)	Yn	Σn
10	0.4967	0.9573
11	0.4996	0.9676
12	0.5039	0.9876
13	0.5070	0.9833
14	0.5100	0.9971
15	0.5128	1.0094
16	0.5154	1.0206
17	0.5176	1.0306
18	0.5198	1.0396
19	0.5202	1.0480
20	0.5236	1.0554
21	0.5252	1.0628
22	0.5268	1.0754
23	0.5283	1.0811
24	0.5296	1.0864
25	0.5309	1.0915
26	0.5320	1.0961
27	0.5332	1.1004
28	0.5343	1.1047
29	0.5353	1.1086
30	0.5362	1.1124
31	0.5371	1.1159
32	0.5380	1.1193
33	0.5388	1.1226
34	0.5396	1.1255
35	0.5103	1.1285

LLUVIA MÁXIMA EN 24 horas (mm):

Recurrencia 10 años: **82.0 mm**

Recurrencia 500 años: **156.0 mm.**

LLUVIA EN UN PUNTO PARA DIFERENTES DURACIONES

El proceso de análisis de precipitaciones de duración cualquiera ha sido acometido comúnmente aplicando la conocida ecuación propuesta por Yarnell y Hattaway, y recogida en la ya caduca Norma 5.1-I.C., cuya expresión matemática es la siguiente:

$$I = a \cdot t^{-b}$$

Siendo I la intensidad correspondiente a una duración t y a , b dos parámetros de ajuste, normalmente con las lluvias diarias y anuales.

En la actual Normativa (Instrucción 5.2-IC. de Drenaje Superficial de Carreteras) se propone la caracterización de la ley que liga la intensidad con la duración mediante la expresión:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Midiéndolo todo en milímetros y en horas. El cociente I_t/I_d entre la intensidad horaria y la diaria se considera independiente del periodo de retorno, y aparece recogido en la Instrucción en un gráfico del territorio nacional debidamente dividido.

LLUVIA AREAL SOBRE UNA CUENCA

La mayor parte de los trabajos hidrológicos requieren la estimación de la lluvia sobre una determinada área, que será igual o menor que el valor puntual calculado debido al efecto de no simultaneidad. La obtención de los valores areales puede efectuarse mediante el empleo de un factor reductor (ARF) por el que se multiplican los valores puntuales previamente estimados.

El proceso de obtención del factor ARF en una cuenca de área A y una duración de lluvia fijada de antemano ha de seguir los siguientes pasos:

- Para cada año de la serie disponible, se determina la fecha de la máxima lluvia areal y los que en la misma fecha registraron las distintas estaciones de la zona, P_a ;
- Para cada año de la serie y en cada estación, se determina el valor máximo anual P_p , coincidente o no en fecha con la máxima lluvia areal. Por tanto, $P_p > P_a$.
- El factor buscado es la media a lo largo de los m años de la serie de los valores areales de P_a y de P_p :

$$\frac{1}{m} \int P \cdot dA$$

Un reciente estudio de Témez analiza el factor reductor de lluvias diarias y propone una sencilla expresión que evita el farrago que supone el empleo de la fórmula anterior. Esta expresión es la siguiente:

$$ARF = 1 - \frac{\log A}{15}$$

Que conduce a valores del coeficiente aceptables en la región sometida a estudio.

Para la avenida a 500 años

CUENCA CV1	S (Km ²)	Pdm(mm)
CV1-1	31.78	137,56
CV1	59.28	140,38
CV2	2.76	151,41
CV3	6.93	147,25
CV3-1	6.07	147,85
CV3-2	4.61	149,09
CV3-3	1.085	155,63
CV4	4.30	149,41
CV4-1	1.979	152,91
CV4-2	1.209	155,14

Para la avenida a 10 años mantendremos el valor: **82.0 mm**, sin aplicarle el factor de reducción.

LLUVIA NETA

La hipótesis de lluvia neta admitida en el anterior epígrafe no es real, y en la práctica existen variaciones en su reparto temporal que favorecen el desarrollo de los caudales punta.

El fenómeno se hace en estas circunstancias más complejo, y resulta difícil obtener directamente de su análisis una fórmula que dé los máximos caudales.

Sin embargo, esta influencia de la variación de la lluvia neta dentro de la duración de su tiempo de concentración se puede reflejar globalmente refiriendo los caudales punta de estos casos al homólogo en la hipótesis de intensidad de lluvia neta constante. Si se denomina K al cociente entre ambos, puede escribirse:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6} \cdot K$$

Siendo K el coeficiente de uniformidad.

Este coeficiente varía de unos episodios a otros, pero su valor medio en una cuenca concreta depende fundamentalmente del valor de su tiempo de concentración, y de forma tan predominante que a efectos prácticos pueden despreciarse otras influencias como la torrencialidad, el clima, etc.

Para su cálculo se recurre a la expresión:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Obtenida a partir de comprobaciones empíricas en diversas estaciones de aforo nacionales y de acuerdo con las conclusiones obtenidas en los análisis desarrollados mediante el hidrograma unitario.

UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El valor del umbral de escorrentía (P_0) en una determinada cuenca es una función de:

- la capacidad de infiltración del suelo;
- el uso del suelo y actividades agrarias;
- la pendiente del terreno;
- la interceptación de los pequeños cursos de agua;
- el almacenamiento en charcos;
- la humedad del suelo.

El método de cálculo propuesto por el Soil Conservation Service (S.C.S.) americano (hoy Natural Resources Conservation Service) es el adoptado por la actual Norma de drenaje de carreteras, y asume la existencia de un umbral de escorrentía (P_0), por debajo del cual las precipitaciones no producen escurrimiento en absoluto.

La ecuación básica que define la relación precipitación-escorrentía es la siguiente:

$$\frac{R}{S} = \frac{E}{P - P_0}$$

Siendo S la máxima retención posible.

La retención en cada instante se define como:

$$R = (P - P_0) - E$$

Sustituyendo y despejando E, resulta:

$$E = \frac{(P - P_0)^2}{(P - P_0) + S}$$

De los análisis empíricos realizados por el S.C.S. resulta la siguiente expresión:

$$P_0 = 0.2 \cdot S$$

Sustituyendo y suponiendo que $P > P_0$, puede escribirse:

$$\frac{E}{P_0} = \frac{(P / P_0 - 1)^2}{P / P_0 - 4}$$

Quedando P_0 en función de un único parámetro, cuyo valor puede estimarse a partir del "Número de Curva CN" del citado método. La expresión es la siguiente:

$$P_0 = \frac{5000}{CN} - 50$$

Por tanto, es inmediato traducir la formulación ampliamente conocida del S.C.S. desde el número de curva hasta la precipitación umbral. Así procede la Normativa de Carreteras ya citada.

Puede determinarse pues el valor de P_o con la tabla incluida en la 5.2-I.C., y ponderarse seguidamente para la condición I II ó III definida por el S.C.S. en función de la humedad del suelo.

ESTIMACIÓN DE LOS NÚMEROS DE LAS CURVAS DE ESCORRENTÍA

(DE USDA-SCS, 1964)

Uso cobertura de la tierra	Tratamiento o práctica agrícola	Estado hidrológico	Grupo hidrológico de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	En surcos rectos	-	77	86	91	94
Cultivos en surcos	En surcos rectos	Malo	72	81	88	91
	En surcos rectos	Bueno	67	78	85	89
	En curvas de nivel	Malo	70	79	84	88
	En curvas de nivel	Bueno	65	75	82	86
	En terrazas	Malo	66	74	80	82
	En terrazas	Bueno	62	71	78	81
Cereales secundarios	En surcos rectos	Malo	65	76	84	88
	En surcos rectos	Bueno	63	75	83	87
	En curvas de nivel	Malo	63	74	82	85
	En curvas de nivel	Bueno	61	73	81	84
	En terrazas	Malo	61	72	79	82
	En terrazas	Bueno	59	70	78	81
Leguminosas sembradas densas o pradera en rotación	En surcos rectos	Malo	66	77	85	89
	En surcos rectos	Bueno	58	72	81	85
	En curvas de nivel	Malo	64	75	83	85
	En curvas de nivel	Bueno	55	69	78	83
	En terrazas	Malo	63	73	80	83
	En terrazas	Bueno	51	67	76	80
Praderas naturales o artificiales		Malo	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Bueno	39	61	74	80
	En curvas de nivel	Malo	47	67	81	88
	En curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	En curvas de nivel	Bueno	6	35	70	79
Pradera(permanente)		Bueno	30	58	71	78
Bosques (explotación de parcelas)		Malo	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Bueno	25	55	70	77
Granjas		-	59	74	82	86
Caminos		-	74	84	90	92

GRUPOS HIDROLÓGICO DE SUELO (DE USDA-SCS, 1964)

Grupo hidrológico del suelo	Potencial de escorrentia	Infiltración cuando la tierra está húmeda	Suelos típicos
A	Escaso	Alta	Arenas y grava excesivamente drenadas
B	Moderado	Moderada	Texturas medias
C	Medio	Lenta	Textura fina o suelos con una capa que impide el drenaje hacia abajo
D	Elevado	Muy lenta	Suelos de arcillas hinchadas o compactas o suelos poco profundos sobre capas impermeables

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía C define la proporción de la intensidad de lluvia I que genera escorrentía superficial, y está relacionado con el concepto de lluvia neta expuesto anteriormente. El método racional seguido obtiene la expresión de C basándose en la formulación del S.C.S., y en particular en función del umbral de escorrentía P_o .

El coeficiente instantáneo de escorrentía va creciendo a lo largo de un aguacero, y su valor medio en un intervalo será mayor que el correspondiente a su origen y menor que el del final. El intervalo objeto de estudio es aquél que proporciona mayor escorrentía.

No deja de ser patente la complejidad anterior, que contrasta gravemente con la falta general de datos para el ajuste o calibración del modelo en uso. De aquí que haya cobrado gran aceptación un modo simple de evaluación de la escorrentía que acepta el ya definido umbral P_o y un segundo parámetro que supone una infiltración uniforme a lo largo de todo el aguacero.

Naturalmente, esta hipótesis adolece de una imprecisión que desafía toda lógica (como no se trate de un terreno muy poroso y profundo), pero precisamente su simplicidad y los buenos resultados que logra la han hecho aceptable en multitud de trabajos.

En este estudio, se ha preferido la primera y más lógica formulación.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

La aplicación de la anterior vía de determinación de la escorrentía superficial y los futuros cálculos de los hidrogramas de avenida precisan el cálculo del denominado Tiempo de Concentración de la cuenca.

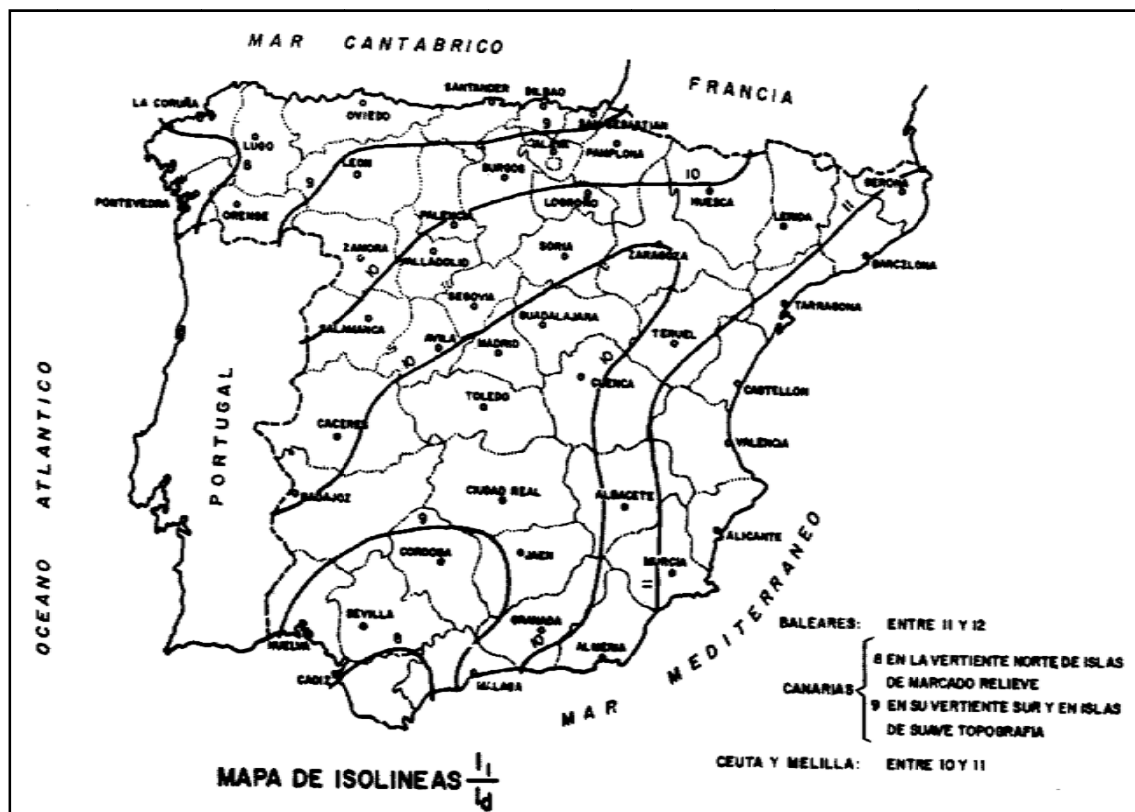
Definido éste como el tiempo que tarda la gota de agua más rezagada en alcanzar el punto de desagüe de la cuenca, es éste un parámetro para el que existen numerosas fórmulas de cálculo, fórmulas que suelen precisar dos parámetros principalmente: la pendiente del terreno y la longitud de los cauces.

Para su determinación se propone el empleo de la conocida Fórmula de Témez, de amplio uso en nuestro entorno. Mejor aún que la Fórmula de Giandotti, que por emplear más parámetros goza de una mejor acogida en general.

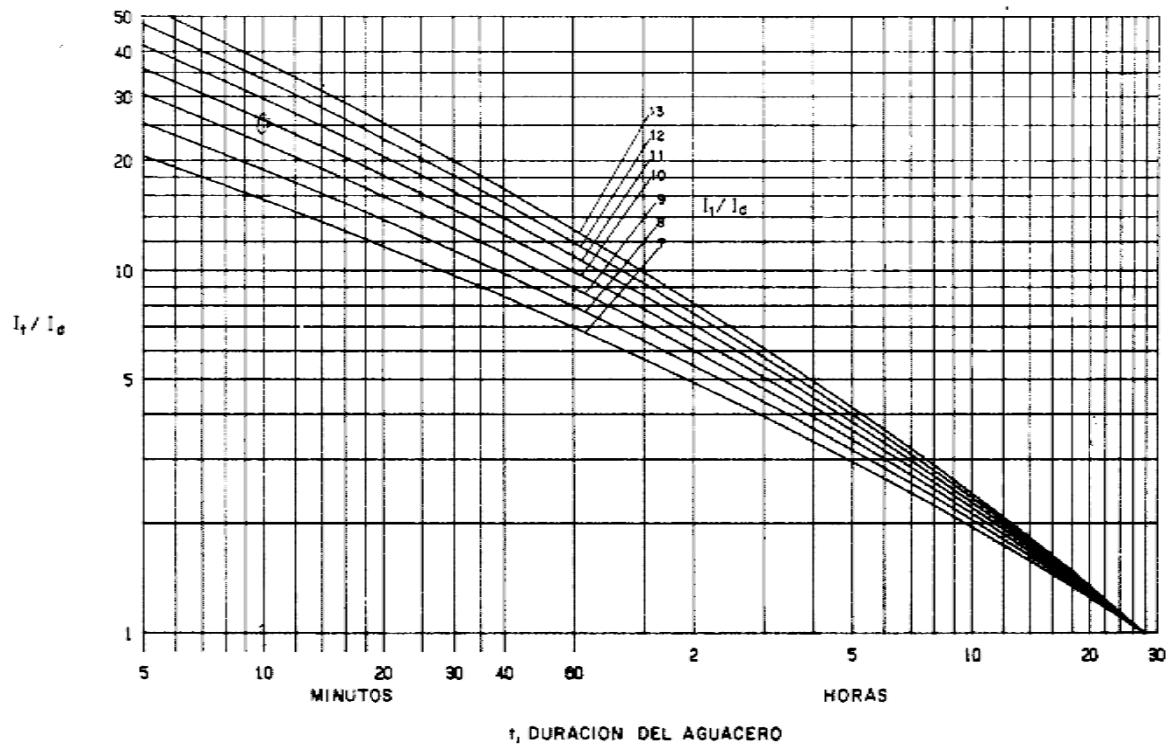
Las expresiones son las siguientes:

$$T_{c \text{ Giandotti}} = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8\sqrt{H}}; \quad T_{c \text{ Témez}} = 0,3 \cdot \left[\frac{L}{J^{1/4}} \right]^{0,76}$$

Y tal como se ha enunciado, se elige la biparamétrica función de Témez en contra de la triparamétrica de Giandotti.



INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACION



Los caudales de cálculo (avda. de 500 años) de las diferentes cuencas se representan en la siguiente tabla:

RIO PUDIO 500 AÑOS																				
CUENCA	S (Km ²)	L (m)	h1(m)	h2(m)	J(mm)	TC (h)	a	Pdm(mm)	C.N. medio	UMBRAL ESCORRENTÍA	MULT. REGIONAL	P0(mm)	ld(mm/h)	I1/ Id	I / Id	C	l(mm/h)	Q(m ³ /s)	K	Q´(m ³ /s)
1	59.28	13901	150	49.5	0.0072	5.66	0.516	137.56	79,76	12,68	2,8	35.504	5.73	8.5	3.014	0.349	7.278	119.20	1.38	137.48
1-1	31.79	9 100	150	68	0.0090	3.93	0.622	140.38	79,76	12.68	2.8	35.504	5.85	8.5	3.784	0.356	22.133	83.50	1.28	89.30

TRAMO DEL RÍO PUDIO	10 AÑOS - Q´(m ³ /s)	500 AÑOS - Q´(m ³ /s)	
VALENCINILLA	5,05	19,49	
PUDIO + VALENCINILLA	48,97	156,97	PARA EL CÁLCULO DE LAS SECCIONES P1 Y P2 DEL RÍO PUDIO (incluidas las intermedias con igual prefijo)
SEQUILLO	30,18	87,97	
PUDIO + VALENCINILLA + SEQUILLO	79,15	244,94	PARA EL CÁLCULO DE LAS SECCIONES P3 Y P4 DEL RÍO PUDIO (incluidas las intermedias con igual prefijo)
ALMARGEN	16,38	43,66	
PUDIO + VALENCINILLA + SEQUILLO + ALMARGEN	95,53	288,66	PARA EL CÁLCULO DE LAS SECCIONES AGUAS ABAJO TRAS SU CONFLUENCIA CON EL ARROYO ALMARGEN

ARROYO SEQUILLO 500 AÑOS																				
CUENCA	S (Km ²)	L (m)	h1(m)	h2(m)	J(mm)	TC (h)	a	Pdm(mm)	C.N. medio	UMBRAL ESCORRENTÍA	MULT. REGIONAL	P0(mm)	ld(mm/h)	I1/ Id	I / Id	C	l(mm/h)	Q(m ³ /s)	K	Q´(m ³ /s)
2	2.76	3 758	89	58	0.0082	2.04	0.804	151.41	87,5	7,12	2,8	19,93	6,31	8,5	5,58	0,584	35,23	18,91	1,15	18,10

	10 AÑOS - Q´(m³/s)	500 AÑOS - Q´(m³/s)
ESTUDIO DE INUNDABILIDAD REALIZADO POR EL AYUNTAMIENTO DE ESPARTINAS HASTA EL PUNTO DE CORTE DEL ARROYO SEQUILLO CON EL LÍMITE DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE BORMUJOS	23,97	69,87
ESTUDIO DEL ARROYO SEQUILLO DENTRO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE BORMUJOS	6,21	18,10
Q_{TOTAL}(m³/s)	30,18	87,97

PARA EL CÁLCULO DE LAS SECCIONES S1 A LA S7 DEL RÍO SEQUILLO (incluidas las intermedias con igual prefijo)

ARROYO VALENCINILLA 500 AÑOS																					
CUENCA	S (Km²)	L (m)	h1(m)	h2(m)	J(mm)	TC (h)	a	Pdm(mm)	C.N. medio	UMBRAL ESCORRENTÍA	MULT. REGIONAL	P0(mm)	ld(mm/h)	I1/ ld	I / ld	C	I(mm/h)	Q(m³/s)	K	Q´(m³/s)	
4	4.30	2 955	110	56	0.0183	1.46	0.892	149.41	78,52	13,67	2,8	38.276	6.23	8.5	6.743	0.352	41.981	21.16	1.10	19.45	
4-1	1.98	1 762	110	76	0.0193	0.98	0.994	152.91	78,52	13,67	2,8	38.276	6.37	8.5	8.400	0.360	53.519	12.69	1.06	11.26	
4-2	1.21	1 250	100	76	0.0192	0.75	1.058	155.14	78,52	13,67	2,8	38.276	6.46	8.5	9.633	0.365	62.271	9.15	1.05	7.99	

		10 AÑOS - Q´(m³/s)	500 AÑOS - Q´(m³/s)
CUENCA 4	CÁLCULO DE LAS SECCIONES V2, V3 Y V4 DEL RÍO VALENCINILLA (incluidas las intermedias con igual prefijo, excepto las V2)	5.05	19.45
CUENCA 4-1	CÁLCULO DE LAS SECCIONES V1 DEL RÍO VALENCINILLA (incluida las intermedias con igual prefijo y las intermedias de la V2)	2.79	11.26
CUENCA 4-2	CÁLCULO DE LAS SECCIONES V0 DEL AFLUENTE DEL RÍO VALENCINILLA (incluida las intermedias con igual prefijo)	1.93	7.99

ARROYO ALMARGEN 500 AÑOS																				
CUENCA	S (Km ²)	L (m)	h1(m)	h2(m)	J(mm)	TC (h)	a	Pdm(mm)	C.N. medio	UMBRAL ESCORRENTÍA	MULT. REGIONAL	P0(mm)	Id(mm/h)	I1/ Id	I / Id	C	I(mm/h)	Q(m ³ /s)	K	Q´(m ³ /s)
3	6.93	5 340	117	46	0.0133	2.44	0.756	147.25	89	6,17	2,8	17,276	6,14	8,5	5,045	0,622	30,932	44,46	1,18	43,66
3-1	6.07	5 170	117	49	0.0132	2.38	0.762	147.85	89	6,17	2,8	17,276	6,16	8,5	5,108	0,624	34,755	39,68	1,17	38,33
3-2	4.61	4 200	117	62	0.0131	2.03	0.805	149.09	89	6,17	2,8	17,276	6,21	8,5	5,595	0,626	31,470	33,45	1,15	32,00

AFLUENTE ARROYO ALMARGEN 500 AÑOS																				
CUENCA	S (Km ²)	L (m)	h1(m)	h2(m)	J(mm)	TC (h)	a	Pdm(mm)	C.N. medio	UMBRAL ESCORRENTÍA	MULT. REGIONAL	P0(mm)	Id(mm/h)	I1/ Id	I / Id	C	I(mm/h)	Q(m ³ /s)	K	Q´(m ³ /s)
3-3	1.09	1 250	74	62	0.0096	0.86	1.026	155.63	87	7,7	2,8	21.41	6.48	8.5	9.0	0.569	58.31	11.99	1.06	10.55

		10 AÑOS - Q´(m ³ /s)	500 AÑOS - Q´(m ³ /s)
CUENCA 3	CÁLCULO DE LAS SECCIONES AGUA ABAJO DEL RÍO ALMARGEN (incluidas las intermedias con igual prefijo)	16.38	43,66
CUENCA 3-1	CÁLCULO DE LAS SECCIONES A4 Y A5 DEL RÍO ALMARGEN (incluida las intermedias con igual prefijo)	14.48	38,33
CUENCA 3-2	CÁLCULO DE LAS SECCIONES A1, A2 Y A3 DEL RÍO ALMARGEN (incluida las intermedias con igual prefijo)	11.78	32,00
CUENCA 3-3	CÁLCULO DE LAS SECCIONES A6 Y A7 DEL AFLUENTE DEL RÍO ALMARGEN (incluida las intermedias con igual prefijo)	3,38	10.55

CAUDAL ADMISIBLE EN CADA SECCIÓN

Para el estudio de los distintos tipos de canales se va a emplear la Fórmula de Manning, que es la expresión más usual y que pese a la dificultad de manejo correcto, pasa por ser la más extendida y aquella para la que más experiencia se ha acumulado.

En su expresión aparece el correspondiente coeficiente de rugosidad n cuya evaluación resulta extraordinariamente problemática porque no puede calcularse con parámetros medibles.

Para su estimación, se recurre a la obra "Open Channel Flow' cuyo autor es Ven Te Chow. Esta obra ha sido traducida recientemente al español, si bien con algunos matices hispanoamericanos que en modo alguno entorpecen la lectura.

En el capítulo destinado al flujo uniforme, dedica una gran extensión a cuantificar el coeficiente referido ofreciendo tablas más o menos completas y fotografías (de escasa calidad, como se podrá apreciar seguidamente) de cursos de agua en los que se ha medido experimentalmente el coeficiente de rugosidad.

En obras de hormigón, pasos y canalizaciones, las diferencias de rugosidad que plantea Chow son escasas y el conocido valor de $n = 0,013$ aparece claramente. Sin embargo, el autor admite que puede elevarse hasta un valor de 0,015 si el hormigón estuviese acabado sin el empleo de llana metálica (se transcribe literalmente).

Si se elige este valor, se corre el riesgo de sobrestimar la rugosidad. Ello no es peligroso, porque el agua simplemente iría más rápido y el calado sería algo menor.

Subestimar este coeficiente es indiscutiblemente peor, porque para un cierto caudal, se requieren mayores calados, con el riesgo de desbordamientos. De aquí que se acepte el valor de $n = 0,015$ como rugosidad de las obras de hormigón, pasos y canalizaciones.

Mucho mayores son las diferencias entre los coeficientes de rugosidad que ofrece Chow al tratar de canales en tierra con o sin vegetación.

Hay que reconocer que las variables que entran en juego son de difícil cuantificación y así, para un canal excavado y limpio sugiere un coeficiente de sólo 0,022, haciendo subir este valor con la cantidad y calidad de vegetación hasta valores de $n = 0,150$.

Ciñéndonos por el momento a las tablas, Chow considera que en llanuras de inundación con pastizal alto, el coeficiente de Manning debe rondar el valor de $n = 0,035$ valor que corresponde también a áreas cultivadas con "cultivos en línea maduros", copiado literalmente. En este estudio se ha empleado el coeficiente de Manning de $n = 0,045$ que corresponde a canales y cunetas sin revestir con vegetación.

Coeficiente de rugosidad n a utilizar en la fórmula de Manning

	Coeficiente de Manning
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
Cunetas y Canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200 ¹
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Areas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200 ¹

Datos de partida:

P_M = perímetro mojado de cada perfil en m.

S_M = sección mojada: sección útil en cada perfil estudiado en m^2

v = velocidad en m/s

R_h = Radio hidráulico: cociente entre la sección útil (S_M) y el perímetro mojado (P_M):

$$R_h = \frac{S_M}{P_M}$$

n = coeficiente de rugosidad: $n = 0.015$ para los pasos

$n = 0.045$ para las secciones de estudio
(Tierra con vegetación)

v = velocidad en m/ s: aplicamos la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Tomando los datos de cada sección (sección y perímetro mojados) estudiamos la puesta en carga de éstas y comprobamos si tales secciones soportan el caudal el caudal estimado.

$$Q = v \cdot S_M$$

CAPACIDAD DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES.

Todos los datos están reflejados en el plano de SECCIONES TRANSVERSALES, indicando en cada sección la altura de la lámina de agua y los parámetros de superficie mojada, perímetro mojado, caudal admisible por la sección y el caudal del cálculo de la avenida a los 10 y 500 años.

Los resultados quedan reflejados en las siguientes tablas:

RIO PUDIO		Avenida a 500 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	RH ^{2/3}	n	i	i ^{1/2}	v	Q		Q*
P0-2	75.57	150.8	0.50	0.63	0.045	0.0072	0.09	1.19	90.09		89.30
P0-1	46.2	44.5	1.04	1.03	0.045	0.0072	0.09	1.94	89.50		89.30
P0	53.15	63.05	0.84	0.89	0.045	0.0072	0.09	1.69	89.62		89.30
P1-1	74.86	59.47	1.26	1.17	0.045	0.0072	0.09	2.20	164.90		156.97
P1	75	63.48	1.18	1.12	0.045	0.0072	0.09	2.11	158.38		156.97
P2-1	69.64	51.29	1.36	1.23	0.045	0.0072	0.09	2.32	161.35		156.97
P2	70.6	54.86	1.29	1.18	0.045	0.0072	0.09	2.24	157.83		156.97
P3-1	52.54	26.12	2.01	1.59	0.045	0.0072	0.09	3.01	158.19		156.97
P3	92.4	55.44	1.67	1.41	0.045	0.0072	0.09	2.66	245.42		244.94
P4-2	92.65	55.78	1.66	1.40	0.045	0.0072	0.09	2.65	245.53		244.94
P4-1	99.6	67	1.49	1.30	0.045	0.0072	0.09	2.46	245.13		244.94
P4	94.84	56.95	1.67	1.40	0.045	0.0072	0.09	2.65	251.77		244.94

RIO PUDIO		Avenida a 10 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	RH ^{2/3}	n	i	i ^{1/2}	v	Q		Q*
P0-2	16.6	18.76	0.88	0.92	0.045	0.0072	0.09	1.74	28.91		27.41
P0-1	15.65	17.5	0.89	0.93	0.045	0.0072	0.09	1.75	27.45		27.41
P0	19.5	30.2	0.65	0.75	0.045	0.0072	0.09	1.41	27.53		27.41
P1-1	26.75	27.79	0.96	0.97	0.045	0.0072	0.09	1.84	49.28		48.97
P1	28.77	33.24	0.87	0.91	0.045	0.0072	0.09	1.72	49.37		48.97
P2-1	20.67	13.65	1.51	1.32	0.045	0.0072	0.09	2.49	51.50		48.97
P2	28	28.62	0.98	0.99	0.045	0.0072	0.09	1.86	52.14		48.97
P3-1	19.29	12.32	1.57	1.35	0.045	0.0072	0.09	2.55	49.15		48.97
P3	28.45	15.7	1.81	1.49	0.045	0.0072	0.09	2.81	79.90		79.15
P4-2	28.9	16	1.81	1.48	0.045	0.0072	0.09	2.80	80.99		79.15
P4-1	27.66	14.37	1.92	1.55	0.045	0.0072	0.09	2.92	80.87		79.15
P4	29.56	17	1.74	1.45	0.045	0.0072	0.09	2.73	80.76		79.15

ARROYO SEQUILLO		Avenida a 500 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	RH ^{2/3}	n	i	i ^{1/2}	v	Q		Q*(m3/s)
S1	70.96	146.32	0.48	0.62	0.045	0.0082	0.09	1.25	88.40		87.97
S2-1	71.5	148.5	0.48	0.61	0.045	0.0082	0.09	1.24	88.65		87.97
S2	55.3	78.91	0.70	0.79	0.045	0.0082	0.09	1.59	88.06		87.97
S3-1	73.83	161	0.46	0.59	0.045	0.0082	0.09	1.20	88.61		87.97
S3	64.99	118.2	0.55	0.67	0.045	0.0082	0.09	1.35	88.04		87.97
S4-1	64.98	117.5	0.55	0.67	0.045	0.0082	0.09	1.36	88.36		87.97
S4	66.79	125.9	0.53	0.66	0.045	0.0082	0.09	1.32	88.34		87.97
S5-1	49.31	59.11	0.83	0.89	0.045	0.0082	0.09	1.79	88.19		87.97
S5	42.2	40.12	1.05	1.03	0.045	0.0082	0.09	2.09	88.09		87.97
S6-1	55.89	81.05	0.69	0.78	0.045	0.0082	0.09	1.58	88.05		87.97
S6	45.7	48.8	0.94	0.96	0.045	0.0082	0.09	1.93	88.29		87.97
S7-1	51.82	67	0.77	0.84	0.045	0.0082	0.09	1.70	88.13		87.97
S7	44.21	45.01	0.98	0.99	0.045	0.0082	0.09	1.99	88.17		87.97
S8	35.2	25.45	1.38	1.24	0.045	0.0082	0.09	2.51	88.19		87.97

ARROYO SEQUILLO		Avenida a 10 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	RH ^{2/3}	n	i	i ^{1/2}	v	Q		Q*(m3/s)
S1	16.95	20.41	0.83	0.88	0.045	0.0082	0.09	1.78	30.23		30.18
S2-1	17.59	22.01	0.80	0.86	0.045	0.0082	0.09	1.74	30.57		30.18
S2	21.95	39	0.56	0.68	0.045	0.0082	0.09	1.38	30.20		30.18
S3-1	16.98	20.5	0.83	0.88	0.045	0.0082	0.09	1.78	30.23		30.18
S3	26.68	63.2	0.42	0.56	0.045	0.0082	0.09	1.14	30.30		30.18
S4-1	26.29	61	0.43	0.57	0.045	0.0082	0.09	1.15	30.28		30.18
S4	28.1	72.2	0.39	0.53	0.045	0.0082	0.09	1.08	30.23		30.18
S5-1	21.3	35.89	0.59	0.71	0.045	0.0082	0.09	1.43	30.36		30.18
S5	18.95	26.47	0.72	0.80	0.045	0.0082	0.09	1.62	30.61		30.18
S6-1	22.47	41.06	0.55	0.67	0.045	0.0082	0.09	1.35	30.34		30.18
S6	19.12	27.54	0.69	0.78	0.045	0.0082	0.09	1.58	30.26		30.18
S7-1	13.7	11.8	1.16	1.10	0.045	0.0082	0.09	2.23	30.54		30.18
S7	19.32	28.31	0.68	0.78	0.045	0.0082	0.09	1.56	30.23		30.18
S8	13.59	11.7	1.16	1.10	0.045	0.0082	0.09	2.23	30.31		30.18

ARROYO ALMARGEN		Avenida a 500 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	$RH^{2/3}$	n	i	$i^{1/2}$	v	Q		Q*(m3/s)
A1-1	20.33	46	0.44	0.58	0.045	0.0133	0.12	1.49	30.23		32.00
A1	22.42	53	0.42	0.56	0.045	0.0133	0.12	1.44	32.37		32.00
A2-2	22.4	52.54	0.43	0.57	0.045	0.0133	0.12	1.45	32.51		32.00
A2-1	20.25	41.39	0.49	0.62	0.045	0.0133	0.12	1.59	32.22		32.00
A2	12.85	13.25	0.97	0.98	0.045	0.0133	0.12	2.51	32.26		32.00
A3-1	11.89	11	1.08	1.05	0.045	0.0133	0.12	2.70	32.09		32.00
A3	17.85	30.2	0.59	0.70	0.045	0.0133	0.12	1.80	32.21		32.00
A4-2	19.57	28.85	0.68	0.77	0.045	0.0133	0.12	1.98	38.71		38.33
A4-1	19.45	28.71	0.68	0.77	0.045	0.0133	0.12	1.98	38.44		38.33
A4	23.3	44.7	0.52	0.65	0.045	0.0133	0.12	1.66	38.67		38.33
A5-2	15.66	16.44	0.95	0.97	0.045	0.0133	0.12	2.48	38.85		38.33
A5-1	12.93	10.35	1.25	1.16	0.045	0.0133	0.12	2.97	38.43		38.33
A5	22.65	41.13	0.55	0.67	0.045	0.0133	0.12	1.72	38.99		38.33

ARROYO ALMARGEN		Avenida a 10 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	$RH^{2/3}$	n	i	$i^{1/2}$	v	Q		Q*(m3/s)
A1-1	5.4	6.82	0.79	0.86	0.045	0.0133	0.12	2.19	11.84		11.78
A1	5.25	6.13	0.86	0.90	0.045	0.0133	0.12	2.31	12.13		11.78
A2-2	5.05	5.73	0.88	0.92	0.045	0.0133	0.12	2.36	11.89		11.78
A2-1	5.08	5.84	0.87	0.91	0.045	0.0133	0.12	2.33	11.86		11.78
A2	5.24	6.07	0.86	0.91	0.045	0.0133	0.12	2.32	12.17		11.78
A3-1	5.01	5.65	0.89	0.92	0.045	0.0133	0.12	2.37	11.85		11.78
A3	5.05	5.74	0.88	0.92	0.045	0.0133	0.12	2.35	11.88		11.78
A4-2	8.27	14.61	0.57	0.68	0.045	0.0133	0.12	1.75	14.50		14.48
A4-1	6.07	6.53	0.93	0.95	0.045	0.0133	0.12	2.44	14.81		14.48
A4	6.15	6.7	0.92	0.94	0.045	0.0133	0.12	2.42	14.88		14.48
A5-2	6.16	7	0.88	0.92	0.045	0.0133	0.12	2.35	14.49		14.48
A5-1	6.05	6.68	0.91	0.94	0.045	0.0133	0.12	2.40	14.51		14.48
A5	6.05	6.61	0.92	0.94	0.045	0.0133	0.12	2.42	14.61		14.48

AFLUENTE ARROYO ALMARGEN		Avenida a 500 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	$RH^{2/3}$	n	i	$i^{1/2}$	v	Q		Q*(m3/s)
A6-2	5.75	8.94	0.64	0.75	0.045	0.0123	0.11	1.84	10.56		10.55
A6-1	12.44	57.52	0.22	0.36	0.045	0.0123	0.11	0.89	11.05		10.55
A6	9.38	30.2	0.31	0.46	0.045	0.0123	0.11	1.13	10.60		10.55
A7-1	9.98	35.25	0.28	0.43	0.045	0.0123	0.11	1.06	10.61		10.55
A7	13.65	75	0.18	0.32	0.045	0.0123	0.11	0.79	10.80		10.55

AFLUENTE ARROYO ALMARGEN		Avenida a 10 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	$RH^{2/3}$	n	i	$i^{1/2}$	v	Q		Q*(m3/s)
A6-2	2.15	4.16	0.52	0.64	0.045	0.0123	0.11	1.59	3.41		3.38
A6-1	2.05	3.71	0.55	0.67	0.045	0.0123	0.11	1.66	3.40		3.38
A6	4.1	18	0.23	0.37	0.045	0.0123	0.11	0.92	3.77		3.38
A7-1	3.4	13	0.26	0.41	0.045	0.0123	0.11	1.01	3.43		3.38
A7	2.05	3.71	0.55	0.67	0.045	0.0123	0.11	1.66	3.40		3.38

ARROYO VALENCINILLA		Avenida a 500 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	RH ^{2/3}	n	i	i ^{1/2}	v	Q		Q*(m3/s)
V1-1	10.91	42.05	0.26	0.41	0.045	0.0183	0.14	1.22	13.33		11.26
V1	9.5	35.36	0.27	0.42	0.045	0.0183	0.14	1.25	11.88		11.26
V2-2	8.4	26.28	0.32	0.47	0.045	0.0183	0.14	1.40	11.80		11.26
V2-1	7.87	19.76	0.40	0.54	0.045	0.0183	0.14	1.63	12.80		11.26
V2	15.9	54.47	0.29	0.44	0.045	0.0163	0.13	1.25	19.85		19.45
V3-2	13.3	32.11	0.41	0.56	0.045	0.0163	0.13	1.58	20.97		19.45
V3-1	11.37	19.25	0.59	0.70	0.045	0.0163	0.13	2.00	22.71		19.45
V3	16.9	64	0.26	0.41	0.045	0.0163	0.13	1.17	19.74		19.45
V4	15.57	53.01	0.29	0.44	0.045	0.0163	0.13	1.25	19.52		19.45
V0-1	6.65	23.93	0.28	0.43	0.045	0.0190	0.14	1.30	8.67		7.99
V0	9.86	70	0.14	0.27	0.045	0.0190	0.14	0.83	8.18		7.99

ARROYO VALENCINILLA		Avenida a 10 años									
SECCIÓN	SM	PM	RH	RH ^{2/3}	n	i	i ^{1/2}	v	Q		Q*(m3/s)
V1-1	1.9	5.36	0.35	0.50	0.045	0.0183	0.14	1.50	2.86		2.79
V1	2.92	15.28	0.19	0.33	0.045	0.0183	0.14	1.00	2.91		2.79
V2-2	2.87	14.93	0.19	0.33	0.045	0.0183	0.14	1.00	2.87		2.79
V2-1	1.91	5.14	0.37	0.52	0.045	0.0183	0.14	1.55	2.97		2.79
V2	5.7	29	0.20	0.34	0.045	0.0163	0.13	0.96	5.47		5.05
V3-2	4.76	18.32	0.26	0.41	0.045	0.0163	0.13	1.16	5.50		5.05
V3-1	3.1	6	0.52	0.64	0.045	0.0163	0.13	1.83	5.66		5.05
V3	5.05	24	0.21	0.35	0.045	0.0163	0.13	1.00	5.07		5.05
V4	2.95	5	0.59	0.70	0.045	0.0163	0.13	2.00	5.89		5.05
V0-1	1.47	4.99	0.29	0.44	0.045	0.0190	0.14	1.36	1.99		1.93
V0	1.32	3.85	0.34	0.49	0.045	0.0190	0.14	1.50	1.98		1.93

CAPACIDAD DE LAS SECCIONES DE LOS PASOS (Qadm)/ CAUDAL DE AVENIDA (Qc).

Se ha calculado la capacidad de las secciones de los pasos por los que discurren los diferentes ríos y arroyos para ver su comportamiento ante la avenida de agua en 500 años y como esto afecta a los terrenos de estudio.

Los resultados quedan reflejados en la siguiente tabla:

RIO PUDIO										
PASO	SM	PM	RH	RH^{2/3}	n	i	i^{1/2}	v	Q	Q*(m3/s)
PASO 1	12	14	0,86	0,90	0,015	0,0072	0,08	5,10	61,25	156,97
PASO 2	11,1	18,8	0,59	0,70	0,015	0,0072	0,08	3,98	44,19	288,66
ARROYO SEQUILLO										
PASO	SM	PM	RH	RH^{2/3}	n	i	i^{1/2}	v	Q	Q*(m3/s)
PASO 3	20	21,9	0,90	0,94	0,015	0,0096	0,10	6,11	120,93	87,97
PASO 4	6,8	10,8	0,63	0,73	0,015	0,0096	0,10	4,80	32,63	87,97
ARROYO ALMARGEN										
TUBO Ø 2,50	SM	PM	RH	RH^{2/3}	n	i	i^{1/2}	v	Q	Q*(m3/s)
TUBO 100% calado	4,91	7,85	0,63	0,73	0,015	0,0126	0,11	5,47	26,87	21,49
TUBO 90% calado	4,65	6,24	0,75	0,82	0,015	0,0126	0,11	6,15	28,60	21,49

5. CONCLUSIONES

Todo el estudio hidrológico se realiza para la avenida de periodo de retorno 500 años.

Se han estudiado las Cuencas del Río Pudío y de los Arroyos Sequillo, Almargen y Valencinilla. Se han tomado en consideración los anteriores estudios hidráulicos realizados en la zona.

El Río Pudío se ha estudiado desde su paso bajo la carretera A-474 hasta su salida del término municipal de Bormujos. El arroyo Sequillo se ha estudiado desde su paso bajo la carretera A-474 hasta su unión en el Río Pudío. El Arroyo Almargen se encuentra en obras de entubamiento por lo tanto se ha estudiado desde la salida del entubamiento hasta su unión con el Río Pudío. El Arroyo Valencinilla se ha estudiado desde el límite del término municipal hasta su unión con el Río Pudío.

Para la realización de este estudio se ha considerado que el grado de urbanización de todos los terrenos de la Cuenca vertiente es el reflejado en el Plan General de Ordenación Urbana, usándose en coeficiente de escorrentía correspondiente.

RIO PUDIO

La sección del cauce es insuficiente para el caudal de avenida de 500 años. El caudal de cálculo es de 137,48 m³/s a lo que habría que sumar los caudales de los afluentes en cada uno de sus tramos. En el último punto de estudio (salida del término municipal de Bormujos), el caudal de cálculo es 288,66 m³/s produciéndose desbordamientos. (Plano N° 6).

Los pasos se muestran claramente insuficientes a la hora de absorber el caudal de avenida de 500 años, siendo sus caudales máximos admisibles los siguientes:



Paso N°1: Q admisible: 61,25 m³ / s



Paso N°2: Q admisible: 44,19 m³ / s

ARROYO SEQUILLO

Se ha partido de un estudio de inundabilidad previo realizado para el ayuntamiento de Espartinas, con un caudal de 69,87 m³/s en el punto de encuentro con el Término Municipal de Bormujos. A partir de ahí hemos calculado la cuenca restante, con un caudal de 18,10 m³/s, para añadirse a ese caudal.

La sección del cauce es insuficiente para el caudal de avenida de 500 años, produciéndose desbordamientos. (Plano N° 6). El caudal de cálculo es de 87,97 m³/s.

El Paso N°3 tiene sección suficiente para absorber el caudal de avenida de 500 años, en cambio el Paso N°4 presenta sección insuficiente. Los caudales máximos admisibles los siguientes:

✚ Paso N°3: Q admisible: 120,93 m³ / s

✚ Paso N°4: Q admisible: 32,63 m³ / s

ARROYO ALMARGEN

La sección del cauce es insuficiente para el caudal de avenida de 500 años, produciéndose desbordamientos. (Plano N° 6). El caudal de cálculo es de 43,66 m³/s.

Este Arroyo está siendo entubado bajo tubo de 2,5 m de diámetro en gran parte de su recorrido. Los caudales máximos admisibles los siguientes:

✚ Tubo: Q admisible: 28,60 m³/s al 90% del calado del tubo siendo el caudal de cálculo a su paso por éste igual a 21,49 m³/s, por lo que la sección es suficiente.

ARROYO VALENCINILLA

La sección del cauce es insuficiente para el caudal de avenida de 500 años, produciéndose desbordamientos. (Plano N° 6). El caudal de cálculo es de 16,45 m³/s.

Tendremos que tomar medidas de protección para las zonas urbanas inundables mediante paramentos verticales que canalicen el arroyo impidiendo la inundación de dichas zonas.



Fdo.: Fernando Peraita Lechosa

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Colegiado N° 5.707

Sevilla, Noviembre de 2.010

6. RESPUESTA A LAS INCIDENCIAS DE CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR

En relación con el Estudio de inundabilidad presentado, "*Estudio de caracterización Hidráulica de las Cuencas del Río Pudio y Arroyos Sequillo, Almargen y Valencinilla*", redactado por la empresa FPLCEIC S.L., se hace constar lo siguiente:

- El estudio de inundabilidad debe presentarse firmado por el técnico redactor y visado por el Colegio Oficial correspondiente.

✚ Esto ya ha sido resuelto.

- El caudal de avenida para el período de retorno de 500 años del arroyo Sequillo se establece en este estudio en $31'47 \text{ m}^3/\text{s}$. Sin embargo, en ese mismo municipio y aguas arriba del tramo estudiado, consta que el caudal de avenida para el mismo período de retorno es de $69'87 \text{ m}^3/\text{s}$. Por lo tanto el caudal a considerar para delimitar las zonas inundables en esta Revisión del PGOU debe ser como mínimo de $69'87 \text{ m}^3/\text{s}$, teniendo en cuenta que el tramo estudiado es aguas abajo y por lo tanto el caudal será incluso mayor. A este respecto se indica que si bien se debe tener en cuenta el efecto laminador de las obras de paso, puentes y otras infraestructuras aguas arriba para delimitar las zonas inundables, aguas abajo de éstas se debe considerar que no hay laminación, al tener las infraestructuras un carácter temporal indeterminado. Es por ello que si no se consideró este aspecto en el encauzamiento del arroyo en el tramo del Campus universitario, para esta Revisión del PGOU deberán delimitarse las zonas inundables en este tramo con el caudal que se calcule con las observaciones hechas.

✚ Comprobado el estudio de inundabilidad realizado para el Ayuntamiento de Espartinas y verificando que los datos son correctos, se toma este caudal para la zona del arroyo Sequillo aguas arriba, $69,87 \text{ m}^3/\text{s}$, a lo que habría que añadir los $18,10 \text{ m}^3/\text{s}$ de nuestro estudio aguas abajo. Es decir, al final del tramo estudiado el caudal será $87,97 \text{ m}^3/\text{s}$.

- En cuanto al arroyo Almargen, se establece el caudal de 500 años de período de retorno (en $27'64 \text{ m}^3/\text{s}$). Sin embargo, en el estudio presentado por ese mismo Ayuntamiento para la innovación en el área al norte de "El Zaudín", el caudal calculado es (de $45'23 \text{ m}^3/\text{s}$). Debe justificarse esta discrepancia, considerando que se planifican zonas urbanizables a lo largo de prácticamente todo el cauce casi hasta su confluencia con el Río Pudio.

✚ Rehaciendo los cálculos para el arroyo Almargen, se establece que el caudal de 500 años será $43,66 \text{ m}^3/\text{s}$, al comprobar que el CN de 98

tomado en un principio es incorrecto. Se ha establecido realizando la media ponderada de los terrenos un CN de 89 y hemos aplicado un coeficiente reductor K, a la precipitación máxima a los 500 años de igual a $1 - \log A / 15$, siendo A la superficie de la cuenca y aplicándose éste, puesto que la cuenca es mayor de 1 Km².



- Se debe incluir en el estudio de inundabilidad el riesgo existente debido al cauce que confluye con arroyo Almargen por la izquierda en las coordenadas UTM X: 226711 y Y: 4138657.
 - ✚ Se ha estudiado a su vez el cauce que confluye con el arroyo Almargen por la izquierda, como puede verse en los cálculos y en la llanura de inundación.
- En el estudio de inundabilidad, a la hora de calcular el caudal admisible en cada sección, se dice: "En canales de hormigón, como son los de aguas bajas de los tres encauzamientos incluidos en el Estudio...". Sin embargo, dado que este Organismo de Cuenca no autorizará ningún encauzamiento ni cubrición de los cauces, los caudales admisibles y las zonas inundables se deberán calcular en las condiciones actuales de sección, rugosidad, etc.
 - ✚ Como puede comprobarse en las secciones estudiadas, no se estudia ningún tipo de encauzamiento ni cubrición de los canales, sólo las secciones que ya están realizadas, sin incluir ninguna más.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Peraita Lechosa', written over a horizontal line.

Fdo.: Fernando Peraita Lechosa

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Colegiado N° 5.707

Sevilla, Noviembre de 2.010

**ANEJO 1. ESTUDIOS PLUVIOMÉTRICOS REALIZADOS
CON ANTERIORIDAD**

7. PROYECTO PARA LA AUTORIZACIÓN PREVIA DEL ENCAUZAMIENTO DEL ARROYO SEQUILLO EN SECTOR CAMPUS UNIVERSITARIO DE BORMUJOS

Se incluye este estudio para comprobar que la zona del encauzamiento del arroyo Sequillo en el Campus Universitario, ya se había estudiado y aprobado por Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Se puede ver que la sección soporta el caudal calculado para el período de retorno de 500 años en el estudio, de $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Aún siendo éste inferior a los $69,87 \text{ m}^3/\text{s}$ de un estudio previo realizado en el mismo arroyo para el ayuntamiento de Espartinas en el punto de intersección con el Término Municipal de Bormujos, esto no supone problema alguno puesto que la capacidad máxima del encauzamiento supera con creces este caudal, llegando a los $107,83 \text{ m}^3/\text{s}$ en alguno de sus tramos.

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

ANEJO Nº. 4 .- ESTUDIO HIDROLOGICO

0.- OBJETIVO DEL ANEJO

Se pretende definir razonadamente las actuaciones que son necesarias para el encauzamiento del Arroyo Sequillo, con el fin de evitar la posible inundación de los terrenos aledaños.

El presente documento debe servir de base para justificar las secciones hidráulicas propuestas para el nuevo cauce del arroyo y que han de ser autorizadas previamente por el Organismo de Cuenca, de acuerdo con el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

1.- SUPERFICIE DE LA CUENCA

El Arrollo Sequillo, atraviesa los términos de Gines y Bormujos, desembocando en el Arroyo Repudio.

Su cuenca además de pertenecer a los términos municipales de las poblaciones mencionadas, tiene su cabecera en el término de Valencina de la Concepción.

Al final de este informe se adjunta un plano donde se indica la cuenca vertiente hasta la sección de control, es decir, el punto en el cual queremos conocer el caudal a evacuar, que es el paso bajo la carretera SE-620 entre Bormujos y Bollullos de la Mitación, justo al Sur de Campus Universitario.

La superficie de la cuenca vertiente a dicha sección es de 1,221 Hectáreas. La Longitud de la cuenca es de 5'8 Km., estando sus cotas topográficas comprendidas entre la 130 y la 74 la pendiente media de la cuenca es por tanto del 0,97%.

2.- FACTORES FISICOS Y CLIMATICOS QUE CARACTERIZAN LA CUENCA

2.1. GEOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA

La unidad territorial del Aljarafe, donde se ubica el término municipal de Bormujos, debe su origen actual a la orogenia alpina y a la transgresión marina del Mioceno. Tras los materiales paleozoicos emergentes por la orogenia Herciniana, se produce una laguna estratigráfica hasta los sedimentos de mar profundo, consecuentes a la transgresión y representados por margas del Tortoniense-Andaluciense, que da inicio a la serie estratigráfica de la zona de estudio.

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

De acuerdo con las premisas anteriores, el caudal de cálculo correspondiente a un período de retorno de 500 años y a un chaparrón de 2 hs. 45 m. de duración será de 60 m³/seg.

En razón de esta cifra analizamos las diversas soluciones de sección tipo adoptadas para el encauzamiento.

9.- COMPROBACION HIDRAULICA DEL ENCAUZAMIENTO

Hemos analizado el comportamiento hidráulico de las varias secciones propuestas para el encauzamiento del Arroyo Sequillo, todas ellas de tipo trapezoidales, a efectos del cálculo, excavadas en el terreno natural y revestimiento artificial alguno, salvo la protección con piedra de albero de los taludes superiores en los casos en que la velocidad del agua supere la admisible por la erosión; sus características las resumimos aquí:

En todos los casos se calcula el caudal de desagüe mediante la fórmula de Manning, con un resguardo mínimo de 0'50 m para el caudal máximo y con un coeficiente de rugosidad de 0'030 para las secciones excavadas en tierra, con márgenes escasamente sinuosas sin vados o balsas profundas y de 0'020 de rugosidad para las secciones revestidas de piedra de albero utilizadas en los perfiles singulares. Hemos considerado como velocidades máxima admisibles para cauce en tierras sin revestir 1'50 m/seg y de 4'50 m/seg para revestimiento de piedra.

Los resultados obtenidos se resumen en los siguientes apartados, reseñándose las características del flujo para el caudal normal (60 m³/seg.) y para la capacidad máxima sección con el resguardo mínimo de 50 cm.:

a) Sección tipo del tramo I:

Anchura de banqueta:	5,00 metros
Pendiente media:	1'12%
Velocidad normal:	3'45 m/seg.
Calado normal:	0'85 m
Capacidad máxima:	93'75 m ³ /seg
Calado máximo:	1'20 m
Velocidad máxima:	4'03 m/seg.

b) Sección tipo del tramo II:

Anchura de banqueta mínima:	5,00 metros
Pendiente media:	1'49%
Velocidad normal:	3'78 m/seg.
Calado normal:	0'76 m
Capacidad máxima:	107'83 m ³ /seg
Calado máximo:	1'20 m
Velocidad máxima:	4'64 m/seg.

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

Estas margas, con un característico color gris azulado y denominadas margas azules, constituyen la base característica y gran potencia de todo el valle del Guadalquivir por su continuidad (IGME, 1975. Mapa Geológico nº 984).

Al principio de la edad Andalucense se inicia la regresión marina significada por el aporte de terrígenos que marcan una alternancia gradual sobre las margas azules subyacentes, de margas arenosas de color marrón-amarillento y arenas.

Al continuar la regresión y como última fase, ya a finales de la Andalucense, aparecen sin una discordancia visible sobre la alternancia de margas amarronadas y arenas, los limos arenosos amarillos, demostrativo del paso sucesivo de una sedimentación profunda a otra paralitoral o litoral.

La regresión marina dejó paso ya en la era Cuaternaria al encajamiento progresivo de la red de drenaje que conforma diferentes niveles de terrazas, y erosiona los sustratos más blandos del terciario, quedando como relieves testigos los elementos más duros (materiales arenosos con alta proporción de cemento calcáreo), cuyo máximo ejemplo lo encontramos en el escarpe del Aljarafe, constituyendo una amplia plataforma que desde los 180 m. de altitud máxima desciende suavemente hacia el sur y sobre cuya penillanura, se sitúa el término municipal objeto del presente estudio.

Los afloramientos de limos arenosos amarillos constituyen proporcionalmente el mayor representante litológico del municipio de Bormujos, aproximadamente en un 70%. Sobre éstos y como consecuencia de la acción denudatoria de la red de drenaje en la penillanura se sitúan afloramientos aluviales de limos, arenas y arcillas del cuaternario. Estos últimos representan el 30% del afloramiento litológico del municipio y están ligados básicamente a los depósitos del arroyo Riopudio, Bormujos y en menor medida al arroyo Sequillo.

En la zona de estudio no se encuentran deformaciones diatróficas y no se puede hablar de fenómenos de tectónica reciente por manifestación de fracturas en el zócalo, en las capas plásticas suprayacentes.

2.2. GEOMORFOLOGIA

El carácter que define la geomorfología del municipio de Bormujos es la naturaleza general caliza y sedimentaria de sus materiales, representados por limos y arenas en la mayor parte del municipio. Sobre éstos la red de drenaje que transcurre por él y cuya arteria más representativa es el arroyo Riopudio y sus afluentes, arroyo Bormujos y Sequillo, han completado el relieve del término municipal, caracterizado por terrenos casi llanos o suavemente ondulados, con un rango de pendiente entre el 3% y el 7%. Se alcanza la máxima cota en el Norte (120 m.) y la más baja en el punto de salida del término del arroyo Riopudio (60 m.) cuyo cauce y afluentes drenan de Norte a Sur y que determinan los principales cambios en el paisaje con sus valles aluviales.

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

Actualmente se producen depósitos coluviales, aluviales o combinación de ambos, junto a fenómenos de solifluxión. Sin embargo, en vista a los datos geomorfológicos barajados, la presencia de materiales detríticos aluviales y el resto del sustrato litológico favorecen en alto grado la permeabilidad, dificultándose así la concentración de la escorrentía y disminuyéndose por tanto el potencial erosivo. Asimismo la ausencia de contactos litológicos sobre pendientes relevantes explican la ausencia de áreas inestables que determinen algún factor de riesgo potencial en el término municipal.

2.3. PLUVIOMETRIA

Las características climáticas de la zona de estudio están ligadas a las de la cuenca del Guacalquivir. Se caracteriza, pues, por un clima templado cálido mediterráneo, aunque la diversidad de relieve crea variaciones altitudinales.

Se ha utilizado como referencia de la información climática a analizar, los registros de las Estaciones Meteorológicas de Bollullos de la Mitación, Valencina y Gines por su proximidad y representatividad de las condiciones climáticas del término municipal de Bormujos, si bien con series históricas incompletas y la de Sevilla (Tablada) de mayor fiabilidad.

En los registros pluviométricos que se recogen en el Anejo, podemos observar que las precipitaciones mínimas se producen los meses de Junio, Julio y Agosto, con una cuantía significativamente menor al resto del año. El verano, por tanto, es la época más seca, alcanzándose durante el otoño las máximas precipitaciones, que están relacionadas básicamente con los vientos húmedos ascendentes por el valle del Guadalquivir. Debido a esto, la oscilación pluviométrica entre máximas y mínimas es muy grande.

Cabe destacar las diferencias ostensibles que pueden existir entre las precipitaciones en un mismo mes en años distintos, ya que en el mes normalmente más lluvioso esta puede llegar a ser nula.

Las variaciones en estos casos estriban desde los 300 mm. en los años más secos a los 1.200 mm. de los muy lluviosos.

3.- ANALISIS PLUVIOMETRICO

La zona en estudio y sus cercanías cuentan con numerosas estaciones pluviométricas, habiendo consultado las siguientes:

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

Nº	ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA	DATOS FIABLES
790	Sevilla-Tablada	1951-1997
785	Valencina de la Concepción	1992-1995
813 E	Gines (Colegio)	1984-1996
819	Bollullos de la Mitación	1985-1991

cuyos valores medios en los respectivos períodos registrados son:

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA	PRECIPITACIÓN (MM)	
	MEDIA ANUAL	MAXIMA 24 H.
Sevilla-Tablada (790)	630	96
Valencina (785)	695	44
Gines (813 E)	837	76
Bollullos de la Mitación (819)	653	63

De los diversos estudios sobre la pluviometría en el Aljarafe Sevillano, disponibles con ocasión de los proyectos de Saneamiento Integral realizados por la Dirección General de Obras Hidráulicas de la Junta de Andalucía, se desprenden como rasgos más sobresalientes de la distribución de lluvias en dicha Comarca, los siguientes:

- En el centro del Aljarafe se registran precipitaciones medias anuales algo superiores a las correspondientes a Sevilla capital, del orden de 30 mm.
- La distribución de lluvias en el Aljarafe es bastante uniforme, produciéndose claramente una zona de máximas precipitaciones en el eje de Bollullos de la Mitación, Bormujos y Tomares.
- En general, la cantidad de precipitación aumenta ligeramente con la altitud, registrándose los mínimos en el límite sur del término de Aznalcazar, subiendo en dirección norte hasta Bollullos para luego casi mantenerse hasta el límite Norte de Olivares.
- Existe alto índice de correlación entre los datos de lluvia anual registrados en la estación representativa del Aljarafe Central (Bollullos de la Mitación) y la Estación de Tablada.

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

Por tanto, ante la imposibilidad de disponer de datos de precipitaciones máximas en 24 horas, en algunas de las estaciones situadas en las inmediaciones de la Cuenca del Arroyo Sequillo, hemos adoptado las de Sevilla-Tablada por su fiabilidad y su validez para el objeto del presente Estudio.

En el cuadro adjunto se realiza el Ajuste de Gumbel de las precipitaciones máximas registradas en Sevilla-Tablada, resultando:

PERIODO DE RETORNO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS
10 años	74 mm.
25 años	89 mm.
50 años	100 mm.
100 años	111mm.
500 años	137 mm.

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

APENDICE Nº .1
CUENCA VERTIENTE Y DATOS PLUVIOMETRICOS.

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería y Urbanismo.

**CALCULO DE LAS PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS
SEGUN LOS REGISTROS HISTÓRICOS DEL I.N.M.**

PROYECTO: Proyecto de Encauzamiento del Arroyo Sequillo

AÑO	Sevilla T.	Valencina	Gines	PROMEDIO	MAXIMOS
1945					
1946					
1947					
1948					
1949					
1950					
1951					
1952	34.2			34.20	34.20
1953	68.6			68.60	68.60
1954	30.6			30.60	30.60
1955	34.8			34.80	34.80
1956	29.8			29.80	29.80
1957	36.0			36.00	36.00
1958	24.0			24.00	24.00
1959	47.0			47.00	47.00
1960	26.0			26.00	26.00
1961	96.0			96.00	96.00
1962	65.0			65.00	65.00
1963	30.4			30.40	30.40
1964	23.0			23.00	23.00
1965	32.2			32.20	32.20
1966	20.3			20.30	20.30
1967	29.1			29.10	29.10
1968	78.2			78.20	78.20
1969	75.3			75.30	75.30
1970	61.0			61.00	61.00
1971	92.0			92.00	92.00
1972	46.7			46.70	46.70
1973	43.8			43.80	43.80
1974	26.5			26.50	26.50
1975	43.5			43.50	43.50
1976	60.0			60.00	60.00
1977	71.4			71.40	71.40
1978	32.5			32.50	32.50
1979	56.3			56.30	56.30
1980	34.0			34.00	34.00
1981	27.6			27.60	27.60
1982	24.6			24.60	24.60
1983	71.5			71.50	71.50
1984	56.1		67.0	61.55	67.00
1985	28.8		53.0	40.90	53.00
1986	29.0		39.0	34.00	39.00
1987	49.3		63.0	56.15	63.00
1988	33.4		58.5	45.95	58.50
1989	55.0		54.0	54.50	55.00
1990	42.3		45.5	43.90	45.50
1991	42.4		51.0	46.70	51.00
1992	36.4	32.0	32.0	33.47	36.40
1993	27.7	33.0	32.0	30.90	33.00
1994	38.2	34.0	38.0	36.73	38.20
1995	73.2	44.0	54.0	57.07	73.20
1996	74.6	72.0	76.0	74.20	76.00
1997	40.5	35.0	38.5	38.00	40.50

Arroyo Sequillo. Bormujos
Hidra**Precipitacion**22/07/98

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
ANDALUCIA OCCIDENTAL
BANCO DE DATOS

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

PAGINA : 1
FECHA : 29/04/97
PROGRAMA: CLBPBR64

CENTRO METEOROLOGICO: ANDALUCIA OCCIDENTAL
CUENCA: 5 INDICATIVO: 790 NOMBRE: SEVILLA/TABLADA

PROV: SEVILLA

LONG: 06-00-30W LAT: 37-21-55 ALT: 8

PRECIPITACION MAXIMA DIARIA Y FECHA

PERIODO: 1871 - 1997

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
1951	9.9 (27)	23.1 (10)	--	--	--	3.5 (7)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	8.7 (29)	10.3 (30)	--	14.0 (14)	--
1952	--	15.5 (12)	--	12.5 (30)	30.2 (3)	--	0.0 (VR)	--	--	34.2 (21)	--	45.8 (7)	--
1953	30.0 (23)	36.3 (6)	--	68.6 (18)	2.6 (12)	5.0 (5)	0.0 (VR)	--	3.0 (14)	--	6.0 (29)	30.6 (8)	--
1954	--	--	--	12.7 (26)	7.2 (15)	1.2 (2)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	7.0 (20)	34.8 (4)	23.7 (19)	--
1955	--	--	--	2.0 (19)	16.1 (23)	--	--	--	7.6 (17)	--	4.0 (8)	--	--
1956	--	23.9 (15)	19.8 (23)	12.3 (14)	0.4 (19)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	24.0 (7)	9.2 (23)	10.2 (9)	10.0 (8)	--	--
1957	--	--	--	--	9.6 (5)	18.0 (22)	1.0 (5)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	11.2 (30)	36.0 (4)	29.6 (11)	--
1958	19.4 (28)	--	--	--	8.5 (11)	1.0 (17)	0.0 (VR)	--	1.7 (14)	22.5 (31)	24.0 (30)	--	--
1959	--	--	--	--	47.0 (7)	--	0.0 (VR)	--	--	--	--	18.0 (9)	--
1960	--	--	25.0 (8)	16.0 (27)	26.0 (14)	12.0 (2)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	11.0 (30)	--	--	--	--
1961	--	0.0 (VR)	33.0 (22)	19.5 (5)	25.0 (30)	--	8.8 (3)	0.0 (VR)	24.2 (28)	14.0 (29)	96.0 (19)	--	--
1962	--	--	--	45.0 (24)	38.5 (18)	--	0.0 (VR)	--	9.8 (14)	61.4 (10)	--	65.0 (28)	--
1963	30.4 (20)	--	--	23.0 (13)	--	--	--	0.0 (VR)	--	6.7 (30)	--	--	--
1964	11.0 (15)	--	--	--	23.0 (31)	4.6 (26)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	--	0.0 (VR)	--	--	--
1965	--	19.2 (21)	--	0.0 (VR)	2.2 (17)	7.4 (3)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	--	32.2 (6)	24.0 (17)	--	--
1966	--	--	0.0 (VR)	20.3 (8)	2.3 (11)	18.5 (7)	0.0 (VR)	--	16.5 (26)	--	--	3.3 (1)	--
1967	29.1 (9)	22.4 (16)	24.4 (4)	--	13.0 (10)	8.1 (2)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	4.5 (21)	23.0 (22)	23.6 (4)	11.0 (25)	--
1968	0.0 (VR)	31.2 (13)	11.4 (30)	36.2 (4)	14.2 (3)	8.0 (18)	0.0 (VR)	--	1.6 (12)	78.2 (31)	23.5 (28)	19.6 (17)	--
1969	75.3 (9)	44.4 (18)	29.8 (26)	8.4 (27)	11.4 (1)	31.2 (10)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	15.2 (11)	23.6 (18)	70.3 (24)	10.2 (29)	75.3 (9-1)
1970	61.0 (2)	18.3 (5)	13.2 (28)	16.3 (2)	--	36.3 (6)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	--	17.6 (8)	10.6 (12)	23.4 (11)	--
1971	19.0 (20)	0.3 (10)	8.2 (19)	44.6 (6)	36.0 (6)	11.6 (3)	--	52.0 (8)	1.2 (23)	15.0 (25)	2.0 (6)	10.3 (28)	--
1972	30.4 (8)	--	26.2 (13)	17.3 (30)	--	--	1.0 (7)	0.0 (VR)	15.4 (25)	46.7 (5)	--	--	--
1973	13.5 (14)	6.3 (9)	25.8 (11)	4.0 (22)	32.9 (17)	--	0.0 (VR)	5.5 (21)	0.0 (VR)	14.8 (16)	17.2 (4)	43.8 (19)	--
1974	--	13.4 (15)	17.1 (19)	22.7 (21)	4.0 (2)	--	0.0 (VR)	0.0 (VR)	7.5 (27)	7.5 (12)	26.5 (15)	25.5 (24)	--
1975	31.7 (15)	31.6 (7)	17.2 (29)	12.7 (23)	21.0 (18)	1.7 (12)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	2.4 (2)	0.2 (VR)	7.1 (23)	43.5 (11)	43.5 (11-12)
1976	13.5 (29)	27.6 (3)	72.7 (7)	37.4 (18)	20.0 (5)	2.4 (24)	0.0 (VR)	4.6 (23)	27.6 (26)	--	42.4 (8)	60.0 (27)	--

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
ANDALUCIA OCCIDENTAL
BANCO DE DATOS

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

PAGINA : 1
FECHA : 29/04/97
PROGRAMA: CLBPBR64

CENTRO METEOROLOGICO: ANDALUCIA OCCIDENTAL
CUENCA: 5 INDICATIVO: 785 NOMBRE: VALENCINA DE LA CONCEPCION PROV: SEVILLA LONG: 06-04-32W LAT: 37-25-00 ALT: 148

PRECIPITACION MAXIMA DIARIA Y FECHA PERIODO: 1951 - 1995

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
1992	--	19.0 (18)	12.0 (30)	23.0 (2)	9.0 (23)	29.0 (14)	--	2.0 (28)	30.0 (26)	32.0 (19)	0.0 (VR)	10.0 (5)	--
1993	12.0 (29)	6.5 (10)	16.0 (13)	33.0 (26)	17.0 (11)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	10.0 (18)	26.0 (31)	28.0 (2)	0.0 (VR)	33.0 (26-4)
1994	25.0 (6)	17.5 (15)	0.0 (VR)	14.0 (14)	22.0 (15)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	0.2 (29)	15.0 (10)	34.0 (3)	14.0 (1)	34.0 (3-11)
1995	12.5 (17)	28.0 (9)	8.0 (11)	9.0 (27)	0.0 (VR)	18.0 (25)	0.0 (VR)	2.0 (23)	--	1.5 (2)	44.0 (10)	--	--
MAXIMA	25.0	28.0	26.0	33.0	22.0	29.0	0.0	2.0	30.0	32.0	44.0	14.0	44.0
FECHA	(6-94)	(9-95)	(13-93)	(26-93)	(15-94)	(14-92)	(VR)	(VR)	(16-92)	(19-92)	(10-95)	(1-94)	(10-11-95)
TOTAL	49.5	71.0	46.0	79.0	48.0	47.0	0.0	4.0	-40.2	74.5	106.0	24.0	67.0
MEDIA	16.5	17.8	11.5	19.8	12.0	11.8	0.0	1.0	13.4	18.6	26.5	8.0	33
MEDIANA	12.5	18	10	18	13	18.0	0.0	1	10.0	20	31	10.0	34
DESV. (N)	6.0	7.6	9.4	9.1	8.3	12.4	0.0	1.0	12.4	11.6	16.3	5.9	0.5
DESV. (N-1)	7.4	8.8	10.9	10.6	9.6	14.3	0.0	1.2	15.2	13.4	18.8	7.2	0.7
NUM. DATOS	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	2

PAGINA : 1
FECHA : 29/04/97
PROGRAMA: CLAPBR64

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
ANDALUCIA OCCIDENTAL
BANCO DE DATOS

CENTRO METEOROLOGICO: ANDALUCIA OCCIDENTAL
CUENCA: 5 INDICATIVO: 813E NOMBRE: GINES 'COLEGIO' PROV: SEVILLA LONG: 06-04-39W LAT: 37-23-37 ALT: 115

PERIODO: 1984 - 1997

PRECIPITACION MAXIMA DIARIA Y FECHA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
1984	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	67.0 (7)	7.5 (8)	--
1985	30.0 (4)	17.5 (9)	4.0 (25)	25.0 (24)	10.0 (VR)	32.0 (18)	0.0 (VR)	--	1.0 (VR)	0.0 (VR)	20.0 (VR)	53.0 (27)	--
1986	22.0 (7)	39.0 (13)	32.5 (7)	20.0 (24)	9.5 (4)	1.5 (6)	--	--	17.5 (11)	36.0 (6)	36.0 (11)	21.0 (8)	--
1987	44.0 (12)	33.5 (23)	14.0 (24)	14.5 (2)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	44.0 (9)	63.0 (28)	9.0 (25)	43.0 (26)	56.0 (3)	40.0 (VR)	63.0 (28-8)
1988	48.0 (27)	11.0 (15)	3.0 (2)	8.0 (3)	30.0 (4)	13.5 (12)	1.5 (4)	--	--	28.0 (18)	58.5 (8)	--	--
1989	12.5 (26)	13.5 (9)	8.5 (27)	39.0 (24)	13.5 (29)	2.0 (20)	0.0 (VR)	10.0 (30)	14.0 (7)	48.0 (17)	52.5 (20)	54.0 (7)	54.0 (7-12)
1990	34.0 (1)	--	10.5 (31)	34.0 (29)	3.5 (1)	0.0 (VR)	--	0.0 (VR)	0.3 (15)	45.5 (21)	22.5 (7)	7.5 (4)	--
1991	8.5 (11)	51.0 (17)	50.5 (5)	11.0 (16)	6.0 (31)	0.7 (1)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	20.5 (25)	--	--	22.0 (16)	--
1992	1.7 (7)	19.0 (18)	12.5 (30)	29.0 (2)	15.0 (23)	--	0.0 (VR)	1.4 (28)	32.0 (26)	30.0 (18)	2.5 (15)	7.5 (4)	--
1993	14.0 (29)	6.0 (10)	32.0 (13)	27.5 (26)	15.5 (11)	13.5 (6)	0.0 (VR)	0.5 (26)	10.0 (17)	24.0 (15)	16.0 (3)	0.5 (28)	32.0 (13-3)
1994	40.0 (5)	17.8 (27)	1.0 (5)	14.0 (14)	24.5 (12)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	--	21.0 (10)	38.0 (3)	16.5 (2)	--
1995	14.5 (17)	22.5 (12)	8.5 (11)	12.0 (27)	1.5 (5)	13.0 (26)	0.5 (7)	35.5 (23)	27.5 (5)	1.4 (2)	54.0 (10)	--	--
1996	--	7.0 (15)	9.5 (8)	21.5 (28)	25.0 (5)	0.0 (VR)	0.5 (24)	--	26.0 (20)	33.0 (13)	67.5 (10)	76.0 (11)	--
1997	38.5 (4)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
MAXIMA	48.0	51.0	50.5	39.0	30.0	32.0	44.0	63.0	32.0	48.0	67.5	76.0	76.0
FECHA	(27-88)	(17-91)	(5-91)	(24-89)	(4-88)	(18-85)	(9-87)	(28-87)	(26-92)	(17-89)	(10-96)	(11-96)	(11-12-96)
TOTAL	307.7	237.8	186.5	255.5	154.0	76.2	46.5	110.4	157.8	309.9	490.5	305.5	149.0
MEDIA	25.6	19.8	14.4	21.3	12.8	6.9	4.6	13.8	15.8	28.2	40.9	27.8	49
MEDIANA	26	18	10	21	12	2.0	1	6	16	30.0	45	22.0	54.0
DESV. (N)	14.7	14.2	14.4	9.4	9.3	9.7	13.1	21.8	10.3	15.3	20.7	23.3	13.0
DESV. (N-1)	15.4	14.8	14.9	9.8	9.7	10.2	13.8	23.3	10.9	16.1	21.6	24.4	15.9
NUM. DATOS	12	12	13	12	12	11	10	8	10	11	12	11	3

Estudio de Caracterización Hidráulica de las Cuencas del Río Pudio y Arroyos Sequillo, Almargen y Valencinilla para la revisión de P.G.O.U. de Bormujos. Sevilla.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
ANDALUCIA OCCIDENTAL
BANCO DE DATOS

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

PAGINA : 2'
FECHA : 21/04/97
PROGRAMA: CLBPBR64

CENTRO METEOROLOGICO: ANDALUCIA OCCIDENTAL
CUENCA: 5 INDICATIVO: 790 NOMBRE: SEVILLA/TABLADA
PROV: SEVILLA LONG: 06-00-30W IAT: 37-21-55 ALT: 8
PERIODO: 1871 - 1997

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
1977	24.8 (22)	21.4 (10)	9.1 (28)	0.6 (9)	1.1 (31)	15.6 (11)	0.0 (VR)	1.6 (3)	0.0 (VR)	26.5 (6)	71.4 (20)	28.8 (7)	71.4 (20-11)
1978	5.0 (1)	25.7 (23)	--	29.2 (5)	13.3 (2)	25.5 (9)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	3.3 (3)	32.5 (11)	12.5 (8)	23.6 (11)	56.3 (2-2)
1979	44.4 (18)	56.3 (2)	26.3 (18)	7.6 (13)	0.5 (19)	1.4 (24)	3.3 (3)	0.0 (VR)	1.7 (13)	40.0 (11)	1.8 (13)	12.9 (24)	34.0 (15-10)
1980	14.4 (15)	15.0 (19)	14.5 (20)	21.8 (29)	29.6 (2)	0.3 (12)	0.0 (VR)	2.0 (26)	29.6 (27)	34.0 (15)	24.5 (8)	0.0 (VR)	27.6 (25-9)
1981	0.0 (VR)	4.0 (28)	10.4 (28)	19.2 (1)	18.0 (8)	3.6 (24)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	27.6 (5)	3.6 (25)	0.7 (16)	21.8 (9)	--
1982	24.6 (11)	21.6 (14)	21.3 (11)	8.8 (13)	--	IP	5.4 (3)	10.6 (26)	9.4 (25)	2.4 (17)	70.7 (6)	10.2 (20)	--
1983	0.0 (VR)	9.0 (17)	3.7 (23)	20.2 (19)	3.4 (14)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	2.0 (31)	0.1 (19)	--	71.5 (15)	51.0 (20)	--
1984	5.3 (20)	17.5 (27)	21.7 (20)	16.2 (12)	11.4 (29)	56.1 (18)	--	0.0 (88)	0.2 (VR)	6.0 (19)	48.1 (7)	4.6 (8)	--
1985	28.8 (21)	18.4 (9)	3.8 (25)	23.0 (20)	11.2 (6)	25.2 (18)	0.0 (VR)	0.0 (88)	0.2 (21)	0.2 (22)	13.8 (2)	--	--
1986	--	--	--	--	8.6 (4)	0.7 (6)	0.2 (24)	0.0 (VR)	13.2 (11)	29.0 (6)	24.8 (11)	17.4 (8)	--
1987	48.3 (12)	29.1 (23)	9.5 (25)	14.2 (2)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	29.0 (9)	--	0.0 (25)	--	--	--	--
1988	33.4 (27)	8.0 (16)	2.6 (2)	3.3 (3)	--	14.8 (12)	10.0 (4)	--	0.0 (VR)	--	--	--	--
1989	13.6 (26)	12.6 (24)	6.7 (17)	27.6 (25)	8.0 (29)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	10.5 (30)	12.2 (6)	45.9 (17)	55.0 (19)	51.6 (25)	55.0 (19-11)
1990	32.9 (2)	0.3 (28)	6.8 (31)	42.3 (29)	0.0 (VR)	0.2 (1)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	0.9 (29)	31.8 (18)	38.4 (7)	7.8 (4)	42.3 (29-4)
1991	7.6 (11)	42.4 (17)	40.4 (5)	25.9 (16)	12.2 (31)	9.1 (1)	5.1 (17)	0.1 (17)	10.7 (25)	--	24.0 (30)	19.9 (13)	--
1992	1.0 (7)	15.2 (18)	17.0 (30)	36.4 (2)	9.9 (23)	20.7 (14)	0.0 (VR)	1.5 (28)	25.3 (26)	29.6 (18)	22.0 (15)	6.1 (24)	36.4 (2-4)
1993	8.5 (29)	10.0 (11)	27.6 (13)	24.5 (28)	27.0 (11)	2.8 (21)	0.0 (VR)	0.4 (26)	0.4 (17)	5.8 (31)	14.6 (3)	0.7 (28)	27.6 (13-3)
1994	38.2 (5)	17.9 (27)	0.9 (5)	14.0 (14)	17.8 (12)	0.2 (1)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	1.3 (29)	22.3 (19)	32.7 (3)	10.5 (2)	38.2 (5-1)
1995	19.7 (17)	20.9 (9)	5.5 (11)	15.4 (27)	5.7 (5)	6.6 (26)	0.4 (7)	0.0 (VR)	17.0 (5)	12.0 (23)	73.2 (10)	--	--
1996	74.6 (20)	9.7 (15)	7.9 (12)	11.7 (21)	37.6 (5)	0.0 (VR)	0.1 (14)	0.0 (VR)	13.1 (9)	19.2 (13)	38.2 (10)	51.7 (20)	74.6 (20-1)
1997	40.5 (7)	0.0 (VR)	0.0 (VR)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
MAXIMA	75.3	56.3	72.7	68.6	47.0	56.1	29.0	52.0	29.6	78.2	96.0	65.0	96.0
FECHA	(9-69)	(2-79)	(7-76)	(18-53)	(7-59)	(18-84)	(9-87)	(8-71)	(27-80)	(31-68)	(19-61)	(28-62)	(19-11-61)
TOTAL	843.8	668.5	563.5	793.4	606.4	353.3	64.3	114.8	361.1	824.9	1118.1	840.4	582.2
MEDIA	24.8	19.1	17.1	20.3	15.2	9.6	1.5	3.2	9.0	22.9	32.0	24.7	48
MEDIANA	25	18.4	14.5	17.3	13	7	3.3	3	9	22.3	24.8	21.8	43.5
DESV. (N)	19.2	12.9	14.3	14.0	12.2	12.3	4.8	9.4	8.8	17.8	23.7	17.8	16.9
DESV. (N-1)	19.5	13.0	14.6	14.2	12.4	12.5	4.9	9.6	8.9	18.0	24.1	18.0	17.6
NUM. DATOS	34	35	33	39	40	37	42	36	40	36	35	34	12

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

APENDICE Nº. 2
AJUSTE DE GUMBEL.

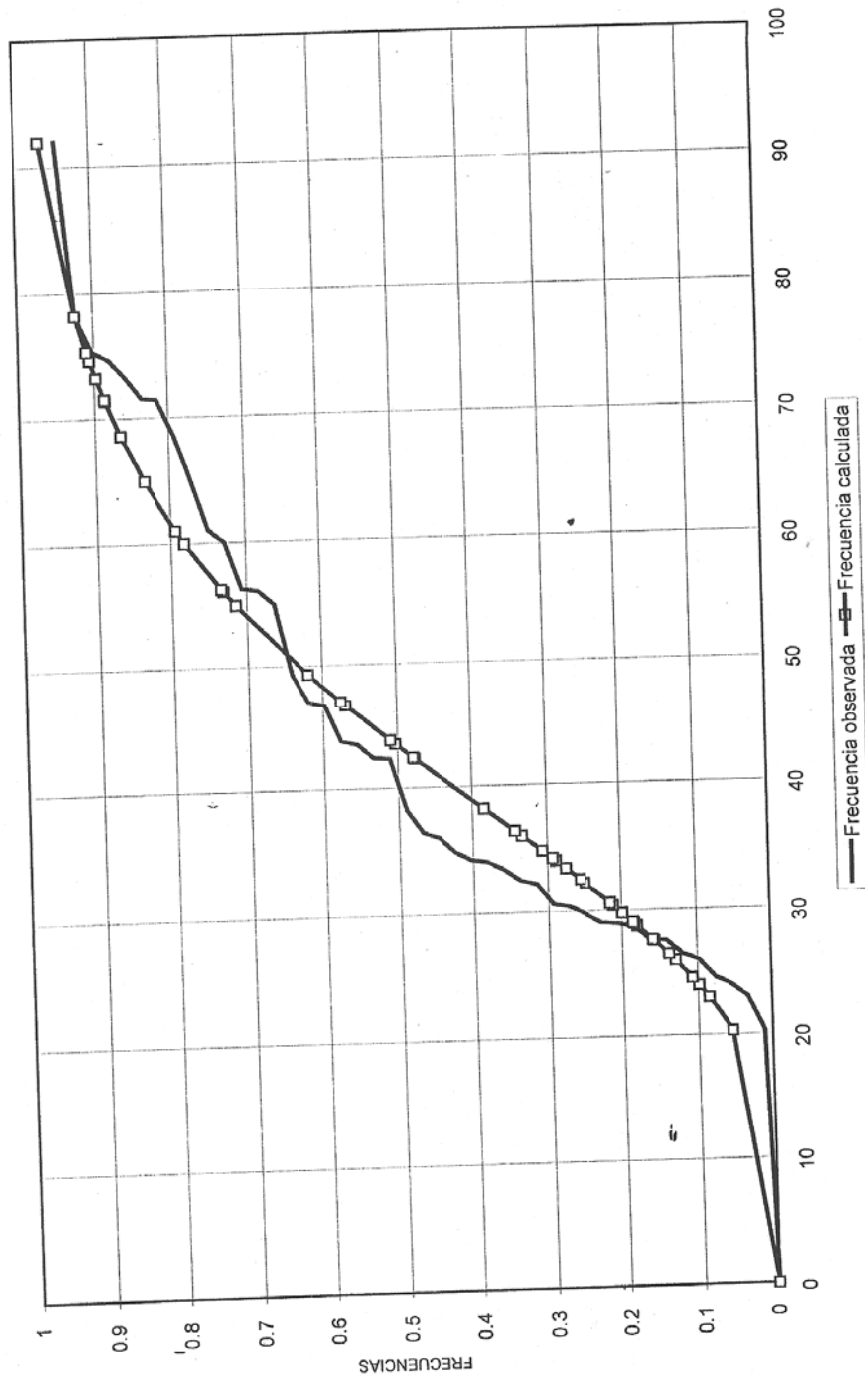
ALQUEVIR, S.L. Ingeniería y Urbanismo.

AJUSTE DE GUMBEL DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS. Serie Histórica: 1952 - 1997 (E-790 Sevilla -Tablada)								
Año	Pmáx.	Núm.	Pmáx. ordenada	Frecuencia observada	Frecuencia calculada	Período Retorno	F(x)	x
			0	0	0			
1952	34.20	1	20.30	0.01	0.05		0.1	24.10
1953	68.60	2	23.00	0.03	0.08		0.2	29.85
1954	30.60	3	24.00	0.05	0.10		0.3	34.51
1955	34.80	4	24.60	0.08	0.11		0.4	38.89
1956	29.80	5	26.00	0.10	0.13		0.5	43.37
1957	36.00	6	26.50	0.12	0.14		0.6	48.26
1958	24.00	7	27.60	0.14	0.16		0.7	54.03
1959	47.00	8	27.70	0.16	0.16			
1960	26.00	9	28.80	0.18	0.18			
1961	96.00	10	29.00	0.21	0.18			
1962	65.00	11	29.10	0.23	0.19			
1963	30.40	12	29.80	0.25	0.20			
1964	23.00	13	30.40	0.27	0.21			
1965	32.20	14	30.60	0.29	0.22			
1966	20.30	15	32.20	0.32	0.25			
1967	29.10	16	32.50	0.34	0.26			
1968	78.20	17	33.40	0.36	0.28			
1969	75.30	18	34.00	0.38	0.29			
1970	61.00	19	34.20	0.40	0.29			
1971	92.00	20	34.80	0.42	0.31			
1972	46.70	21	36.00	0.45	0.33			
1973	43.80	22	36.40	0.47	0.34			
1974	26.50	23	38.20	0.49	0.38			
1975	43.50	24	42.30	0.51	0.48			
1976	60.00	25	42.40	0.53	0.48			
1977	71.40	26	43.50	0.55	0.50			
1978	32.50	27	43.80	0.58	0.51			
1979	56.30	28	46.70	0.60	0.57			
1980	34.00	29	47.00	0.62	0.58			
1981	27.60	30	49.30	0.64	0.62			
1982	24.60	31	55.00	0.66	0.71			
1983	71.50	32	56.10	0.68	0.73			
1984	56.10	33	56.30	0.71	0.73			
1985	28.80	34	60.00	0.73	0.78			
1986	29.00	35	61.00	0.75	0.79			
1987	49.30	36	65.00	0.77	0.84			
1988	33.40	37	68.60	0.79	0.87			
1989	55.00	38	71.40	0.82	0.89			
1990	42.30	39	71.50	0.84	0.89			
1991	42.40	40	73.20	0.86	0.90			
1992	36.40	41	74.60	0.88	0.91			
1993	27.70	42	75.30	0.90	0.91			
1994	38.20	43	78.20	0.92	0.92			
1995	73.20	44	92.00	0.95	0.97			
1996	74.60	45	96.00	0.97	0.97			
1997	40.50	46	92.00	0.99	0.97			

5	0.8	62
10	0.9	74
25	0.96	89
50	0.98	100
100	0.99	111
500	0.998	137
1000	0.999	148

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería y Urbanismo

AJUSTE DE UNA FUNCIÓN DE GUMBEL
PRECIPITACIONES 1952-1997. SEVILLA-TABLADA



Arroyo Sequillo, Bormujos
Hidraaco**Ajuste3**22/07/98

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

ANEJO Nº. 5
CALCULOS HIDRAULICOS

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

ANEJO Nº. 5 .- CALCULOS HIDRAULICOS

1.- LIMITACIONES REGLAMENTARIAS

El reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D. 849/86) que desarrolla la Ley 29/1985 de 2 de Agosto, de Aguas, fija las condiciones objetivas que deben enmarcar la calificación jurídica y las limitaciones de uso de los terrenos contiguos a los cauces por los que discurren corrientes de agua naturales, continuas o discontinuas.

Así mismo podría ser de referencia la Propuesta de Norma del Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir, que viene a desarrollar aspectos de la legislación general y que está aún pendiente de aprobación definitiva.

De los citados textos legales hay que destacar, a los efectos del presente trabajo, los siguientes aspectos:

- a) El alcance del **dominio público hidráulico**, que es delimitado como los terrenos cubiertos por las aguas en las máximas crecidas ordinarias, entendiéndose éstas como las correspondientes a un caudal igual a la media de los máximos anuales, en su régimen natural, durante diez años consecutivos, representativos de la corriente hidráulica.
- b) La **zona de policía del dominio público hidráulico**, que abarca una franja de 100 m. medida desde el límite interior de la ribera. En esta zona se condicionan los usos del suelo y las actividades que en ella se desarrollen.
- c) Las **zonas inundables**, que son delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas cuyo período estadístico de retorno sea de 500 años.

Consecuentemente, por la localización de la parcela que es el objeto del Informe, le afectarían las tres limitaciones anteriores.

En el caso de zonas inundables, las limitaciones al uso vienen dadas por la condición de que las obras o actuaciones que los propietarios realicen en ellas, no deben empeorar las condiciones preexistentes de desagüe, tal y como detalla la Propuesta de Norma para el Plan Hidrológico del Guadalquivir.

El objeto del presente estudio es determinar los caudales de las crecidas de recurrencia iguales o inferiores a 500 años así como los niveles máximos que alcanzarían las aguas en tales circunstancias con la finalidad de delimitar tanto el cauce natural cubierto por las crecidas ordinarias como las zonas inundables por las extraordinarias de mayor recurrencia, reservando al efecto la franja de terreno correspondiente para los usos compatibles con sus características hidrológicas.

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

2.- PERIODO DE RETORNO

La determinación del período de retorno o de recurrencia nos da la probabilidad de que el caudal sea excedido durante un cierto intervalo de tiempo.

En su fijación deben tenerse en cuenta factores tales como:

- Daños materiales y humanos producidos por la inundación.
- Coste económico de las obras.
- Otros costes indirectos: merma de ventas, publicidad negativa, etc...

La Nueva Instrucción 5.2. - IC "Drenaje Superficial" de la Dirección General de Carreteras establece como período de retorno mínimo al de 100 años para las obras de drenaje superficial en vías con IMD iguales o superiores a 2.000 vehículos.

Tratándose de un encauzamiento en una zona pública, hemos adoptado 500 años como período de retorno para el cálculo del caudal de referencia de las crecidas extraordinarias, con una precipitación máxima en 24 horas de 137 mm, en consonancia con el criterio del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

6.- TIEMPO DE CONCENTRACION

Es el requerido para que una partícula elemental del agua caída circule desde el punto más lejano de la cuenca vertiente hasta aquel en que se determina el caudal. Representa, pues, el tiempo necesario para que se produzca el máximo caudal en el punto de control.

Se ha calculado mediante el procedimiento de la Instrucción 5.2. - IV "Drenaje Superficial" de la Dirección General de Carreteras, mediante la fórmula:

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

siendo :

L (Km): la longitud del cauce = 5,8 km.
J (m/n): su pendiente media = 0,97%

resultando 2 horas 45 minutos.

7.- COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

Define la proporción de la componente superficial de la precipitación y depende de la razón entre la lluvia diaria correspondiente al período de retorno considerado y el umbral de escorrentía a partir del cual se inicia esta.

Dicho umbral se ha definido teniendo en cuenta , las características predominantes de los suelos, su cobertura vegetal, su capacidad de infiltración y

ALQUEVIR, S.L. Ingeniería, Urbanismo y Medioambiente

drenaje y la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos, todo ello en concordia con la citada Instrucción 5.2. - IC.

Los datos adoptados son:

- Clasificación del suelo: Grupo C, correspondientes a suelos franco-arcillo-limosos, con infiltración lenta cuando están muy húmedos y drenaje imperfecto.

- Umbral de escorrentía inicial ponderado: el correspondiente a los distintos usos y cultivos cultivo del suelo, tal y como se detalla en el cuadro siguiente:

TIPOLOGÍA DEL USO DEL SUELO	SUPERFICIE (Has)	UMBRAL Po (mm.)
Suelo Urbano consolidado	63.00	1
Parcelaciones urbanísticas	237.00	2
Uso agrícola	921.00	11
Media Ponderada	1221.00	8.74

- Coeficiente corrector en función de la humedad inicial del suelo como corresponde a una cuenca donde es mayor la influencia del Clima Atlántico, que la mediterránea, de valor 2,50.

El coeficiente de escorrentía resultante con los datos anteriores es 0,52.

8.- CAUDAL DE REFERENCIA PARA T=500 AÑOS

El método de estimación de los caudales asociados a distintos periodos de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante.

Para cuencas pequeñas son apropiados los métodos hidrometeorológicos contenidos en la mencionada Instrucción 5.2-IC, basados en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de su escorrentía. Ello equivale a admitir que la única componente de esa precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente. En las cuencas grandes estos métodos pierden precisión y, por tanto, la estimación de los caudales es menos correcta; pero, por otra parte, en estas cuencas suele disponerse de información directa sobre niveles o caudales de avenidas.

La frontera entre cuencas grandes y pequeñas, a efectos de la citada instrucción, corresponde aproximadamente a un tiempo de concentración igual a seis horas. Por tanto, la aplicación de dicho método al caso que nos ocupa parece razonablemente acertado.

7. ENTUBAMIENTO DEL ARROYO ALMARGEN. SECTOR 7.2 DEL PAU POLÍGONO 7 BORMUJOS (SEVILLA)

Por las mismas razones que el anterior, se incluye éste estudio puesto que ya había sido aprobado por confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Es a partir del último punto contemplado en el estudio, con un caudal de 20,83 m³/s, donde comenzamos a realizar nuestro estudio, habiendo comprobado y dado como bueno este estudio.

ENTUBAMIENTO DEL ARROYO ALMARGEN. SECTOR
7.2 DEL PAU POLÍGONO 7 BORMUJOS (SEVILLA)

INGENIERO: ALFONSO GUERRERO DE MIER
I.C.C.P. Colegiado nº 13.256

PROMOTOR: ÁLCALÁ 120, S.L.

Sevilla, febrero de 2005

Introducción

Se redacta el presente documento como ampliación del Estudio de Entubamiento del Arroyo Almárgen, en el tramo que discurre por los terrenos del Plan Parcial del Sector 7.2 del PAU del Polígono 7, del Municipio de Bormujos, al objeto de obtener las autorizaciones preceptivas para la tramitación del Proyecto de Urbanización del citado Sector, y poder acometer por separado las obras de encauzamiento del citado arroyo Almárgen, que al discurrir por suelos calificados como sistema general viario, permitirán acometer la obra, si es preciso de forma separada del resto de la urbanización.

Se adjunta la documentación formulada para el estudio del entubamiento y la planimetría correspondiente a plano topográfico actual, planta y perfil longitudinal del colector de entubamiento, partida presupuestaria.

Asimismo se relaciona la legislación sectorial de aguas y el compromiso de su cumplimiento, entendiéndose por tal, la siguiente:

- Texto Refundido de la Ley de Aguas. (RDL 01/2001, de 20 de julio)
- Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 849/1986, de 11 de abril)
- Plan Hidrológico del Guadalquivir (RD 1664/1998, de 24 de julio)
- Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001, de 5 de julio)

ESTUDIO DE ENTUBAMIENTO DEL ARROYO ALMARGEN. SECTOR 7.2 BORMUJOS.

Con este Estudio se trata de demostrar la viabilidad del entubamiento del arroyo Almárgen en Bormujos, prolongando la entubación actual 660m mediante un tubo de hormigón armado de 2.500mm de diámetro interior.

En primer lugar, calcularemos las máximas precipitaciones en 24 horas para los distintos periodos de retorno, mediante la aplicación MAXPLU, incluido en la publicación "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" (Año 2.001. Mº de Fomento).

En segundo lugar, calcularemos las características hidrológicas de las áreas a drenar (superficie, nº de curva, tiempo de concentración), mediante el modelo para pequeñas cuencas del National Resources Conservation Services de Estados Unidos, que implementa el del Soil Conservation Service (SCS). Este modelo se ha implementado mediante el programa informático TR55. Como resultado final obtendremos los máximos caudales previsibles para cada periodo de retorno.

Por último, y mediante el modelo hidráulico de Manning-Strickler, verificaremos la viabilidad de las secciones adoptadas para el entubamiento, con 500 años de periodo de retorno.

Entubamiento del Arroyo Almárgen en Bormujos. Sector 7.2 del PAU Polígono 7.

1.- Máximas precipitaciones en 24 horas

Para el cálculo de los caudales a drenar, es necesaria la estimación de las máximas precipitaciones en 24 horas. Para ello, hemos adoptado el modelo incluido en la publicación "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" (Año 2.001. Mº de Fomento).

Para la zona del Estudio (Bormujos), los datos indicados en la Hoja 2-5 son los siguientes:
Precipitación media: 55
Cv: 0.364

Mediante la aplicación MAXPLU incluida en la mencionada publicación, estimamos las máximas precipitaciones para los periodos de retorno considerados, resultando lo siguiente:

CUADRO 1
Máximas Precipitaciones en 24 horas

T (años)	Pd (mm)
2	51
5	68
10	80
25	97
50	111
100	125
500	161

Como comprobación, se ha consultado la publicación "Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España. Un estudio por regiones. Andalucía Occidental" (Año 1999. Mº de Medio Ambiente), resultando valores algo inferiores (150mm para T=500 años), por lo que adoptamos lo indicados arriba por seguridad.

Entubamiento del Arroyo Almárgen en Bormujos. Sector 7.2 del PAU Polígono 7.

2. Cálculo de Caudales a desaguar.

Calcularemos a continuación las características hidrológicas de las áreas a drenar (superficie, nº de cuenca, tiempo de concentración), mediante el modelo para pequeñas cuencas del National Resources Conservation Service de Estados Unidos, que sigue las indicaciones del Soil Conservation Service (SCS). Este modelo se ha implementado mediante el programa informático TR55. Como resultado final obtendremos los máximos caudales previsibles para cada periodo de retorno.

Las características de las áreas a drenar (incluidas como Plano nº 1) son las siguientes:

Uso de las Tierras	Superficie (has)	CN
<i>Área Urbana Completamente Desarrollada</i>		
Cubierta vegetal < 50%, Suelo C	187	86
<i>Distrito Residencial</i>		
Denso (65% imperm), Suelo C	123	90
TOTAL	310	88

Se ha adoptado como tipo de suelo el C (drenaje pobre) dado que el terreno natural observado en la zona se corresponde con un suelo algo arcilloso.

El área total cuyo drenaje va a finalizar en el futuro entubamiento es de 310 hectáreas, y el Nº de Curva ponderado es de 88.

Se ha adoptado como modelo de precipitación el Tipo Ia, correspondiente a la zona de Estados Unidos con clima más parecido a la zona del Estudio (California).

Se ha calculado el Tiempo de Concentración, indicándole al programa informático los siguientes datos:

Sub-Area Identifier	Flow Length (m)	Slope (m/m)	Mannings's n	End Area (sq m)	Wetted Perimeter (m)	Velocity (m/sec)	Travel Time (hr)
A							
SHALLOW	670.00	0.0278	0.050				0.227
SHALLOW	2000.00	0.0200	0.025				0.634
CHANNEL	100.00	0.0150	0.020	1.00	1.14	8.333	0.003

El tiempo de concentración calculado resulta ser de 0.86 horas (51 minutos).

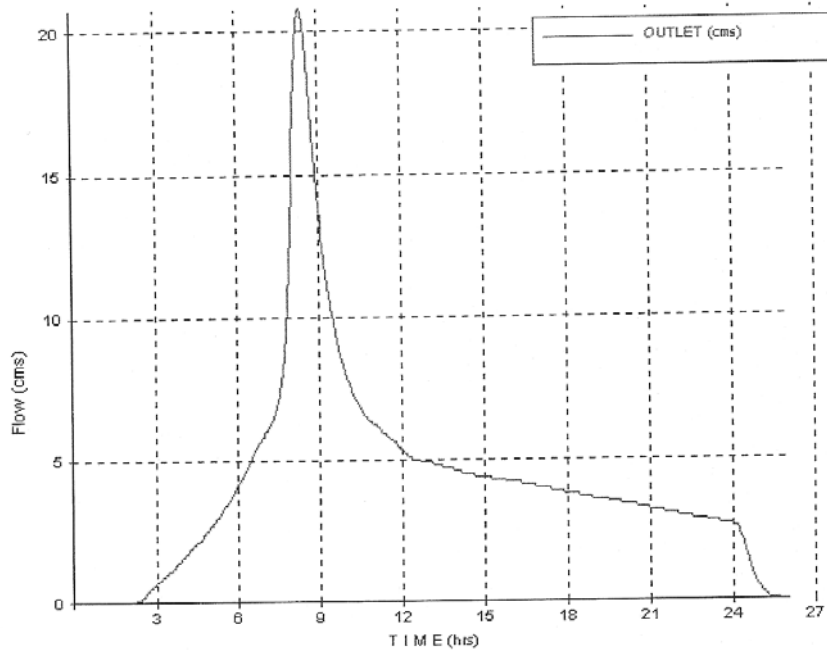
Se ha calculado a continuación el hidrograma de la cuenca para el período de retorno de 500 años, resultando el máximo caudal punta desaguado de 20.83 m³/s.

Entubamiento del Arroyo Almárgen en Bormujos. Sector 7.2 del PAU Polígono 7.

TR-55 Output Hydrograph

Project: Bormujos
Subarea: (Outlet) Storm: 500-Yr
C:\Proyecto\juan\inunda\bormujos.w55

27/07/02



Hidrograma para T=500 años
Máximo caudal punta: 20.83 m³/s.

3. Comprobación del Entubamiento

A continuación, mediante el modelo hidráulico de Manning-Strickler, verificaremos la viabilidad de las secciones adoptadas para el entubamiento, con 500 años de periodo de retorno.

La sección adoptada es la de un tubo circular de hormigón armado de 2.500mm de diámetro. La pendiente del mismo es de 0,75% en el tramo más desfavorable.

Aplicando la fórmula de Manning – Strickler

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

donde,

v: velocidad en m/s

n: Coeficiente de rugosidad (0.014 para hormigón)

RH: Radio Hidráulico en m (cociente entre la superficie del conducto y el perímetro mojado)

i: Pendiente en tanto por uno.

Obtenemos v, y aplicando:

$$Q = S \cdot v$$

donde,

v: velocidad en m/s

Q: Caudal en m³/s

S: Superficie de la sección del conducto en m².

Obtenemos el caudal que puede desaguar el conducto.

Los resultados para el tramo entubado son los siguientes:

Entubamiento del Arroyo Almárgen en Bormujos. Sector 7.2 del PAU Polígono 7.

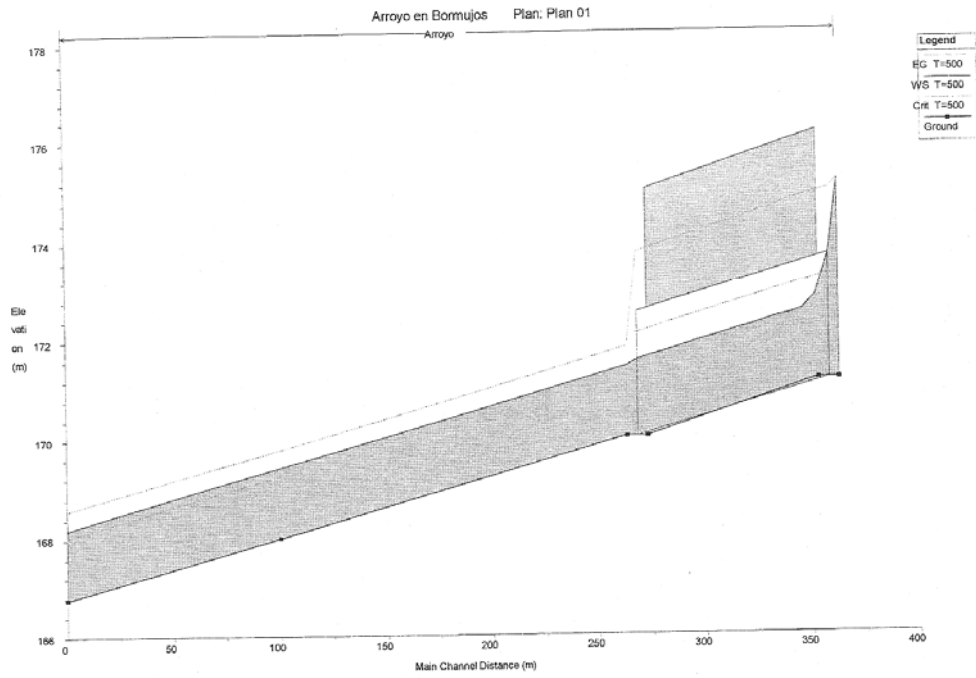
Tramo Entubado		
Diámetro	2.50	m
Area	4.91	m ²
Perímetro	7.85	m
Rh	0.63	m
n	0.014	
Distancia	479	m
i	0.75%	
v	4.52	m/s
Q	22.20	m ³ /s
F.S.	1.07	

El canal natural en el desagüe del entubamiento tiene la forma de un trapecio, con la base inferior de 4m, 2m de altura y taludes 1:1. Si el canal natural fuese inferior en algún punto a lo descrito anteriormente, se deberá realizar una excavación hasta lograr dicho perfil. Tomando 0.040 como coeficiente de Manning para un cauce natural, obtenemos los siguientes resultados:

Tramo en Zanja		
Profundidad	2	m
Ancho Inferior	4	m
Ancho Superior	8	m
Area	12	m ²
Perímetro	9.7	m
Rh	1.2	m
n	0.04	
Distancia	163	m
i	0.75%	
v	2.50	m/s
Q	30.03	m ³ /s
F.S.	1.44	

Por último, y para comprobar que a la salida del entubamiento no se produce un resalto que eleve el agua por encima de la sección considerada, se ha utilizado el programa "River Analysis System" del HEC. Se ha modelado la zona de salida del entubamiento, calculándose la altura de agua a la salida, resultándose ser menor de 2 metros.

Entubamiento del Arroyo Almárgen en Bormujos. Sector 7.2 del PAU Polígono 7.



Entubamiento del Arroyo Almárgen en Bormujos. Sector 7.2 del PAU Polígono 7.

4. Contenido y Conclusión

El contenido del presente estudio es el siguiente:

- Memoria
- Planos:
 - o 1) Situación
 - o 2) Planta general
 - o 3) Perfil longitudinal
 - o 4) Secciones Tipo

El entubamiento del Arroyo Almárgen en Bormujos se realizará mediante la colocación de un tubo de hormigón armado de 2.500mm de diámetro interior.

Se han calculado las precipitaciones máximas, los caudales a desaguar, y mediante el modelo de Manning-Strickler se han evaluado las secciones consideradas, resultando ser válidas.

El Ingeniero Autor del Estudio

Fdo: Alfonso Guerrero de Mier
(I.C.C.P. colegiado nº 13.256)

ANEJO 2. DATOS PLUVIOMÉTRICOS

Provincia: **Sevilla**
 Periodo: **1953/1985**

Estación: **BOLLULLOS DE LA MITACIÓN**
 Longitud: **06° 08' W** Latitud: **37° 20' N**

Indicativo: **5-819**
 Altitud: **91 m**

SERIE CRONOLÓGICA							
1953	52,1	1962	82,0	1970	68,5*	1978	38,2
1954	32,0	1963	72,5*	1971	34,0	1979	58,2
1955	71,0	1964	61,0*	1972	46,0	1980	34,6*
1956	32,0	1965	60,0*	1973	40,3	1981	33,0
1957	32,5	1966	47,0*	1974	29,5	1982	53,8
1958	67,5	1967	35,5	1975	41,0	1983	85,7
1959	45,0	1968	45,0	1976	64,0	1984	89,3
1960	84,0	1969	85,0	1977	49,0	1985	45,0*
1961	85,0						

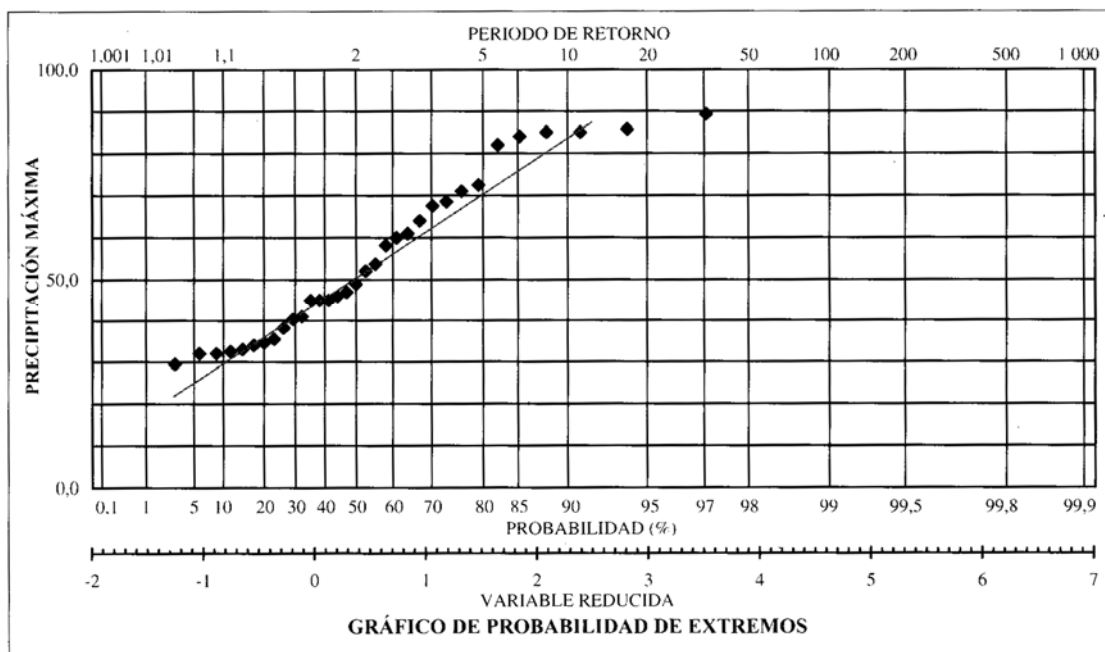
VALOR MÁXIMO: 89,3 (año 1984)

Coefficiente de correlación: 0,958

ESTADÍSTICOS DE LA SERIE	
Media:	54,6
Mediana:	49,0
Desviación típica:	19,1

La serie es homogénea según el test de secuencias, con un nivel de significación de: 0,1

VALORES EXTREMOS PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO				
Valor esperado (mm)	Periodo de retorno (años)	INTERVALO DE CONFIANZA (mm)		
		Nivel de confianza 95%	Nivel de confianza 90%	Nivel de confianza 80%
51,6	2	6,1	5,1	4,0
70,9	5	10,9	9,2	7,2
83,7	10	15,0	12,6	9,9
99,8	25	20,5	17,2	13,4
111,8	50	24,7	20,7	16,2
118,7	75	27,1	22,7	17,7
123,6	100	28,8	24,2	18,9
139,3	250	34,3	28,8	22,5
151,1	500	38,5	32,3	25,2



ANEJO 2.REPORTAJE FOTOGRÁFICO

FOTO 1



Vista del Paso sobre la A-474 del río Pudío

FOTO 2



Vista del Cauce de Río Pudío aguas arriba a su paso por el “Puente del Río Pudío” cordel de Triana a VillaManrique.

FOTO 3



Vista del Cauce de Río Pudío aguas abajo a su paso por el “Puente del Río Pudío” cordel de Triana a VillaManrique.

FOTO 4



Vista del Paso Nº 1 del Arroyo Sequillo, paso bajo la carretera A-474.

FOTO 5



Vista del Cauce de Arroyo Sequillo a su paso por la Sección S2.

FOTO 6



Vista del Paso N° 2 del Arroyo Sequillo.

FOTO 7



Vista del Cauce de Arroyo Sequillo aguas arriba del Paso N° 2.

FOTO 8



Vista del Cauce de Arroyo Almargen a su salida del entubamiento.

FOTO 9



Vista de las obras del nuevo tramo entubamiento del arroyo Almargen.

