



## ANEJO N° 5

Estudio hidrológico e  
hidráulico



## ESTADO DE LOS TRABAJOS

Versión	Fecha	Modificaciones
A	03/04/2014	
B	31/07/2014	Versión Proyecto Básico





## ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2 INFORMACIÓN DE PARTIDA.....</b>	<b>1</b>
<b>3 CARACTERIZACIÓN DE LOS CAUCES .....</b>	<b>2</b>
3.1 <i>DESCRIPCIÓN DE LOS RÍOS .....</i>	<i>2</i>
3.1.1    Río Chillar.....	2
3.1.2    Río Seco.....	3
3.2 <i>SECCIÓN HIDRÁULICA.....</i>	<i>5</i>
3.3 <i>CAUDALES.....</i>	<i>6</i>
3.4 <i>ZONAS INUNDABLES.....</i>	<i>6</i>
3.4.1    Zona inundable asociada al Río Chillar.....	7
3.4.2    Zona inundable asociada al Río Seco.....	8
<b>4 ESCORRENTÍA.....</b>	<b>10</b>
4.1 <i>PLUVIOMETRÍA.....</i>	<i>10</i>
4.2 <i>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....</i>	<i>12</i>
<b>5 CONCLUSIÓN.....</b>	<b>12</b>

### Apéndice 5.1.- Plano zonas inundables



## 1 INTRODUCCIÓN

El presente Anejo tiene por objeto la caracterización de los ríos que vierten sus aguas al borde costero objeto de actuación, así como la obtención de los parámetros de cálculo hidráulicos condicionantes del diseño.

Pertenecientes a la Cuenca Hidrográfica Mediterránea Andaluza, la zona objeto de Proyecto, tal y como se vio en el *Anejo 1.- Antecedentes*, es atravesada transversalmente por los ríos Chillar (que ejerce de límite oriental del tramo, entre el núcleo urbano de Nerja y el borde costero del Playazo) y Seco (presente en la región occidental, linde entre las parcelas agrarias y la urbanización Marinas de Nerja).

Estos ríos, junto con las pequeñas vaguadas existentes, son actualmente los responsables del drenaje natural de la zona, por lo que, el conocimiento de su configuración y régimen de funcionamiento hidrológico, se consideran condicionantes a tener en cuenta para un correcto diseño de la actuación a proyectar, respetuoso con el entorno fluvial y capaz de soportar episodios de avenida y de drenar la escorrentía superficial.

Los parámetros requeridos para el diseño son:

- Dimensionamiento de las pasarelas sobre los ríos:
  - Sección hidráulica (área de la sección transversal y altura de la lámina de agua)
  - Caudal de diseño
- Trazado del paseo marítimo:
  - Zonas inundables asociadas a los cauces
- Dimensionamiento de la red de drenaje del paseo:
  - Topografía del terreno
  - Datos pluviométricos
  - Coeficiente de escorrentía

## 2 INFORMACIÓN DE PARTIDA

El presente Anejo se redacta con base a los siguientes estudios y disposiciones:



- "Proyecto de adecuación medioambiental de las márgenes del Río Chillar en el T.M. de Nerja (Málaga)". 2003. Confederación Hidrográfica del Sur. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Ministerio de Medio Ambiente.
- "Estudio Hidráulico para la ordenación de las cuencas de la Costa del Sol oriental (Málaga)". 2005. Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. (Considerando sus correspondientes modificaciones)
- Estudio de Impacto Ambiental de la "Revisión Parcial del PGOU del municipio de Nerja. Zona de Dinamización Turística El Playazo." Octubre 2013. Sociedad de planificación y desarrollo, S.A. Departamento de Arquitectura y Urbanismo, Área de Planificación y Gestión Ambiental.
- "Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas." Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

### **3 CARACTERIZACIÓN DE LOS CAUCES**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS RÍOS**

##### **3.1.1 Río Chillar**

Este río nace a más de 1200 m, en la sierra de Almirajara, en el núcleo del Parque Natural Sierras de Tejeda, Almirajara y Alhama, al pie del monte Piedra Sellada. Recibe las descargas de la subunidad de La Almirajara. Aguas abajo, el río recibe aportaciones de la subunidad de



Las Alberquillas, básicamente a través de los manantiales Los Patos y Los Hoyos, a cotas comprendidas entre 360 y 220 m. A la altura de la central hidroeléctrica, el caudal de ambos manantiales es derivado, junto a los caudales turbinados, para su aprovechamiento en el abastecimiento al núcleo de Nerja, así como para el regadío de la comunidad de regantes de San Isidro.

Su recorrido transcurre casi íntegramente por un profundo desfiladero de mármoles dolomíticos, tiene una longitud de 10.6 km, y su desnivel medio es muy elevado (7.3%) por la cercanía de las montañas al mar Mediterráneo.

A diferencia de la mayoría de los ríos de la cuenca mediterránea andaluza, por las características de sus fuentes y los materiales kársticos del lugar, el río Chillar disfruta de un caudal muy constante a lo largo del año (caudal medio 0.24 m<sup>3</sup>/s), incluso durante períodos de sequía. Su principal afluente es el río Higuerón, al que se une cerca de su desembocadura en el mar Mediterráneo.

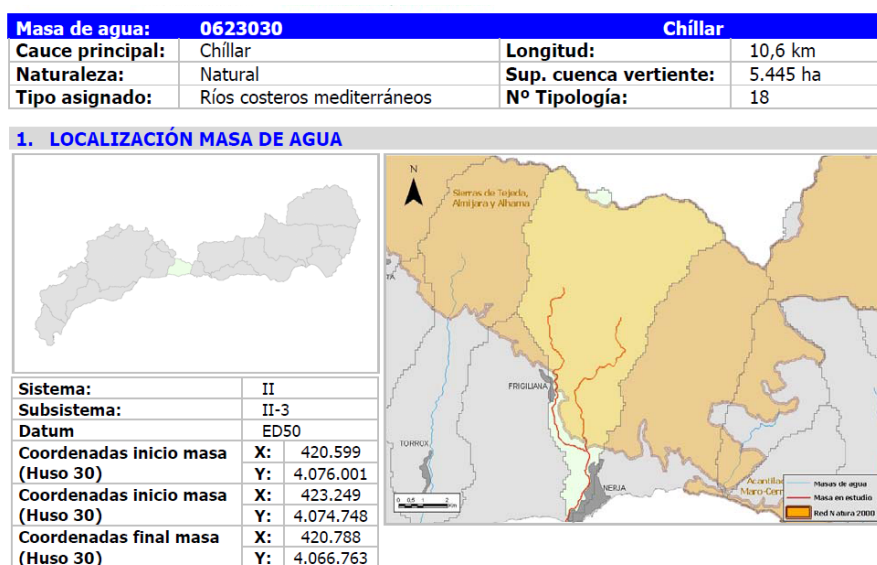


Figura 1. Ficha río Chillar. Fuente: Plan Hidrográfico de la Cuenca Mediterránea Andaluza.

### 3.1.2 Río Seco

Se trata de un pequeño arroyo no permanente que vierte directamente al mar. Su cauce tiene una dirección N-S y se encuentra profundamente clavado en el terreno en casi todo su recorrido. Emerge a la llanura creada por el valle del Chillar y en esa zona de pocos desniveles presenta problemas de desbordamiento. Este arroyo no se encuentra





actualmente encauzado y no consta dentro del Plan Hidrológico de la Cuenca Mediterránea Andaluza.

En el siguiente plano puede observarse el recorrido de los cauces descritos desde su nacimiento hasta su desembocadura en el tramo costero objeto de estudio (ver Figura 2).

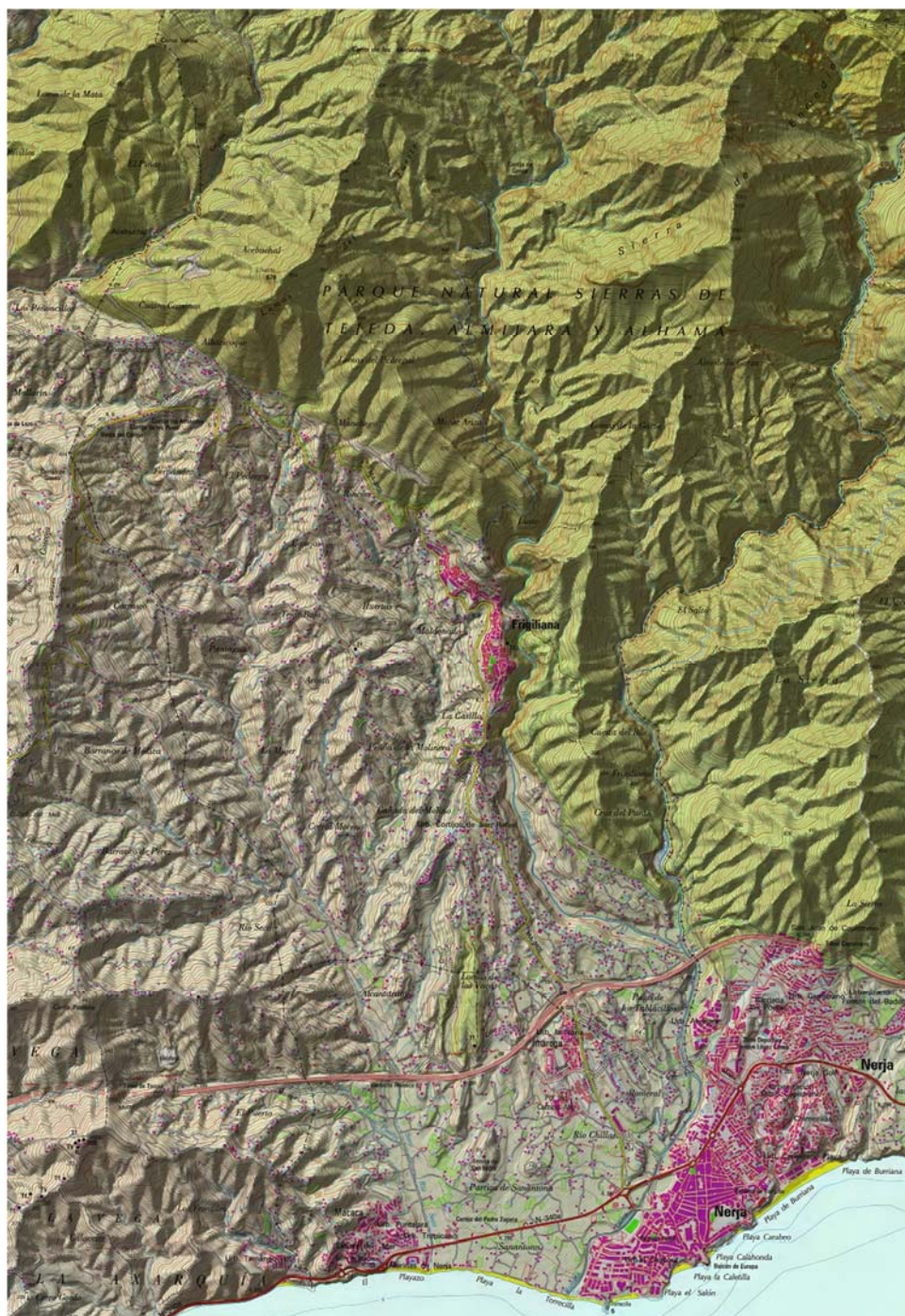


Figura 2. Plano cartográfico en que se observan los cauces de los ríos Seco y Chillar. Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento.



### 3.2 SECCIÓN HIDRÁULICA

Como parte de los trabajos de campo realizados con objeto del presente Proyecto, descritos en el *Anejo nº2 de Estudios previos*, se ha procedido al levantamiento topográfico de las desembocaduras de los ríos Chillar y Seco (Apéndice 2.1), a partir de los cuales se obtienen las secciones hidráulicas consideradas en el diseño de las pasarelas.

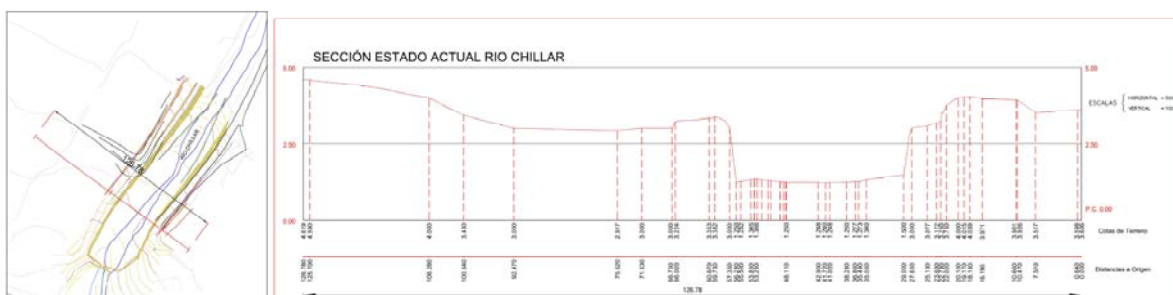


Figura 3. Sección hidráulica Río Chillar.

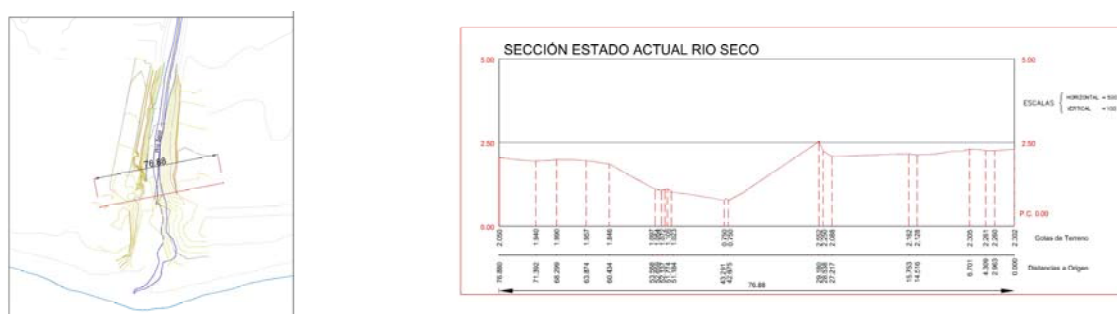


Figura 4. Sección hidráulica Río Seco.

Por su parte, la sección hidráulica adoptada como solución del "Proyecto de adecuación medioambiental de las márgenes del Río Chíllar en el T.M. de Nerja (Málaga)" (citado en el apartado 2 del presente documento) fue:

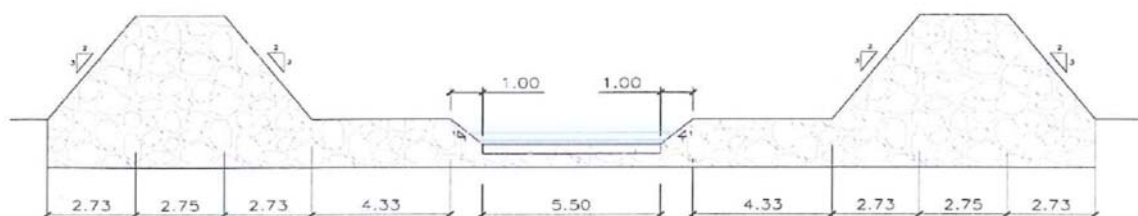


Figura 5. Sección hidráulica adecuación márgenes río Chillar.



### 3.3 CAUDALES

Los caudales de cálculo para el dimensionamiento de las pasarelas sobre los ríos Seco y Chillar han sido obtenidos de los Estudios Hidráulicos realizados anteriormente para la caracterización ("*Estudio Hidráulico para la ordenación de las cuencas de la Costa del Sol oriental (Málaga)*") y encauzamiento ("*Proyecto de adecuación medioambiental de las márgenes del Río Chillar en el T.M. de Nerja (Málaga)*") de los mismos, respectivamente, mostrados en la siguiente tabla:

Periodo de retorno, $T_R$ (años)	Q (m <sup>3</sup> /s) Río Seco	Q (m <sup>3</sup> /s) Río Chillar
5	188	83.71
10	247	124.48
25	298	196.57
50	356	259.62
100	383	323.25
200 - 250	442	399.84
500	485	504.17

Tabla 1. Caudales de desagüe de los ríos Seco y Chillar asociados a distintos periodos de retorno.

### 3.4 ZONAS INUNDABLES

Según el Reglamento de la Ley de Aguas (artículo 14), se consideran zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años ( $T_R=500$  años), atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas.

Para el análisis de las zonas inundables a los ríos Chillar y Seco se han consultado los estudios de inundación por desbordamiento fluvial llevados a cabo para estos cauces, cuyos resultados quedan recogidos en el "Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables" (SNCZI) del *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente* (ver plano de zonas inundables del *Apéndice 5.2*).



### 3.4.1 Zona inundable asociada al Río Chillar

En caso de avenida de periodo de retorno de 500 años y considerando el cauce del río Chillar en su estado natural, tal y como puede observarse en la Figura 6, los terrenos agrarios ubicados al W de su desembocadura quedarían anegados en una extensión aproximada de 350 m desde el cauce, inundando asimismo las viviendas del sector occidental del núcleo urbano de Nerja contiguas al río.

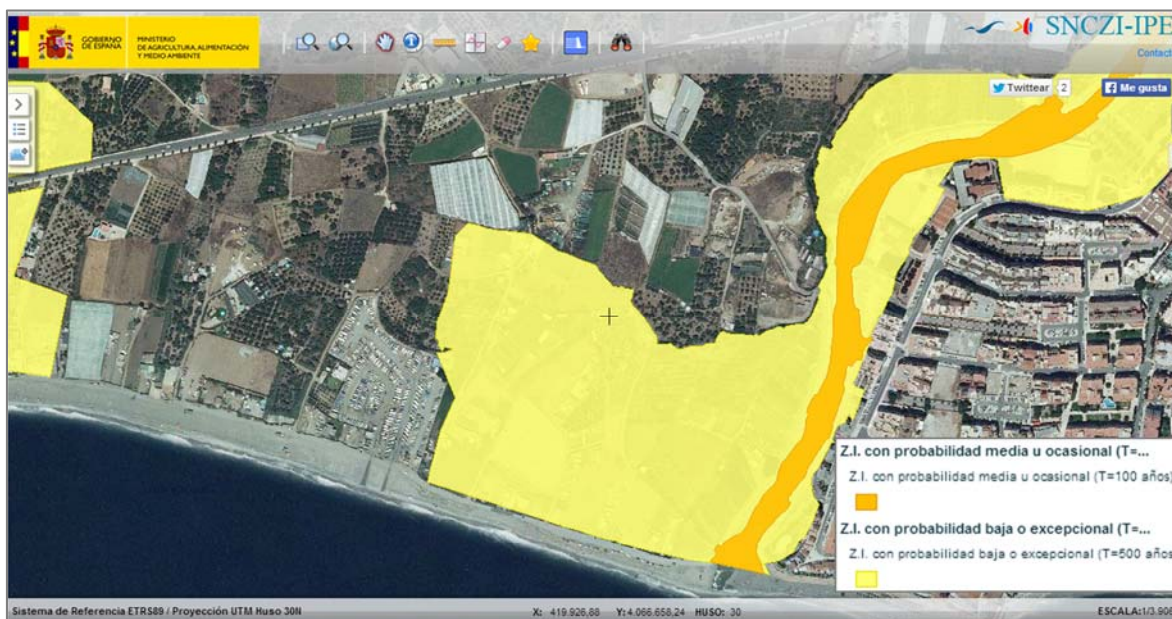


Figura 6. Zona Inundable Desembocadura del Río Chillar. Fuente: SNCZI.

Ante esta situación, y con miras a salvaguardar la integridad de los suelos urbanos colindantes al río Chillar, en 2008 se ejecutaron las obras de encauzamiento de este río, soslayando los problemas de desbordamiento asociados a las avenidas.



Figura 7. Fotografías de la desembocadura del río Chillar en episodio de avenida (izq.) y de las obras de encauzamiento de éste (dcha.).



### 3.4.2 Zona inundable asociada al Río Seco

Bajo la premisa anterior, una avenida de 500 años de periodo de retorno en el cauce del río Seco, conllevaría la inundación de las parcelas agrarias existentes al E del río en una extensión de unos 350 m desde su ribera, e inundaría las edificaciones que conforman la urbanización Marinas de Nerja ubicada en su margen derecha (véase Figura 8).

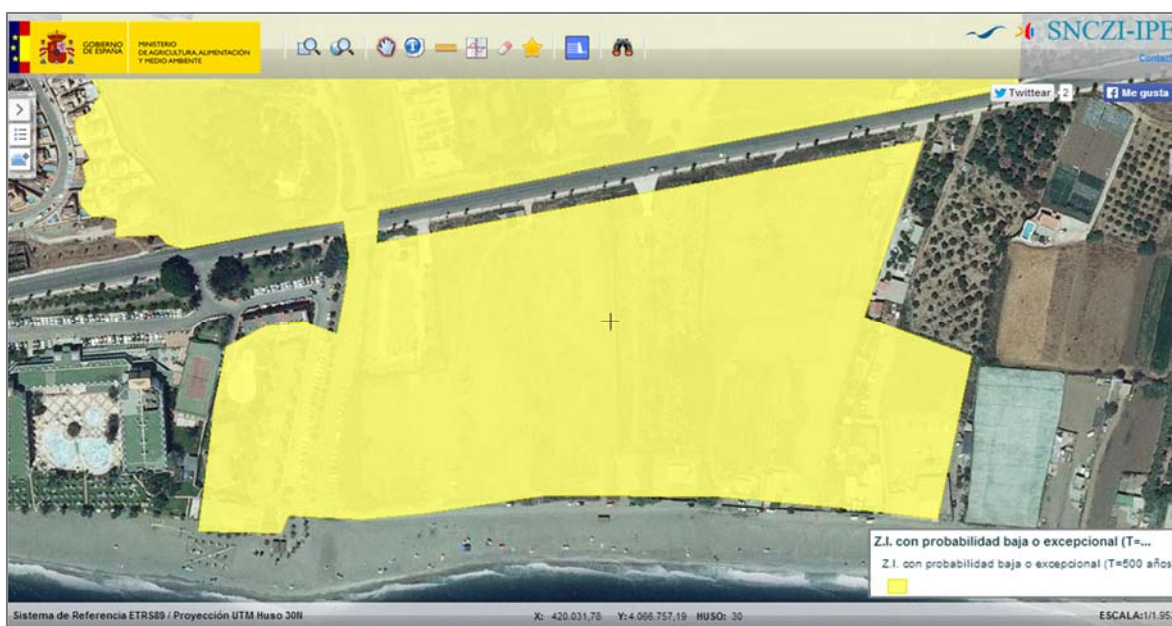


Figura 8. Zona inundable Desembocadura Río Seco. Fuente: SNCZI.

Este hecho lleva a la necesidad de que se tomen medidas homólogas a las del río Chillar para solucionar las grandes riadas puntuales con ocasión de lluvias torrenciales que experimenta el río Seco, cuyo cauce sigue siendo insuficiente para el desagüe de estas avenidas.

Además, la *Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio* de la *Junta de Andalucía* establece las siguientes limitaciones de uso impuestas a las zonas inundables:

- En los cauces de avenidas extraordinarias de 50 años de período de retorno no se permitirá edificación o instalación alguna, temporal o permanente. Excepcionalmente y por razones justificadas de interés público, se podrán autorizar instalaciones temporales.
- En los cauces de avenidas extraordinarias de períodos de retorno entre 50 y 100 años no se permitirá la instalación de industrias pesadas, contaminantes o con



riesgo inherente de accidentes graves. Además, en aquellos terrenos en los que el calado del agua sea superior a 0.5 metros tampoco se permitirá edificación o instalación alguna, temporal o permanente.

- Asimismo, en los cauces de avenidas extraordinarias de 100 años de periodo de retorno y donde, además, la velocidad del agua para dicha avenida sea superior a 0.5 metros por segundo se prohíbe la construcción de edificaciones, instalaciones, obras lineales o cualesquiera otras que constituyan un obstáculo significativo al flujo del agua. A tal efecto, se entiende como obstáculo significativo el que presenta un frente en sentido perpendicular a la corriente de más de 10 metros de anchura o cuando la relación anchura del obstáculo/anchura del cauce de avenida extraordinaria de 100 años de periodo de retorno es mayor a 0.2.
- En los cauces de avenidas extraordinarias de períodos de retorno entre 100 y 500 años no se permitirá las industrias contaminantes según la legislación vigente o con riesgo inherente de accidentes graves.
- Las autorizaciones de uso que puedan otorgarse dentro de zonas inundables estarán condicionadas a la previa ejecución de las medidas específicas de defensa contra las inundaciones que correspondieren.

Por lo que la actuación propuesta en el presente Proyecto de Sendero Litoral queda supeditada a la previa realización de los correspondientes trabajos de adecuación del cauce del río Seco, que le doten de la capacidad necesaria para el desalojo de dichas avenidas evitando la inundación de los terrenos colindantes cedidos para su incorporación al dominio público marítimo-terrestre. Se tiene así este hecho como condición sine qua non para el posible planteamiento de alternativas de paseo marítimo y acondicionamiento de la playa.

Por su parte, la Revisión del PGOU de Nerja, en cumplimiento del Plan de Ordenación del Territorio de la Costa del Sol Oriental-Axarquía (POTAX), incluye dentro de la categoría de "Espacio Libre Público" la banda de terrenos de anchura mínima de 40 m en la mayoría de su límite o borde, medidos desde Dominio Público Hidráulico del Río Seco, y propone la conformación en él de un parque fluvial que actúe como corredor ecológico de conexión



entre las zonas interiores del municipio y la costa, al mismo que servir como itinerario peatonal de acceso a las playas. Complementariamente, el Plan establece para el cauce del río Seco los criterios y medidas necesarios para la prevención del riesgo de avenidas mediante la propuesta de obras de acondicionamiento, defensa y encauzamiento a cielo abierto de los mismos, con diseño adaptado al paisaje y garantizando la capacidad de evacuación de los cauces, de modo similar a las ejecutadas por la Agencia Andaluza del Agua para el tramo urbano del río Chillar.

## **4 ESCORRENTÍA**

La capacidad drenante que habrá de tener la actuación va a depender de la escorrentía superficial generada como consecuencia de eventos extremos de lluvia y las características de infiltración de los terrenos.

Los datos pluviométricos y los coeficientes de escorrentía calculados para distintos periodos de retorno han sido obtenidos del *"Proyecto de adecuación medioambiental de las márgenes del Río Chillar en el T.M. de Nerja (Málaga)"*.

### **4.1 PLUVIOMETRÍA**

De las 4 estaciones pluviométricas de la red de medida de la Confederación Hidrográfica del Sur presentes en las inmediaciones de la zona de estudio, las más idóneas por su proximidad y representatividad son las estaciones "E-6182. Torrox" y "E-6137. Nerja", cuyos datos de máximas precipitaciones diarias quedan recogidos en la Tabla 2 mostrada a continuación.



	Estación: 6098 Salobreña (Vega del Guadalfeo)	Estación: 6014 Algarrobo	Estación: 6182 Torrox.	Estación: 6137 Nerja.
	X 449164	X 407260	X 415176	X 421860
	Y 4067203	Y 415176	Y 4068551	Y 4067255
	Altitud: 55 Mts.	Altitud: 86 Mts.	Altitud: 145 Mts.	Altitud: 21 Mts.
1979-80	37,1	53,7	64,5	32
1980-81	43,6	57	73	7
1981-82	38	45	44,5	
1982-83	80	109,6	105	87
1983-84	25,5	42,5	55	43,5
1984-85	31	33	36	33,7
1985-86	51	27,2	32	30,7
1986-87	63	72,5	84	63
1987-88	28,5	57	37	30
1988-89	45	89	53,5	54
1989-90	38	86,5	93	66,5
1990-91	34	80	52	65,5
1991-92	46	36,6	55	33,6
1992-93	21	44,5	48	50
1993-94	60,5	66,5	56	52
1994-95	34,5	27	36	37,5
1995-96	65,5	78	66	86,5
1996-97	100	66,5	84	56
1997-98	34	60,1	71	49
1998-99	37	42,5	30	46
1999-00	63	70	62	56

Tabla 2. Series de precipitaciones máximas en un día, Pd (l/m<sup>2</sup>). Fuente: Proyecto de adecuación medioambiental de las márgenes del río Chillar en el T.M. de Nerja (Málaga).

A partir de estos datos se calcularon los valores de precipitación máxima asociada a distintos periodos de retorno mediante el ajuste de los datos a las funciones de distribución Gumbel y SQRT-ET, obteniéndose un mejor ajuste para la segunda, cuya expresión es:

$$F(x) = \text{Prob}(X < x) = \exp(-k(1 + \sqrt{\alpha X}) \exp(-\sqrt{\alpha X})) \quad (1)$$

Donde k y α son los parámetros de ajuste de la distribución que dependen de la media y la desviación típica.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO EN LAS ESTACIONES SELECCIONADAS									
AJUSTE POR LA LEY DE DISTRIBUCIÓN SQRT-ET máx.									
ESTACIONES		PERIODOS DE RETORNO							
CÓDIGO	NOMBRE	2	5	10	25	50	100	200	500
6182	Torrox	54,197	74,726	89,902	110,644	127,469	144,340	162,941	181,755
6137	Nerja	45,399	73,613	95,377	126,199	151,335	175,510	204,200	242,407

Tabla 3. Precipitaciones máximas asociadas a distintos periodos de retorno (Tr) considerados.





## 4.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía (C) define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, dependiente de la razón entre la precipitación diaria (Pd) correspondiente al periodo y el umbral de escorrentía (Po) a partir del cual se inicia ésta, que a su vez depende de las características del terreno.

Los datos de este coeficiente considerados en el diseño del encauzamiento del río Chillar fueron:

$T_R$ (años)	Pd (mm)	Po (mm)	C
2	46.80	15	0.278
5	67.49		0.401
10	84.12		0.478
25	110.67		0.574
50	132.35		0.634
100	153.43		0.680
200	178.16		0.725
500	211.19		0.771

Tabla 4. Coeficientes de escorrentía para los distintos periodos de retorno considerados.

## 5 CONCLUSIÓN

Finalmente, se establecen como criterios de diseño derivados de los agentes hidrológicos e hidráulicos del borde costero del Playazo, los siguientes:

- **Dimensionamiento del puente:**
  - Parámetros obtenidos de la sección hidráulica



Figura 9. Croquis sección hidráulica Río Chillar. Cotas en metros sobre el NMMA.



Río	Área sección transversal, S (m <sup>2</sup> )	Altura lámina de agua, calado (m)	Luz (m)
Chillar	51.625	1.75	32

▪ Caudal de diseño

Periodo de retorno, T <sub>R</sub> (años)	Q (m <sup>3</sup> /s) Río Seco	Q (m <sup>3</sup> /s) Río Chillar
100	383	323.25

■ **Trazado del paseo marítimo:**

Se mantendrá como zona libre de obstáculos la franja de 40 m medida desde el dominio público hidráulico del río Seco, en la mayoría de su límite o borde.

■ **Dimensionamiento de la red de drenaje del paseo:**

T <sub>R</sub> (años)	Precipitación, Pd (mm)	Umbral de escorrentía, Po (mm)	Coefficiente de escorrentía, C
100	153.43	15	0.680

