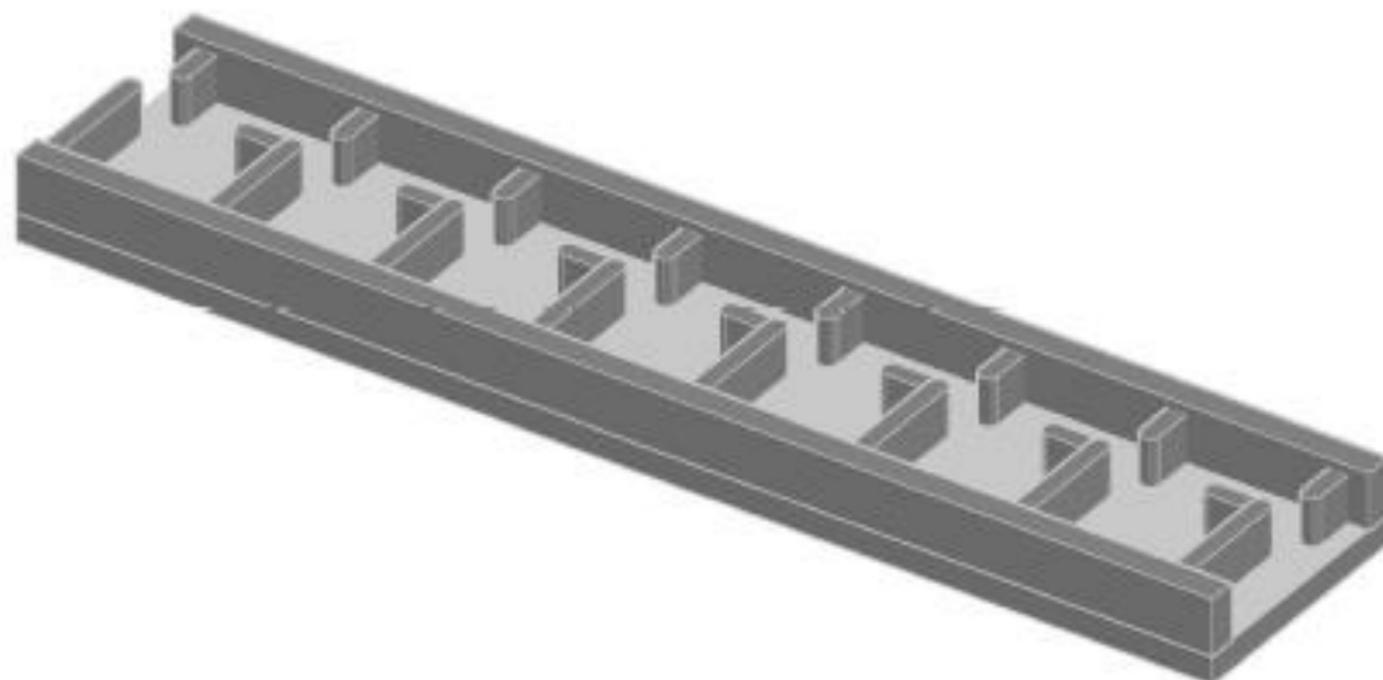


## Trabajo final de grado

# ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA ESCALA DE PECES EN EL AZUD DE RIBARROJA, TM DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

*Valencia, junio de 2017*



TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Civil  
Curso: 2016/17

AUTOR:  
Helena Carla Yarritu Sánchez

TUTOR:  
Abel Solera Solera



## ÍNDICE GENERAL

**DOCUMENTO N.º 1: MEMORIA**

**DOCUMENTO N.º 2: PLANOS**

**ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA ESCALA DE PECES EN EL AZUD DE RIBARROJA,  
TM DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)**

---

**DOCUMENTO N.º 1**

---

AUTOR:  
Helena Carla Yarritu Sánchez

TUTOR:  
Abel Solera Solera





## **DOCUMENTO N.º 1: MEMORIA**

### **ÍNDICE**

#### **MEMORIA**

#### **ANEJOS**

- 1. ESTUDIO DE SOLUCIONES**
- 2. ESTUDIO DEL SUELO**
- 3. ESTUDIO CONSTRUCTIVO**
- 4. PRESUPUESTO ESTIMADO**

**ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA ESCALA DE PECES EN EL AZUD DE RIBARROJA,  
TM DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)**

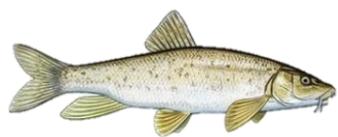
---

**MEMORIA**

---

AUTOR:  
Helena Carla Yarritu Sánchez

TUTOR:  
Abel Solera Solera





## MEMORIA

### ÍNDICE

MEMORIA.....	1
1. Presentación de la zona de estudio.....	3
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Limitaciones y condicionantes.....	4
1.2.1. Régimen de caudales .....	4
1.2.2. Dimensiones del Azud .....	5
1.2.3. Climatología .....	6
1.2.4. Estudio del suelo.....	6
1.3. Normativa .....	7
2. Ictiofauna .....	8
3. Antecedentes.....	10
4. Estudio de soluciones .....	12
5. Unidades de obra.....	15
6. Época de ejecución.....	15
7. Planificación de la ejecución de la obra .....	16
8. Presupuesto estimado .....	16
9. Bibliografía .....	17



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Localización del TM de Villamarchante.....	3
Ilustración 2: Cisterna de Villamarchante (izquierda) y la Iglesia de Santa Catalina (derecha) en Villamarchante.....	3
Ilustración 3: Croquis de la planta del azud .....	5
Ilustración 4: Croquis de la sección del azud en margen derecho (datos en metros) .....	5
Ilustración 5: Croquis del alzado del azud de Ribarroja .....	5
Ilustración 6: Corte AA' del alzado.....	6
Ilustración 7: Mapa cartográfico geológico (izquierda) y mapa geográfico (derecha).....	7
Ilustración 8: Detalle del mapa geotécnico de España.....	7
Ilustración 9: Leyenda del mapa geotécnico de España.....	7
Ilustración 10: Localización de la Madrija "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España" .....	8
Ilustración 11: Localización del Cacho "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España" .....	8
Ilustración 12: Localización de la Colmilleja "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España" .....	8
Ilustración 13: Localización del Barbo mediterráneo "Atlas y libro rojo de los peces continentales en España" .....	9
Ilustración 14: Localización de la Carpa "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España" .....	9
Ilustración 15: Localización de la trucha arco-iris "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España" .....	9
Ilustración 16: Localización de la Gambusia "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España" .....	10
Ilustración 17: Prepresas.....	11
Ilustración 18: Ralentizadores tipo Denil y Alaska .....	11
Ilustración 19: Ascensor para peces.....	11
Ilustración 20: Distintos diseños de escalas de hendidura vertical. ....	12
Ilustración 21: Flujo hundido (Circular) .....	13
Ilustración 22: Flujo de superficie .....	13
Ilustración 23: Detalle de los deflectores (cotas en metros).....	14
Ilustración 24: Sección transversal .....	14
Ilustración 25: Ataguía .....	14
Ilustración 26: Detalle entrada y ranura para la ataguía.....	15
Ilustración 27: Situación de la escala en el azud.....	15

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caudales medios diarios anuales de Bugarra .....	4
Tabla 2: Media total de los caudales medios diarios anuales desde el 2008 al 2014 de Bugarra .....	4
Tabla 3: Caudales medios diarios anuales de La Presa .....	4
Tabla 4: Media total de los caudales medios diarios anuales desde el 2007 al 2014 de La Presa .....	4
Tabla 5: Temperatura media mensual del municipio de Villamarchante .....	6
Tabla 6: Precipitaciones medias mensuales del municipio de Villamarchante .....	6
Tabla 7: Dimensionamiento para $Q_r=6\text{m}^3/\text{s}$ .....	13
Tabla 8: Dimensionamiento de la escala de hendidura vertical .....	14
Tabla 9: Presupuesto estimado resumido.....	16

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Caudal medio diario en Bugarra (año 2013-14).....	4
Gráfica 2: Caudal medio en La Presa (año 2013-14) .....	5
Gráfica 3: Precipitación y Temperatura en Villamarchante.....	6
Gráfica 4: Precipitación y Temperatura en Villamarchante.....	16

## 1. PRESENTACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente proyecto se localiza en el término municipal de Villamarchante, concretamente en las coordenadas UTM (m): (702315,62; 4385116,58). Aquí se encuentra el azud de Riba-roja, oficialmente llamado azud de Lorca y localmente conocido por el nombre de “El Piano”, debido a que dispone de un cuenco amortiguador de dientes o dados. Este diseño, probablemente fue elegido por el proyectista por su gran efectividad con caudales discretos.



Ilustración 1: Localización del TM de Villamarchante

El azud tiene una longitud de 137.13m, y su sección se divide en dos tramos con diferente pendiente. El primero, aguas arriba, con una pendiente del 2.88%, y el segundo con 42.86%, tramo que da problemas para el remonte del río por parte de las especies migratorias. Los dientes tienen unas dimensiones de 1m de ancho, aproximadamente 4m de largo y 0.4 m de alto. Se puede concluir por tanto que el azud dispone de un ancho, contando con los dientes, de 11.30 metros. Se considera importante mencionar un pequeño resalto aguas abajo de los dados disipadores de energía que, cuando lleva mucho caudal el río es superable, pero se desconoce si lo es en época de pocos caudales. Este resalto es la continuación del cuenco amortiguador del azud.

Se desconoce el año de construcción del azud, pero sí se conoce que, a fecha de 1887, cuando se creó la comunidad de regantes de Lorca, el azud ya existía, lo que nos hace estimar una edad de más de un siglo.

Villamarchante pertenece a la comarca del *Camp de Turia*. Esta comarca la forman dieciséis municipios: Benaguasil, Benisanó, Bétera, Casinos, L'Eliana, Gátova, Loriguilla, Lliria, Marines, Náquera, Olocau, La Pobra de Vallbona, Riba-roja de Túria, Serra, San Antonio de Benagéber y

Villamarchante. En todos ellos hay una fuerte cultura agropecuaria y en la gran mayoría constituye la base de la economía municipal. Como consecuencia existen numerosos azudes de derivación para riego durante toda la comarca.

Centrándose en el municipio de Villamarchante, en el cual se situará nuestra escala, la economía está basada en agricultura de secano, compuesta por olivos, almendros y frutales; y de regadío como son naranjos, mandarinos y hortalizas (sandía, cebolla, coliflor y otras). Pero también dispone de algunas granjas avícolas y de ganado porcino. Esta población asimismo tiene una zona industrial que cuenta con industria cerámica, de construcción, de conservas vegetales, pirotecnia y elementos electrónicos.

Villamarchante tiene una superficie de 71.1 km<sup>2</sup> y 9208 habitantes según el censo realizado en 2005. Se encuentra a una altitud de 160 msnm y a 25 km de la ciudad de Valencia.

En esta población existe un gran patrimonio histórico y artístico, fruto del paso de diferentes pueblos. Las referencias más antiguas halladas datan de la Edad de Bronce, seguidamente existen yacimientos arqueológicos de la época romana (acueducto en el barranco de la Moxolina, restos de los muros de una villa, así como fragmentos de pavimento de ladrillos romboidales). Durante la época musulmana, siglo XV, el municipio extendió sus tierras, perfeccionó la red de acequias y construyó una cisterna (de ambos quedan restos arqueológicos); así como mejoró las técnicas de regadío que iniciaron los romanos e introdujeron nuevos cultivos (naranja y arroz). A lo largo del siglo XVI coexisten en Villamarchante dos culturas: la musulmana y la cristiana, predominando la primera. Pero tras la expulsión de los moriscos todas las poblaciones del *Camp de Turia* quedaron prácticamente desiertas. A finales del siglo XVII comienza a recuperarse la población gracias a la expansión agrícola, no obstante, estuvo limitada por la alta mortalidad ocasionada por las fiebres endémicas propias de la zona. Finalmente, en el siglo XIX encontramos una iglesia edificada sobre la antigua mezquita. Es la *iglesia de Santa Catalina*, imitación de la *iglesia de los Jesuitas* en Valencia. De este siglo en adelante toma importancia la agricultura de regadío sobre la de secano, provocando la aparición de gran cantidad de azudes de derivación que rompen la continuidad longitudinal del río y que nos lleva, hoy día, a la búsqueda de soluciones como la construcción de escalas de peces, para restablecer la continuidad arrebatada siglos antes a las especies migratorias del río.



Ilustración 2: Cisterna de Villamarchante (izquierda) y la Iglesia de Santa Catalina (derecha) en Villamarchante



### 1.1. Objetivos

El diseño de una escala de peces en el tramo del río Turia, que abarca la zona entre la altura del barranco de Teulada hasta el arroyo de Granolera, tiene como objetivo principal devolver al río su continuidad longitudinal. Con ello se pretende dar a conocer la problemática que ha creado, en el ciclo de vida de las distintas especies de río, la construcción de obstáculos transversales a lo largo de este. Dichos obstáculos impiden la migración de las especies hacia el nacimiento del río en busca de una zona óptima para desovar.

Este proyecto solo solventará la problemática en parte de dicho tramo del río, pues como se ha comentado al inicio, el río Turia se encuentra altamente ocupado por estructuras transversales que impiden la continuidad longitudinal, y la escala objeto de nuestro estudio conseguirá la permeabilidad, solamente, del azud de Ribarroja, no del tramo completo del río.

### 1.2. Limitaciones y condicionantes

Las limitaciones y condicionantes que pueden afectar a nuestro diseño son, básicamente, las relacionadas con las características de los peces migratorios que emplearán la escala. Así pues, el régimen de caudales del río, las dimensiones del azud, el terreno de cimentación y la climatología de la zona también desempeñarán un papel condicionante muy importante.

Las características de la ictiofauna se comentarán en el punto 2 de este documento, en cuanto al resto de puntos comentados se tratarán a continuación.

#### 1.2.1. Régimen de caudales

Para saber el régimen de caudales del río Turia se han estudiado los datos de caudal medio diario anual de las estaciones de Bugarra y La Presa, pues son las estaciones más cercanas de aguas arriba y abajo, respectivamente, de nuestro tramo. Los datos más relevantes son los referidos a los caudales mínimos y máximos. Por ello, se ha realizado un estudio de los mismos desde el 2007 hasta el 2014 obteniendo las medias por año y posteriormente la media total, como se puede observar en las siguientes tablas:

		BUGARRA								
		De 2007-2014	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Q mín diario anual		1.555	1.986	2.072	1.898	2.146	2.125	2.072	1.555	m <sup>3</sup> /s
Q máx diario anual		25.851	7.765	8.94	25.851	10.275	8.755	8.982	6.975	m <sup>3</sup> /s

Tabla 1: Caudales medios diarios anuales de Bugarra

Media de Q mín. anual	1.97	m <sup>3</sup> /s
Media de Q máx. anual	10.02	m <sup>3</sup> /s

Tabla 2: Media total de los caudales medios diarios anuales desde el 2008 al 2014 de Bugarra

		LA PRESA									
		De 2007-2014	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Q mín. diario anual		1.028	1.992	1.028	2.204	3.053	2.957	1.883	1.568	2.191	m <sup>3</sup> /s
Q máx. diario anual		33.642	11.5	16.967	14.741	33.642	13.951	18.56	10.95	9.113	m <sup>3</sup> /s

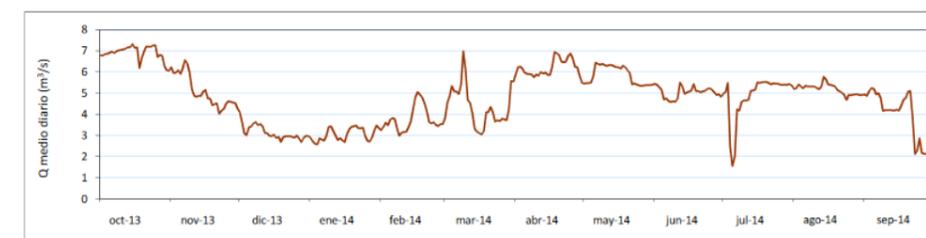
Tabla 3: Caudales medios diarios anuales de La Presa

Media de Q mín. anual	2.01	m <sup>3</sup> /s
Media de Q máx. anual	14.95	m <sup>3</sup> /s

Tabla 4: Media total de los caudales medios diarios anuales desde el 2007 al 2014 de La Presa

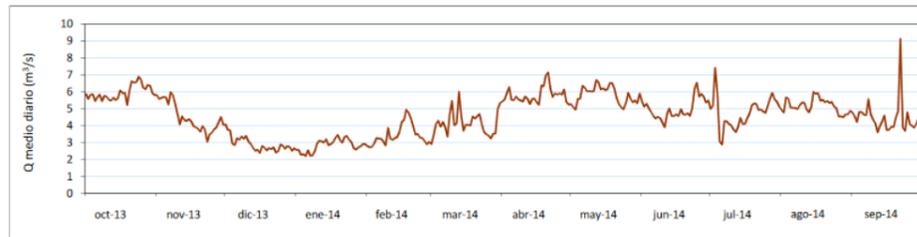
Asimismo, las siguientes gráficas muestran los caudales medios diarios del último año del que se disponen datos; desde octubre de 2013 a septiembre de 2014.

Bugarra:



Gráfica 1: Caudal medio diario en Bugarra (año 2013-14)

La Presa:



Gráfica 2: Caudal medio en La Presa (año 2013-14)

Con estos datos se puede interpretar que, aproximadamente, nuestro azud dispondrá de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  como mínimo y de  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  como máximo en condiciones normales.

Se han obtenido también los valores históricos desde el 2007, hallando en el azud de Bugarra un valor mínimo de  $1.55 \text{ m}^3/\text{s}$  y en La Presa  $1.028 \text{ m}^3/\text{s}$ . En cuanto a los máximos encontramos  $25.85 \text{ m}^3/\text{s}$  en Bugarra y  $33.64 \text{ m}^3/\text{s}$  en La Presa.

Durante el mes de mayo se han realizado distintas visitas de campo, observando un caudal de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  en todas las ocasiones. Este caudal es el más común en la época de freza de los peces, por lo que será el dato base para nuestros cálculos de la escala. Con dicho caudal y una longitud vertiente de 60m, se tiene una altura de lámina libre sobre el azud de 10 cm.

### 1.2.2. Dimensiones del Azud

Por lo que respecta a las dimensiones del azud, se ha realizado un croquis del alzado, la planta y el perfil que a continuación mostramos y que se añadirá más detalladamente en el Documento N.º 2: Planos.

Como se observa en el croquis de la *ilustración 4*, se trata de un azud de planta curva de 138 metros de recorrido y con un ancho de 7.3 metros. Consta de 63 dados disipadores de energía con unas dimensiones de  $4 \times 1 \times 0.4$  metros de largo, ancho y alto respectivamente. Estos dados se encuentran sobre un cuenco, también de planta curva, que mide 120 metros de recorrido y su ancho varía entre 18 y 6 metros.

La funcionalidad del azud es derivar parte del caudal a una acequia de riego, la cual se encuentra en servicio desde 1800. Esta acequia se encuentra en el margen izquierdo del río y el estado de las compuertas de desagüe es caótico, ya que son de madera y están repletas de filtraciones. Además, el mecanismo que las controla es antiguo, de acero, y parece no estar en condiciones de uso. A pesar de la apariencia, las compuertas son empleadas cada cierto tiempo para limpiar el fondo del canal de derivación. Al lado de las mismas encontramos la caseta de control, detallada también en el croquis (*ilustración 4*).

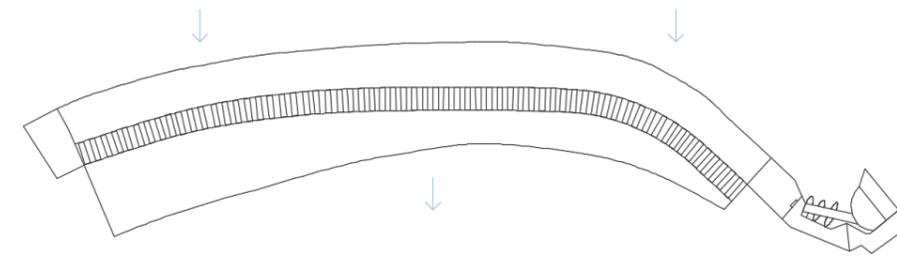


Ilustración 3: Croquis de la planta del azud

El labio del aliviadero no vierte en toda su longitud, sino que emplea 60 metros del labio. Esto es debido al caudal empleado para riegos, a que la longitud del aliviadero se dimensiona para que en caso de avenida sea suficiente para desaguar todo el caudal proveniente del río, lo que conlleva a que, en condiciones normales, no emplee la totalidad de su longitud de vertido; y, en una pequeña proporción, al caudal desaprovechado que el canal expulsa por las fisuras de las compuertas de limpieza.

En lo que respecta a la sección, dispone de dos pendientes diferentes. Desde aguas arriba tenemos una pendiente del 2.88% continuada por una pendiente bastante pronunciada del 42.86%. Esta última es la que causa problemas, junto a los dados, en el ascenso de la ictiofauna migratoria.

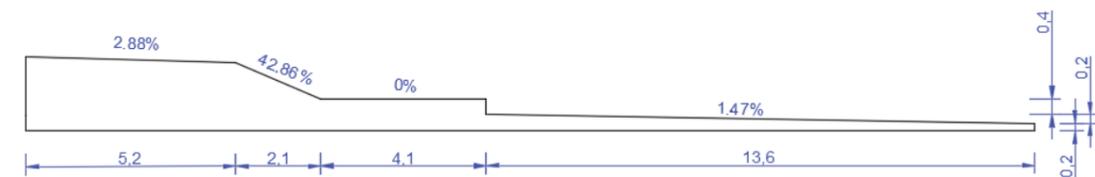


Ilustración 4: Croquis de la sección del azud en margen derecho (datos en metros)

A continuación de los datos se encuentra el cuenco amortiguador con una pendiente muy baja, del 1.47%. Este cuenco amortiguador ha creado una socavación en el lecho del río que provoca un pequeño resalto hidráulico. En época de migración el resalto se encuentra con abundante agua, suficiente para ser remontado por los peces, lo cual no nos preocupa en exceso; pero, aun así, se tendrá en cuenta a la hora del diseño por si fuera necesario alargar la escala hasta dicho punto.

El azud de Ribarroja tiene una altura total de 1.85 metros, de los cuales se encuentran aterrados en su gran mayoría, dejando únicamente un espacio libre de nado de 15 cm aguas arriba, aumentando la profundidad a medida que se aleja del azud.

Finalmente, mostrar el aspecto del alzado:



Ilustración 5: Croquis del alzado del azud de Ribarroja

Para poder observar mejor el croquis se expone el corte AA' definido en la *ilustración 7*.

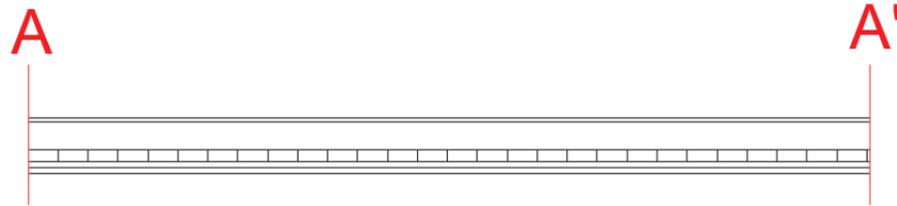


Ilustración 6: Corte AA' del alzado

Aquí se puede observar, más en detalle, el cuenco amortiguador en la parte inferior, los dados en la parte intermedia, y el aliviadero en la parte superior del croquis.

### 1.2.3. Climatología

Valencia posee uno de los climas más benignos de Europa. Se caracteriza por un clima suave, típicamente mediterráneo, con una temperatura media anual sobre los 17.8°C. Los veranos son cálidos y los inviernos muy moderados.

A pesar del pequeño tamaño del territorio valenciano en comparación con la península ibérica, se pueden encontrar zonas con características climáticas tan diferenciadas que se pueden clasificar. Esto es debido a que los desniveles orográficos y la compartimentación del relieve, la orientación del relieve y de la costa, la posición de la región en la parte oriental de la península ibérica y en la vertiente descendente de la meseta, así como los rebordes montañosos que la encuadran y, finalmente, la presencia del Mediterráneo como fuente de humedad y agente termoneivelador, crean zonas con características climáticas diferentes. En el presente documento se seguirá la clasificación publicada por el *Atlas climático de la Comunidad Valenciana*, el cual establece 8 zonas dentro de nuestro territorio, de A - H, y nuestro azud se encuentra en la zona D.

La zona D es una franja de transición. Por su situación, tiene características de los sectores vecinos. Al alejarse del mar mediterráneo disminuye la sequía estival por el aumento de las tormentas. Las temperaturas medias disminuyen respecto de las de la costa, pero aumenta la oscilación térmica. Los totales pluviométricos anuales oscilan sobre los 550mm de promedio. Aun así, dentro de esta misma zona, existe una heterogeneidad, sobre todo marcado en la pluviometría.

Con todo ello, extraemos los datos de la temperatura media anual y mensual de Villamarchante. Estos son los detallados en la *tabla 5*.

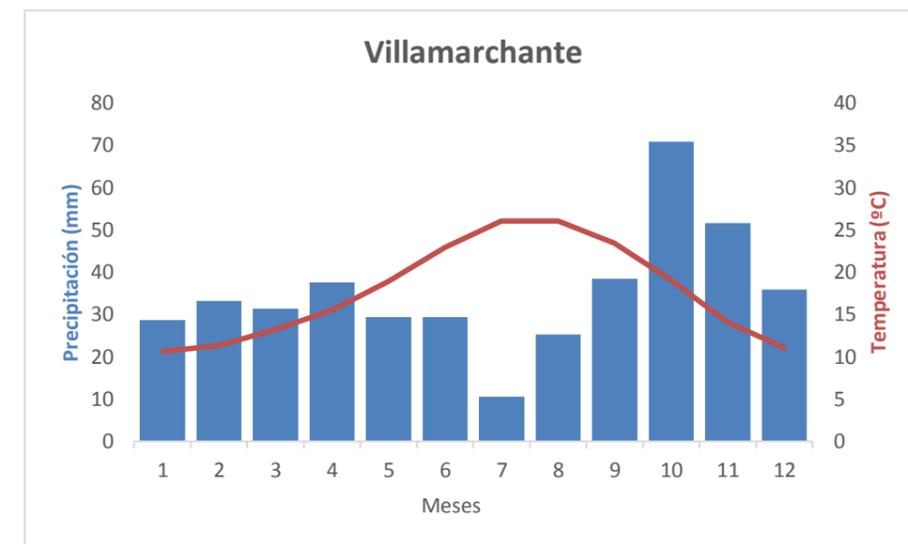
Temperatura media mensual (°C)												MEDIA ANUAL
EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
10,6	11,3	13,2	15,5	18,9	22,9	26,0	26,0	23,4	19,0	14,1	11,0	17,65

Tabla 5: Temperatura media mensual del municipio de Villamarchante

En cuanto a los valores de precipitación, como se ha comentado son muy variables en toda la zona D, por lo que también hemos extraído los datos concretos de nuestra zona, obteniendo los datos expresados en la *tabla 6*.

Precipitaciones medias mensuales (mm)												TOTAL ANUAL
EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
28,6	33,1	31,4	37,6	29,4	29,3	10,5	25,2	38,4	70,8	51,5	35,9	421,9

Tabla 6: Precipitaciones medias mensuales del municipio de Villamarchante



Gráfica 3: Precipitación y Temperatura en Villamarchante

Además, si seguimos los pasos que nos indica el *Atlas climatológico de la península ibérica*, empleando los datos extraídos anteriormente, podemos afirmar que el clima de nuestra zona es un clima seco estepa fría (Tipo BSk).

Con toda la información de precipitación y de temperatura se podrá realizar un diseño más adecuado a las condiciones reales y, por tanto, más duradero.

### 1.2.4. Estudio del suelo

El azud de Ribarroja, como todo azud, se encuentra sobre un terreno fluvial, concretamente lidia con tres tipos de terreno. El primero es un terreno aluvial de arenas y cantos redondeados sobre el que está cimentado el azud y en el que se encuentra el estribo izquierdo. Otro de terrazas (arenas, limos y cantos), en el cual se encuentra el estribo derecho; y un tercero, un

poco más alejado, de limos de vertiente (limos carbonatados con cantos angulosos). Todo ello se puede observar en el siguiente mapa (*ilustración 5*), seguida de la leyenda y del mapa geográfico para situarnos (*ilustración 6*). La localización del azud se encuentra señalada por el círculo de color azul.

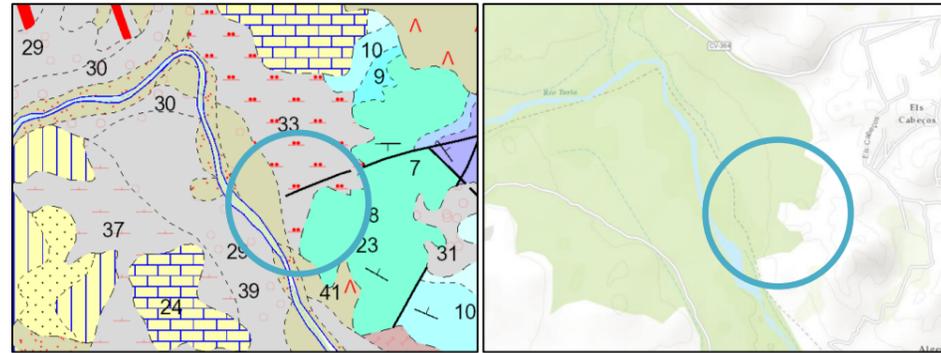


Ilustración 7: Mapa cartográfico geológico (izquierda) y mapa geográfico (derecha)

**Leyenda:**

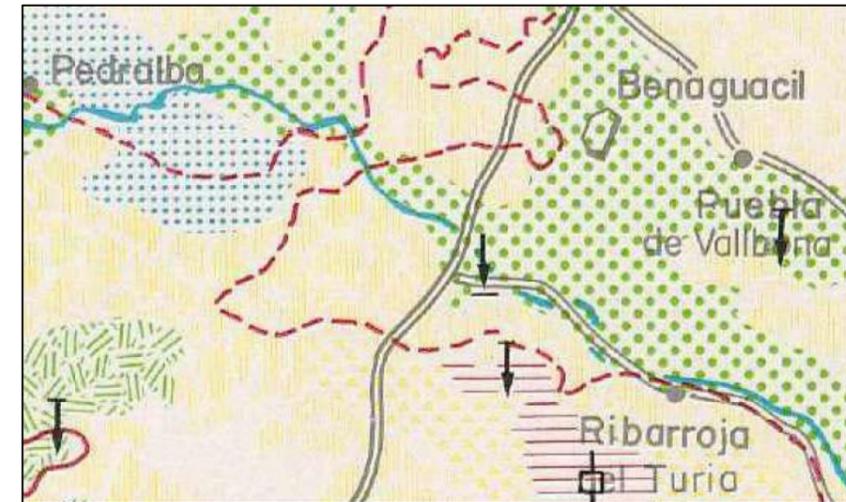
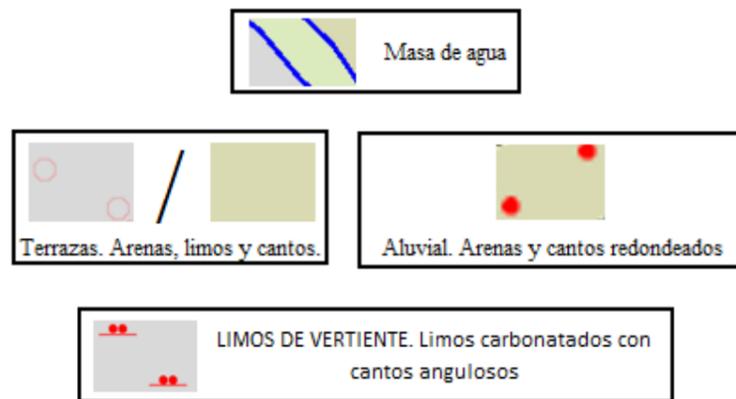


Ilustración 8: Detalle del mapa geotécnico de España

LEYENDA				
CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY FAVORABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS FAVORABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES
Problemas puntuales de tipo Litológico e Hidrológico	Problemas de tipo litológico e hidrológico.	Problemas de tipo geomorfológico.	Problemas de tipo geotécnico.	Problemas de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico.
	Problemas de tipo litológico y geomorfológico.	Problemas de tipo geotécnico.	Problemas de tipo geotécnico.	
	Problemas de tipo geomorfológico.	Problemas de tipo litológico y geomorfológico.	Problemas de tipo geotécnico y geomorfológico.	
	Problemas de tipo litológico.	Problemas de tipo litológico y geotécnico.		
	Problemas de tipo geotécnico.	Problemas de tipo hidrológico y geotécnico.		

Ilustración 9: Leyenda del mapa geotécnico de España

A pesar de los problemas de tipo geotécnico que pueda tener el terreno, las condiciones constructivas de la zona son aceptables, como indica el mapa geotécnico de minas de España de la *ilustración 10*.

Por otro lado, en conclusión, el peso de la escala es tan pequeño en comparación con el azud que se asume que no supone ningún riesgo, pues el peso de la escala es el 2.63% del peso del azud.

**1.3. Normativa**

- Anejo 5 de la Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Recomendaciones del CEDEX
- Eurocódigo 2
- EHE-08



## 2. ICTIOFAUNA

Para diseñar correctamente la escala se ha de conocer a fondo la fauna que habita la zona para poder realizar un proyecto adecuado a las características de la misma. Por ello se ha investigado los diferentes tipos de fauna ictiológica existente.

Consultando el *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*, se puede afirmar que en la península ibérica existen 69 especies, considerando tanto a las autóctonas como a las exóticas y sin considerar las subespecies. De todas ellas, 24 son exóticas y 45 son autóctonas; y de las autóctonas, 10 son de hábitos estuarios y/o migratorios. Estas últimas son las que nos interesarán a la hora de analizar las características que deberá presentar nuestra escala. Por ello se ha estudiado la ictiofauna de la cuenca del Turia y se ha recopilado la siguiente información:

La ictiofauna que habita en la cuenca del Turia son: el Barbo colirrojo (*Barbus haasi Mertens*), la Carpa (*Cyprinus carpio Linnaeus*), la Madrija (*Chondrostoma turiense Elvira*), el Cacho (*Squalius pyrenaicus*), la Colmilleja (*Cobitis paludica*), el Gobio (*Gobio gobio*), el Barbo mediterráneo (*Barbus guiraonis Steindachner*), la Anguila (*Anguilla anguilla*), la Trucha común (*Salmo trutta Linnaeus*), la Trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*), el Alburno (*Alburnus alburnus*), el Pez rojo (*Carassius auratus*), Gambusia (*Gambusia holbrooki*) y la Perca americana (*Micropterus salmoides*).

De todos los mencionados, en el tramo objeto de estudio, solo encontramos a la Madrija (*Chondrostoma turiense Elvira*), el Cacho (*Squalius pyrenaicus*), la Colmilleja (*Cobitis paludica*), el Barbo mediterráneo (*Barbus guiraonis Steindachner*), la Carpa (*Cyprinus carpio Linnaeus*), la Trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) y la Gambusia (*Gambusia holbrooki*). Por tanto, hablaremos un poco de cada uno de ellos para asegurarnos de si son autóctonos, características de salto que tienen, y otras características necesarias para el posterior diseño de la escala.

**La Madrija (*Chondrostoma turiense Elvira*):** se trata de un ciprínido cuya longitud no suele sobrepasar los 30 cm (tamaño medio), tiene un cuerpo alargado, la cabeza es relativamente pequeña y la boca está situada en la parte inferior de la misma. Antiguamente se consideraba una subespecie, y por tanto en documentos anteriores a 1997 esta especie se denomina *Cb. toxostoma*.

Es una especie reófila, la cual vive en aguas con corrientes, pero también se pueden encontrar en aguas remansadas o en embalses, siempre y cuando pueda remontar el río entre los meses de marzo y mayo, cuando realizan la freza. Esta tiene lugar en los tramos altos de aguas someras con fondos de piedra o grava.

La Madrija es una especie endémica de las cuencas de los ríos Turia y Mijares, y se encuentra amenazada sobre la especie por la aparición de especies exóticas; y sobre el hábitat por las infraestructuras hidráulicas que no permiten



Ilustración 10: Localización de la Madrija "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España"

su remonte del río, la contaminación por vertidos, la extracción de agua y la extracción de áridos que destruyen los frezaderos.

**El Cacho (*Squalius pyrenaicus*):** es un ciprínido cuya longitud no alcanza los 30 cm (se considera, por tanto, de tamaño medio). Tiene una cabeza grande con la boca situada en posición dorsal. Su alimentación se basa en pequeños artrópodos, y se reproducen entre los meses de mayo y julio. El desove lo realiza sobre fondo de grava y piedras.

Dispone de una estructuración muy grande de sus poblaciones, algunas de estas poblaciones deberían considerarse como diferentes especies, pero no han sido definidas formalmente. Se puede afirmar, por tanto, que se trata de una especie ubiquista que vive en medios muy variados.

Es una especie endémica de la península ibérica, vive en las cuencas de los ríos Tajo, Gadiana, Guadalquivir, Guadalfeo, Barbate, Guadalmina, Segura, Vega, Velez, Guadalcaçín, Odiel, Vélez, Guadalhorce, Benahavis, Guadiaro, Jara, Turia, Júcar, Mijares, Guadalest, Albufera de Valencia, Bullent, Verde y Serpis.

Las amenazas que se ciernen sobre esta especie son las mismas que para la especie anteriormente comentada, la Madrija.



Ilustración 11: Localización del Cacho "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España"

**La Colmilleja (*Cobitis palúdica*):** en lo relativo a su tamaño, esta especie no suele alcanzar los 15 cm de longitud total. Tiene un cuerpo alargado con cuatro filas de manchas oscuras y redondeadas, las cuales también aparecen en la cabeza, pero en ese caso son de menor tamaño. Asimismo, debajo del ojo posee una espina que ejerce de defensa contra sus depredadores.

La especie vive en las partes medias y bajas de los ríos, con poca corriente, vegetación acuática y fondos de arena y grava. La alimentación de los adultos se basa, principalmente, en larvas de insectos, otros invertebrados, algas y detritos. El periodo de freza tiene comienzo en mayo y se prolonga hasta el mes de julio.

La Colmilleja se localiza en las cuencas de los ríos Ebro, Tajo, Gadiana, Guadalquivir, Guadalete, Guadalhorce, Guadalmedina, Barbate, Jara, Piedras, Vega, Peñíscola, Odiel, Júcar, Turia, Mijares, Bullent, Racons, Albufera de Valencia, en algunos afluentes de la margen izquierda del Duero y probablemente ha sido introducido en el Miño y el Nalón. Es considerada, por consiguiente, una especie endémica de la península ibérica.

Esta especie se encuentra amenazada directamente a causa de su uso como pez vivo para la pesca deportiva, del mismo modo que está amenazado por las especies exóticas que se

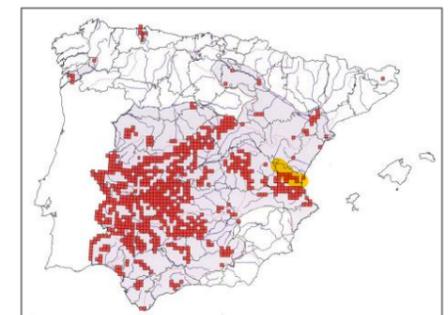


Ilustración 12: Localización de la Colmilleja "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España"



hayan podido introducir en su hábitat, como el cangrejo americano, que enturbia el agua provocando la desaparición de esta y otras muchas especies fanerógamas. Igualmente está amenazado por las infraestructuras hidráulicas que no permiten su remonte del río, la contaminación por vertidos, la extracción de agua y la extracción de áridos que destruyen los frezaderos, amenazan su existencia.

**El Barbo mediterráneo (*Barbus guiraonis* Steindachner):** el barbo que habita en nuestro tramo puede llegar a medir 60 cm de longitud total, pero normalmente ronda los 30cm. Su cuerpo es alargado y la cabeza es pequeña. Los labios son gruesos, pero generalmente retraídos dejando ver la dentadura.

*Barbus guiraonis* es una especie ubiquista que se encuentra a lo largo de todo el río, faltando solamente en los tramos altos donde es sustituida por el barbo colirrojo (*B. baasi*). Es también frecuente encontrar poblaciones de barbo mediterráneo en los embalses y lagunas naturales. Actualmente no se poseen datos sobre la biología y ecología de la especie, pero se supone que serán muy similares a los de *B. graellsii* y *B. bocagei*, lo que nos llevará a el estudio de su salto y velocidad de nado posteriormente. Sólo se es consciente de su periodo de reproducción, el cual tiene lugar entre los meses de abril y junio.



Ilustración 13: Localización del Barbo mediterráneo "Atlas y libro rojo de los peces continentales en España"

Se extiende por todo el litoral mediterráneo español, al sur del Ebro y hasta el río Vinalopó; también aparece puntualmente en algunos ríos del alto Guadiana. Se trata de una especie endémica de España y sus amenazas principales son las mismas que para la Madrija, comentada al inicio.

**La Carpa (*Cyprinus carpio* Linnaeus):** es un ciprínido de longitud, a menudo, superior a 70 cm, lo que se considera un tamaño grande de pez. Dispone de flancos de tonos dorados que se oscurecen con forme se acerca al dorso. El cultivo intensivo, que se realiza desde hace años, ha provocado un desarrollo de varias razas seleccionadas. En concreto hay que mencionar la existencia de un híbrido de carpa y pez rojo, la "carpa de Kollar" que es bastante frecuente en nuestros ríos.

Las poblaciones de Carpas se establecen preferentemente en aguas de curso lento o estancadas, con fondos limosos y con una temperatura templada o cálida, siendo muy resistente a la escasez de oxígeno y a la contaminación de las aguas. La alimentación se basa en restos vegetales, insectos, crustáceos alevines de otros peces, etc., con cierto favoritismo hacia los invertebrados bentónicos. En cuanto a lo que se refiere a la reproducción, el desove lo realizan a finales de la primavera o principios del verano, en zonas inundadas con escasa profundidad y vegetación abundante en la cual se adhieren los huevos.

Es muy abundante en los embalses y en los tramos medios y bajos de los ríos caudalosos de la mayor parte de las cuencas españolas, a excepción de los ríos del Noroeste peninsular.

Es originaria de Eurasia, y se dice que fue introducida en la mayor parte de Europa desde una población procedente del Danubio en tiempo de los romanos. En España fue introducida durante la dinastía de los Habsburgo, y se considera, por tanto, una especie exótica



Ilustración 14: Localización de la Carpa "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España"

**La Trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*):** especie que normalmente, en libertad, mide 50 cm de longitud aproximadamente (el máximo conocido para la misma es de 1.2 m). Su aspecto es similar al de la trucha común, pero con la cabeza más menuda.

El hábitat natural son aguas claras cuyas temperaturas estivales rondan los 12°C. Tiene predilección por ríos con corriente moderada y rápida, así como lagos y embalses. Existen algunas poblaciones que viven la mayor parte del tiempo en aguas marinas pero que desovan en agua dulce (especies anádromas). Su alimentación se basa principalmente en larvas de invertebrados, consumiendo también otros peces de pequeño tamaño, y los juveniles se alimentan fundamentalmente de zooplancton. En la Península Ibérica la trucha arco-iris se reproduce en libertad de forma esporádica y puntual, por lo que se conocen pocos datos.

La trucha arco-iris es una de las especies más cultivadas, habiéndose introducido de manera artificial en casi todo el mundo. Concretamente en España fue introducida, desde América del Norte, a finales del siglo XIX (Ugarte, 1929) y se puede encontrar en todas las cuencas hidrográficas, sobre todo en aquellos sitios donde se sueltan ejemplares para la repoblación y también cerca de las piscifactorías, donde siempre se escapan algunos ejemplares.

En consecuencia, esta especie es alóctona. Esta característica tendrá gran peso a la hora del diseño de la escala, pues debería diseñarse para favorecer a las especies autóctonas o endémicas y no a las alóctonas o exóticas.

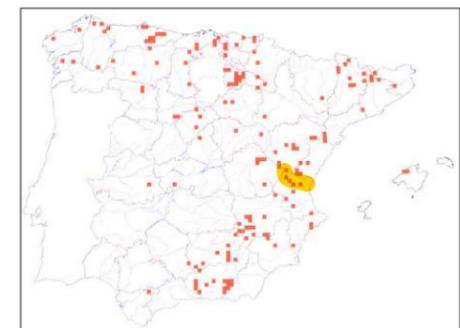


Ilustración 15: Localización de la trucha arco-iris "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España"

**La Gambusia (*Gambusia holbrooki*):** se trata de un pez de escasa medida, pues generalmente no sobrepasa los 5 cm.

Actualmente sus poblaciones parecen estables, pero a mediados del siglo pasado tuvo rápida extensión. Habita tramos de aguas lentas, con escasa profundidad y abundante vegetación, soportando sin dificultad zonas muy contaminadas, con elevadas temperaturas y bajas concentraciones de oxígeno disuelto.



Su alimentación está basada en invertebrados, y a la hora de reproducirse son muy precoces y fecundos, de modo que una hembra puede producir hasta tres generaciones durante el período reproductor, que va desde abril-mayo hasta septiembre-octubre. Por ello alcanzan densidades muy elevadas.

Esta especie procede de América del Norte (exótica), y ha sido introducida con fines ornamentales y para controlar indirectamente diversas enfermedades a través de los mosquitos que las transmiten. Sin embargo, su efecto controlador sobre los mosquitos parece no ser eficiente, sino que tiene un impacto negativo sobre las especies autóctonas, especialmente sobre el Fartet y el Samaruc.

Fue introducida en España en 1921 para combatir el paludismo y en la actualidad ocupa casi todas las aguas lentas y templado-cálidas de la Península Ibérica (sobre todo por debajo de los 1.000 m de altitud).



Ilustración 16: Localización de la Gambusia "Atlas y libro rojo de los peces continentales de España"

Tras observar todas las características de las especies existentes en nuestro tramo hemos descartado algunas por las siguientes razones:

No se considerará la Gambusia por su escaso tamaño, ya que el salto suele ir asociado a la longitud del pez y esta especie no supera los 5 cm. Además, se trata de una especie exótica que puede afectar negativamente a la ictiofauna autóctona.

En cuanto a la Carpa y la Trucha arco-iris, ambas son exóticas, lo que significa que hay que evitar que remonten, pues pueden afectar a la vida de las especies autóctonas, pero nos encontramos con un gran problema. Este problema es que ambas especies tienen características similares de salto y tamaño que las autóctonas, por lo que será imposible su exclusión, simplemente no se tendrá en cuenta si alguna decisión las desfavorece.

Siguiendo los razonamientos anteriores nos quedan la Madrija, el Cacho, la Colmilleja y el Barbo mediterráneo. Para simplificar aún más los factores que puedan influirnos en el diseño, se considerarán solo las características del Cacho y del Barbo. Esta decisión se basa en que en el *Plan hidrológico del Júcar. Anejo 5* sólo se mencionan dichas especies para los tramos anterior (Bugarra) y posterior (Quart).

Investigando la capacidad de salto de estas dos últimas especies, según el HIDRI (protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos, elaborado por la Agencia Catalana del Agua), la capacidad máxima de salto del Barbo mediterráneo y el Cacho sobre barreras verticales es de 0.3 m.

Con todos los datos recopilados se plantearán, a continuación, las diversas escalas existentes para poder conocer todas las opciones que disponemos antes de tomar una decisión.

### 3. ANTECEDENTES

El siguiente punto trata de los diversos dispositivos existentes para el paso de peces. Hoy día existe una gran problemática causada por la construcción masiva de azudes que tuvo lugar unas décadas atrás. Esta construcción se realizó sin tener en cuenta las consecuencias que conllevaría y, por tanto, sin tener en cuenta cómo afectaría a la ictiofauna dichos azudes. Por todo ello se ha venido estudiando en los últimos años como solventar el problema de la obstaculización al paso de los peces.

La forma más obvia de solventar el problema, en la gran mayoría de los casos, sería eliminando el azud, ya que la gran mayoría están en desuso. Pero esta opción también conlleva sus riesgos tanto ambientales (movimiento de sedimentos, enturbiar el agua, etc.) como civiles y sociales (abastecimientos de riego, historia, tradición, etc.). Así pues, se han buscado otras soluciones para los casos en los que el azud no se pueda demoler.

Particularmente, si el azud a tratar tuviera un desnivel inferior a 1 metro, se realizarían obras de pequeña entidad conocidas como "pasos rústicos". Estas obras consisten en rebajar el vertedero y complementarlo con un canal que permita al pez remontar, o la adición de terreno aguas abajo del azud permitiendo al pez disponer de una zona más alta en la que impulsarse para superar el obstáculo, entre otras soluciones. El coste de ejecución de estas alternativas se ha estimado en menos de 5000 €/m de desnivel a superar.

En el caso de disponer de un azud cuyo desnivel se encuentre entre 1 y 3 metros, se tienen diversas opciones. Generalmente son pasos integrados en su totalidad en el entorno fluvial: un río artificial, una rampa de piedras o unas pre-presas. Todos ellos permiten, con un buen diseño e independientemente del tamaño o la especie del pez, el ascenso y descenso del río. Por el contrario, son muy sensibles a los cambios de nivel de agua en la entrada del paso.

El río artificial es un canal lateral, es decir, situado en uno de los dos márgenes del río. El cual, tiene una pendiente muy reducida (entre el 3 y el 5 %) y se divide en varios tramos separados unos de otros mediante remansos de agua. En la base del canal se dispone escollera a modo de ralentizador de la corriente, ofreciendo zonas de descanso y abrigo a los peces.

En cuanto a la rampa de piedras, se trata de crear un plano inclinado cuya pendiente rondará el 5-10%. Este plano se crea mediante la adición de piedras adosadas al paramento del azud. Las piedras pueden ser de escollera, distribuyéndose desde el azud hacia aguas abajo de mayor a menor tamaño, o esféricas de gran tamaño, las cuales se distribuyen de forma que se consiga la rugosidad y la velocidad deseada. Estas rampas se pueden construir a todo lo ancho del azud, lo que ofrece un aspecto de un rápido natural.

En lo que respecta a las pre-presas, son la solución intermedia a las dos anteriores. Consiste en la ejecución de diversos azudes que, al dividir el desnivel total en varios tramos, consigue crear saltos asequibles para la ictiofauna existente en el río. Entre estos saltos se crean unas pozas de cierta longitud que permite el descanso de los peces durante la subida. Finalmente añadir que, otro rasgo importante de las pre-presas es la ocupación de todo el ancho del azud.



Ilustración 17: Prepresas

En estos pasos naturalizados se calcula un coste de ejecución de entre 15,000 y 30,000 €/m de desnivel. En cuanto a la migración descendente, al tratarse de desniveles pequeños (1-3m) solo se insistirá en la existencia de una cama de agua suficiente en la base del azud.

De igual modo, si se dispone de un azud de desnivel entre 1 y 10 metros, encontramos otras soluciones muy diversas y un tanto más técnicas. Estas ya poseen diseño hidráulico y se construyen con hormigón o metal. Para ser más específicos se trata de las escalas de ralentizadores y la de artesas.

La escala de ralentizadores tiene un uso restringido para las especies con gran aptitud natatoria, como son los salmónidos, y está en período de experimentación con el fin de asegurar su funcionalidad con los ciprínidos ibéricos. Esta escala tiene un trazado rectilíneo con una gran pendiente que puede ir desde el 10% hasta el 20% en casos extremos. Además, dispone de unos deflectores que reducen la velocidad de la corriente de agua para permitir el ascenso de las especies. Por el contrario, esta escala dispone de formas complejas, así como una gran facilidad para obstruirse y sensibilidad a las variaciones del nivel de agua en la alimentación, por lo que exige de un mantenimiento continuo.



Ilustración 18: Ralentizadores tipo Denil y Alaska

No obstante, en las escalas de artesas se encuentra probado la compatibilidad con los migradores ibéricos de cualquier tamaño, pues al tratarse de una escalera formada por pequeños estanques de 1-2m de ancho, 2-3m de largo y saltos de entre 15 y 30 cm, se puede diseñar, jugando con los parámetros de salto, conexión entre estanques y su tamaño, una escala que asegure el remonte de todo pez migratorio objeto de la construcción de la escala. Estas escalas pueden ser, principalmente, de dos tipos: de hendidura vertical o de orificios.

Estas soluciones disponen de un coste de ejecución distinto entre ellas. El sistema de escala de ralentizadores ronda los 10000 – 15000 €/m de desnivel, en cambio el sistema de escala de artesas es más caro con una estimación de entre 15000 y 30000 €/m de desnivel. El tema de la migración descendente se resuelve considerando la propia escala como vía de descenso, y asegurando, como en el caso anterior, la existencia, aguas abajo, de una profundidad suficiente para el descenso de los peces por el paramento.

Finalmente, si el azud existente sortea un desnivel mayor a 10 metros, existen alternativas más complejas que solventan el problema.

La alternativa más llamativa y popular es ejecutar un ascensor. Este dispositivo es un sistema mecánico que captura a los peces migradores y los retiene en una jaula, la cual, tras cerrar unas compuertas sube hasta superar el desnivel creado por el azud / presa y allí descarga en un lugar acondicionado para dicho cometido.

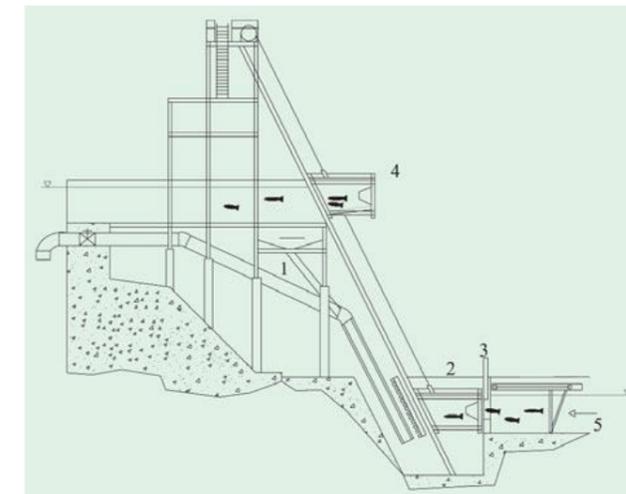


Ilustración 19: Ascensor para peces

Hay diversos tipos de ascensores, los más usuales son los que tienen dispositivo de captura integrado y los que disponen de concentración de peces mecanizada.

Los primeros son los más interesantes para los ríos de pequeños caudales, además, disponen de gran flexibilidad en el diseño y simplicidad. En los ascensores con dispositivo de captura integrado

existe tan solo un estanque en el que se captura y se concentra a los peces hasta el ascenso. Este ascenso tiene lugar mediante una bañera elevadiza que traslada a una cantidad moderada de peces aguas arriba del azud / presa.

Por lo que respecta a los ascensores con concentración de peces mecanizada, es un sistema más complejo y útil en zonas con gran concentración de peces, grandes caudales e incluso para especies que no toleran el hacinamiento. Este sistema se compone de tres fases, la primera es la operación de captura y concentración de la ictiofauna en un gran estanque de estabulación. Seguidamente, la segunda fase, es la conducción hacia un depósito superior, donde se encuentra el ascensor, a través de una rejilla traslacional mecánica. Finalmente se elevan y se evacuan en la zona de aguas arriba del azud / presa.

Otra opción, también llamativa pero menos popular, es la captura, aguas abajo, empleando nasa o pesca eléctrica y el transporte en camiones cisterna a la parte superior.

Similar al caso anterior existe el empleo de bombas hidráulicas especiales, como las usadas en piscifactorías, las cuales impulsan directamente a los peces aguas arriba empleando tornillos de Arquímedes especiales.

Una última opción, es la ejecución de esclusas de peces, las cuales son similares a las esclusas para barcos, pero empleando métodos que aumentan la “llamada” de los peces a la entrada (atracción de la ictiofauna).

En este último conjunto de alternativas el coste de ejecución se dispara, así como se acentúa la problemática de la migración descendente. En construcciones superiores a 8m el descenso de la ictiofauna por el paramento supone, sobre todo para las especies de gran tamaño, graves lesiones si no el fallecimiento del animal. Por eso es necesario la toma de medidas que eviten la mortandad de gran parte de la migración descendente, ya que sino, la solución adoptada para la migración ascendente resultaría en vano. Una de las medidas en caso de existir una toma de una central hidroeléctrica sería la colocación de rejillas cuyos huecos dispusieran de un diámetro de 15mm para evitar que hasta las especies más pequeñas se colaran. Otra posible solución para evitar la caída por el paramento sería aumentar la llamada hacia la escala, esclusa o similar, para evitar que los peces tomaran el camino erróneo.

Por último, añadir que sea cual sea la alternativa a escoger, todo paso para peces necesita de un mantenimiento continuo, principalmente tras una avenida o crecida del río. Por ello es recomendable la disposición de compuertas o algún otro dispositivo que aisle la escala para realizar operaciones de mantenimiento en ella evitando correr riesgos.

#### 4. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Con el fin de elegir la escala más adecuada a la situación, se ha realizado un estudio de soluciones en el cual se ha decidido realizar una escala de hendidura vertical. Esta solución ha sido elegida entre otras tres:

- Solución 0: No realizar ninguna actuación

- Solución 1: Escala de hendidura vertical
- Solución 2: Escala de hendidura lateral y vertedero sumergido

Las razones básicas de su elección son:

- Amplio rango de caudales admisibles
- Facilidad constructiva
- No discrimina a aquellas especies con poca capacidad de salto o sin ella
- Dispone de cuatro diseños con un buen funcionamiento probado en laboratorio

Esta alternativa es la que mejor se adapta al fin del estudio, ya que devolvería la continuidad longitudinal al río y, dentro de las opciones que solventaban este problema, es la que más se ajusta a las especies existentes en el tramo, a la topografía y a las dimensiones del azud.

Esta tipología comunica los diversos estanques mediante vertederos sumergidos. Estos estanques permiten que los peces puedan descansar durante el ascenso, ya que los peces no pueden mantener la velocidad máxima que necesitan para ascender durante largas distancias. Además, sirven para disipar la energía del agua que circula por la escala.

Por otro lado, esta escala acepta un amplio rango de caudales, siendo los más adecuados para las especies presentes en el tramo, los que se encuentran entre 0.08 y 0.20 m<sup>3</sup>/s. Es una estructura sencilla constructivamente y no discrimina a aquellas especies con poca capacidad de salto o sin ella.

Además, dentro de la escala de hendidura vertical, hay cuatro variantes, todas ellas probadas experimentalmente con resultados satisfactorios, pero en concreto hay un modelo que es el que mejores resultados da en la realidad, este es modelo IV.

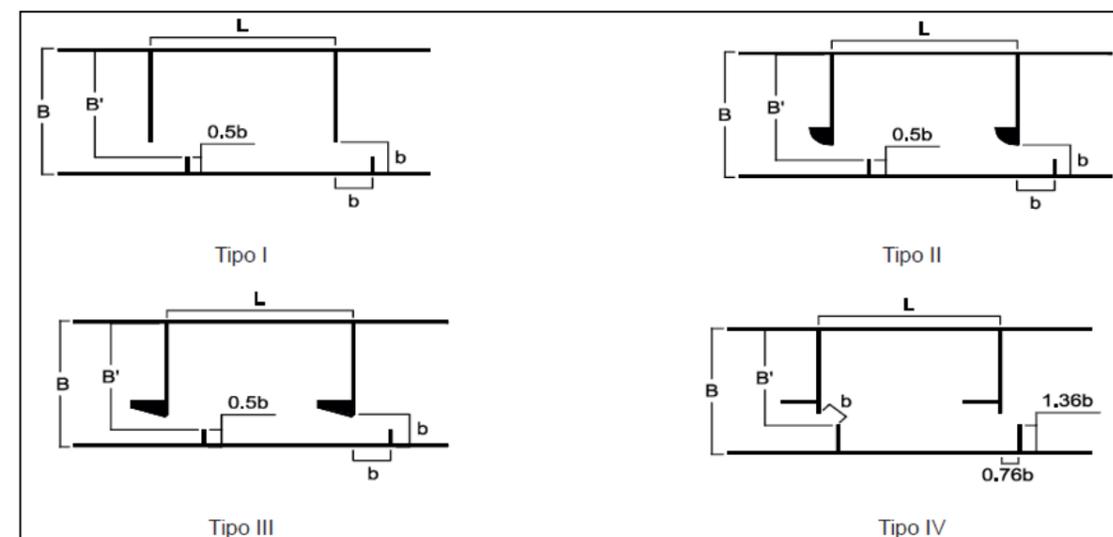


Ilustración 20: Distintos diseños de escalas de hendidura vertical.

Este modelo permite dirigir el flujo principal mediante unos deflectores longitudinales adosados a los deflectores transversales largos. Lo cual ayuda a mantener las piscinas con velocidades de agua moderadas para que los peces descansen durante el ascenso. Los modelos II y III también disponen de estos deflectores de flujo, pero no son tan efectivos como los elegidos.

Otro punto a tratar es la llegada de la escala al suelo, pues dependiendo de su llegada, el flujo de agua puede provocar una atracción de los peces o, todo lo contrario. Por ello, se ha decidido alargar la escala para que llegue al suelo, evitando la creación de flujos circulares que confunden al pez y asegurando el correcto funcionamiento de la escala.

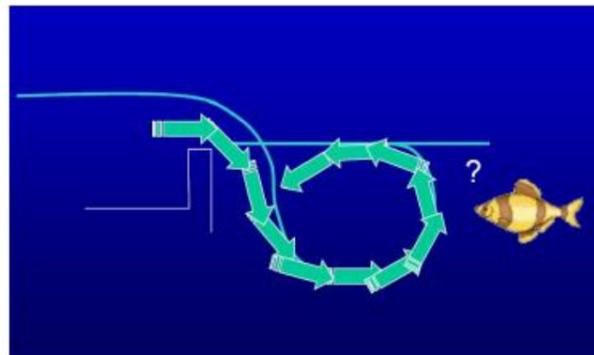


Ilustración 21: Flujo hundido (Circular)

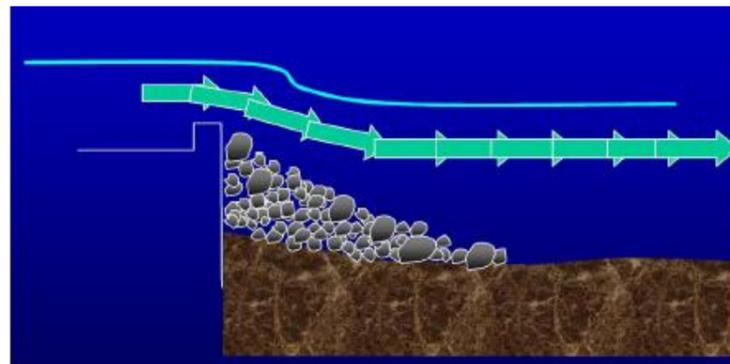


Ilustración 22: Flujo de superficie

Se ha de comentar, que no es obligatorio llevar la escala hasta la base del cauce, también se puede crear un manto de piedras de cantos redondeados que realicen el mismo efecto, como se puede observar en la *ilustración 19*.

Una vez elegida la tipología de escala, y conociendo la cota inferior de la misma, se calcula la entrada para obtener posteriormente la pendiente.

El cálculo de la entrada de la escala se realiza mediante las fórmulas del trinomio de Bernoulli y las fórmulas de energía de pared gruesa.

$$H = \frac{3}{2} \cdot y_c$$

$$v = \sqrt{y_c \cdot g}$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot B^2}}$$

Con ellas se realiza un dimensionamiento del hueco que se debe realizar en el paramento de aguas arriba con el fin de obtener unos valores de caudal y velocidad de entrada válidos para ambos tamaños de las especies estudiadas (150 y 300mm), cada una de las cuales impone una restricción:

- Las especies de 150mm imponen que la velocidad sea superior a 1.5 m/s
- Las especies de 300mm imponen que el calado mínimo no sea inferior a 0.144 m

Con ello, y con los datos de lámina de agua de 0.10m sobre el azud en condiciones normales, se obtiene una entrada de 0.226 m de profundidad, con una energía de 0.326 m, y un ancho de 0.35m.

Qr	Vmax	yc	Hueco en el azud	H	b	Qe
6	1.46	0.217	0.226	0.326	0.35	0.111

Tabla 7: Dimensionamiento para Qr=6m<sup>3</sup>/s

Como se puede observar en la *tabla 7*, la velocidad es inferior a 1.5 m/s y el calado es superior a 0.144 m, por lo que cumple ambas restricciones para las especies del río.

Por tanto, si el azud dispone de una altura de 1.45m y se le recortan 0.226 m, se dispone de un desnivel de 1.224 m. Considerando que el ancho del azud es de 11.4m se tendría una pendiente de 10.73%, lo cual es excesivo para una escala de peces, por lo que se rebaja a 9.5% teniendo una longitud de escala de 12.9m.

A continuación, se empleó la aplicación “Fish Path” para el dimensionamiento de la escala (ancho, largo, medida de los deflectores, etc.). Esta aplicación tiene en cuenta muchos factores técnicos y

biológicos como, por ejemplo, la relación entre la longitud de la piscina y el ancho de la hendidura, la velocidad máxima que puede soportar un pez y durante cuánto tiempo, etc.

Gracias a ello se obtuvo el dimensionamiento de una escala, de la cual, está comprobado su correcto funcionamiento. Las dimensiones obtenidas son las siguientes:

Dimensiones de la escala de hendidura vertical					
L	1.75	m	L <sub>TOTAL</sub>	12.9	m
B	2.2	m	D	0.528	m
S	0.095	-	d	0.019	m
b	0.35	m	V <sub>máx</sub>	1.3	m/s
ΔH	0.153	m	V <sub>media</sub>	0.939	m/s
Nº piscinas	8	-	Rango de Q	0.05-0.47	m <sup>3</sup> /s

Tabla 8: Dimensionamiento de la escala de hendidura vertical

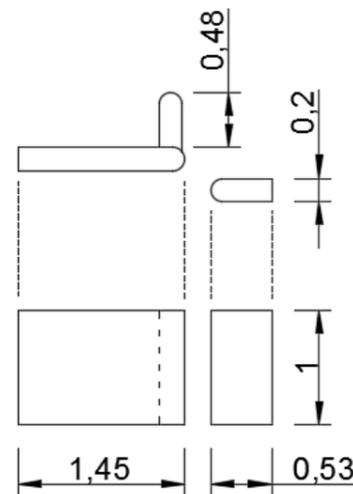


Ilustración 23: Detalle de los deflectores (cotas en metros)

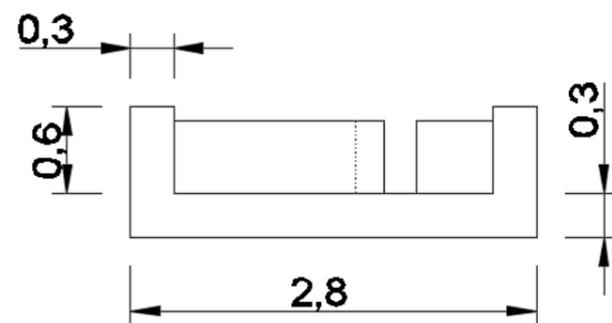


Ilustración 24: Sección transversal

Una vez clara las medidas de la sección, se armaron empleando el programa CIPECAD. Las armaduras necesarias para los elementos de la escala son las siguientes:

- Solera: se emplearán barras de diámetro 12mm tanto transversal como longitudinalmente, separadas cada 30cm
- Muretes: se emplearán barras de diámetro 6mm cada 10 cm para las barras transversales (cortante), y para las longitudinales se emplearán barras de 16mm para los refuerzos de coronación y de 8mm cada 10 cm para el resto del murete.
- Deflectores largos: se emplearán barras de diámetro 6mm cada 15 cm para las barras transversales (cortante), y para las longitudinales se emplearán barras de 16mm para los refuerzos de coronación y de 8mm cada 15 cm para el resto del murete
- Deflectores cortos: se emplearán barras de diámetro 6mm cada 15 cm para las barras transversales (cortante), y para las longitudinales se emplearán barras de 16mm para los refuerzos de coronación y de 8mm cada 15 cm para el resto del murete
- Deflectores que dirigen el flujo: se emplearán barras de diámetro 6mm cada 15 cm para las barras transversales (cortante), y para las longitudinales se emplearán barras de 16mm para los refuerzos de coronación y de 8mm cada 15 cm para el resto del murete

Estas armaduras cumplen los mínimos establecidos por la EHE-08 y el Eurocódigo 2.

Los recubrimientos calculados mínimos son de 25mm, por lo que se colocarán recubrimientos de hormigón de 30mm. Los anclajes serán entre 200 y 300 mm dependiendo del diámetro de la barra, y los solapes serán entre 154 y 330mm.

Con el fin de facilitar las tareas de mantenimiento, se dispondrá una ataguía en la entrada de la escala. Así, se podrá mantener la escala seca durante dichas tareas.

Esta compuerta tendrá un ancho de 4cm y una sección de 40x110 cm. Para su colocación se realizarán durante la construcción unas muescas en el muro izquierdo y el deflector de la entrada a la escala. Además, se dispondrá de una capa de goma en dichas muescas con el fin de mejorar la estanqueidad de la ataguía metálica.

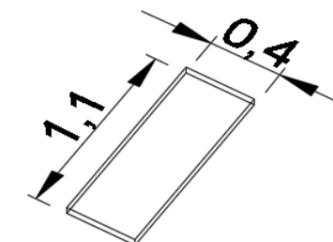


Ilustración 25: Ataguía



Esta compuerta se encontrará, con el permiso de los regantes, en la caseta que se encuentra en el azud con el fin de disponer de fácil acceso en caso de emergencia.

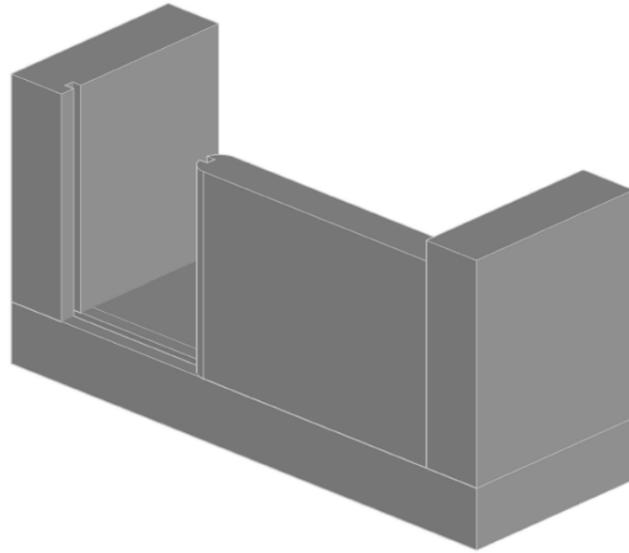


Ilustración 26:Detalle entrada y ranura para la ataguía

La situación de la escala será en el centro del azud por el hecho de existir una bifurcación en el río que provoca que los peces viajen por dos zonas diferentes, habiéndose observado mayoría de peces de 150mm en la margen derecha y de 300mm en la izquierda. Así, ambos recorridos tendrán la misma distancia hacia la escala, y por ello las mismas posibilidades de subida.

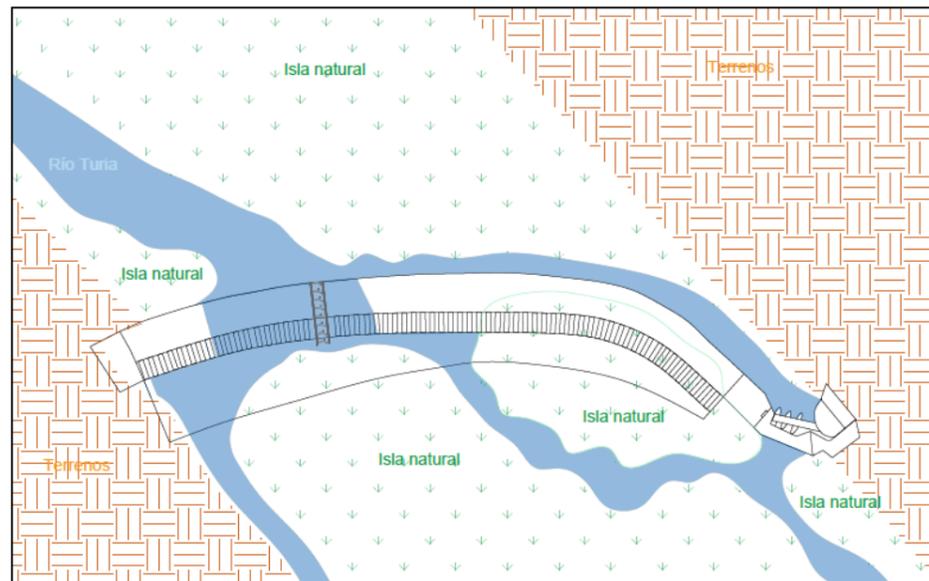


Ilustración 27: Situación de la escala en el azud

En conclusión, se ha calculado una escala de hendidura vertical tipo IV de ancho útil 2.2 m, longitud de 1.75 m, ancho de ranura de 0.35 m y pendiente 9.5 %. Se ha situado en el centro del azud, y se ha realizado una ranura en la entrada para la colocación de una ataguía en caso de necesitar realizar mantenimiento en seco. Los muros y la solera tienen unos anchos de 0.3 m y los deflectores de 0.2 m. La longitud total de la escala es de 12.9 m y salva un desnivel de 1.45 m.

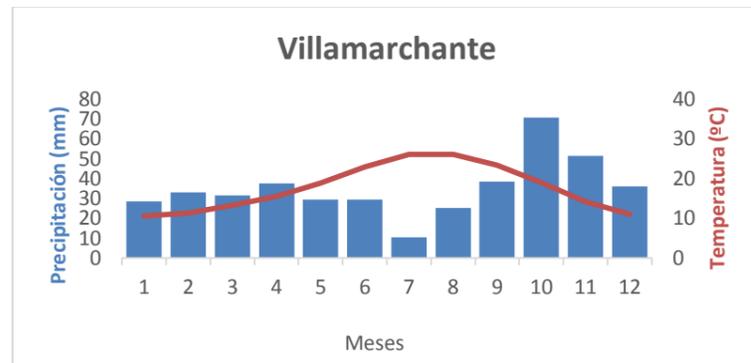
## 5. UNIDADES DE OBRA

Las unidades de obra se pueden resumir en los siguientes puntos, quedando detalladas en el anejo constructivo:

- Despeje y desbroce. Unidad encargada de retirar parte de las islas naturales creadas y acondicionarlas para el paso de vehículos pesados.
- Replanteo e instalaciones: replanteo topográfico de la situación de la escala e instalación de las casetas de obra, contenedores de escombros y maquinaria necesaria.
- Ataguía: realización de dos ataguías, una aguas arriba y la otra abajo.
- Movimiento de tierras: Dragado de 20 cm de profundidad para mejorar el embalse y el funcionamiento de la escala.
- Demolición: demolición de la parte del azud en la cual va encajada la. Una vez finalizado, se dispondrán de taladros en las paredes y en la solera del azud con el fin de evitar el deslizamiento de la escala debido a esfuerzos causados por la corriente de agua.
- Armados: colocación de las armaduras
- Encofrado: primero de la placa de cimentación (solera) y más tarde de los muros y deflectores.
- Hormigonado: primero de la solera de forma continua y evitando juntas. Después los muros y deflectores.

## 6. ÉPOCA DE EJECUCIÓN

Se recomienda realizar las obras en una época de pocas lluvias, y evitando coincidir con los meses de riegos intensos. Los riegos intensos se dan entre marzo y octubre, por lo que con estos meses destacados y observando la pluviometría de la zona, se decide que los mejores meses para la ejecución de la obra son enero y febrero.



Gráfica 4: Precipitación y Temperatura en Villamarchante

### 7. PLANIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

La obra se realizará durante los meses de enero y febrero como se ha comentado en el apartado anterior. Teniendo la misma una duración aproximada de 6 semanas. El programa de obra queda detallado en el diagrama de Gantt del anejo constructivo.

### 8. PRESUPUESTO ESTIMADO

El presupuesto estimado asciende a la suma de 13363 euros.  
TRECE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y TRES EUROS.

Queda detallado en el anejo de presupuesto. A continuación, se muestra un resumen por unidades de obra:

02.03-. HORMIGONADO DE LA SOLERA			
02.04-. ARMADO DE LOS MUROS Y DEFLECTORES			
02.05-. HORMIGONADO DE LOS MUROS Y DEFLECTORES			
	TOTAL	1163.51	EUROS
<b>03-. ACTUACIONES FINALES</b>			
03.01-. LIMPIEZA Y RETIRADA DE ESCOMBROS Y ATAGUÍAS			
	TOTAL	198.30	EUROS
<b>04-. SEGURIDAD Y SALUD</b>			
04.01-. SEGURIDAD Y SALUD			
	TOTAL	1670.90	EUROS
<b>05-. CONTROL DE CALIDAD</b>			
05.01-. CONTROL DE CALIDAD			
	TOTAL	154.84	EUROS
<b>06-. MANO DE OBRA</b>			
06.01-. MANO DE OBRA			
06.02-. MAQUINARIA			
	TOTAL	309.67	EUROS
	TOTAL	11931.81	EUROS
<b>COSTES INDIRECTOS</b>			
	TOTAL	1431.82	EUROS
<b>PRESUPUESTO ESTIMADO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>13363</b>	<b>EUROS</b>

Tabla 9: Presupuesto estimado resumido

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>COSTES DIRECTOS</b>				
<b>01-. TRABAJOS PREVIOS</b>				
01.01-. CAMINOS DE ACCESO				
01.02-. REPLANTEO				
01.03-. ATAGUÍA				
01.04-. DRAGADO				
01.05-. ENSAYOS				
			TOTAL	8434.59 EUROS
<b>02-. CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA</b>				
02.01-. DEMOLICIÓN				
02.02-. ARMADO DE LA SOLERA				



## 9. BIBLIOGRAFÍA

«HISTÒRIA | Ayuntamiento de Vilamarxant», accedido 20 de junio de 2017, <http://www.vilamarxant.es/va/content/història>.

«Confederación Hidrológica del Júcar. Plan Hidrológico de cuenca 2015-2021», accedido 20 de junio de 2017, <http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Paginas/PHC-2015-2021-Plan-Hidrologico-cuenca.aspx>.

Identificación Y Delimitación, «DOCUMENTO TÉCNICO DE REFERENCIA: IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE MASAS DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA», 2009, [http://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta\\_publica/PHC-2015-2021/ReferenciasBibliograficas/PlanificacionHidrologica/CHJ,2009.DTR\\_Identificacion\\_Masa\\_s\\_Agua\\_Superficial\\_y\\_Subterranas.pdf](http://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta_publica/PHC-2015-2021/ReferenciasBibliograficas/PlanificacionHidrologica/CHJ,2009.DTR_Identificacion_Masa_s_Agua_Superficial_y_Subterranas.pdf).

«Sistemas Naturales», accedido 20 de junio de 2017, <http://www.ayto-ribarroja.es/contenidos.downloadatt.action?id=2510542>.

### Ictiofauna:

Ignacio Doadrio, *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*, 2001.

K Nieto, M Lizana, y J C Velasco, «Distribución de los peces continentales de España asociada a las características físicas, meteorológicas e hidrológicas de las cuencas hidrográficas», accedido 20 de junio de 2017, <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/518/493>.

«Inventario Nacional de Ictiofauna», accedido 20 de junio de 2017, [http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/02\\_ictiofauna\\_tcm7-219810.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/02_ictiofauna_tcm7-219810.pdf).

«PROYECTO DE RESTAURACIÓN DEL RÍO MIJARES EN LOS TT. MM. DE MONTANEJOS, ARAÑUEL, CIRAT, TORRECHIVA, TOGA, ESPADILLA, VALLAT, FANZARA Y RIBESALBES (CASTELLÓN)», accedido 20 de junio de 2017,

[http://www.chj.es/es-es/medioambiente/proyectos/Documentos\\_ambientales/Mijares/0-MemoriaDocAmbienta\\_Mijares.pdf](http://www.chj.es/es-es/medioambiente/proyectos/Documentos_ambientales/Mijares/0-MemoriaDocAmbienta_Mijares.pdf).

Francisco Javier Bravo Córdoba, Francisco Javier Sanz Ronda & Sergio Makrakis. “TESIS DOCTORAL: EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE ESCALAS DE ARTESAS PARA ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PECES IBÉRICOS”

### Climatología

A. J. Pérez Cueva. “ATLAS CLIMÁTICO DE LA COMUNIDAD VALENCIANA” (1961-1990). Editorial: GENERALITAT VALENCIANA. ISBN: 84-482-0310-0

### Antecedentes

«Pasos naturalizados, una alternativa a las escalas de peces», accedido 20 de junio de 2017, <http://www.pescaleon.com/?f=pasosnaturalizados>.

Francisco Javier Sanz Ronda, Francisco Javier Bravo Córdoba, Juan Francisco Fuentes Pérez, Jorge Ruiz Legazpi, Ana García Vega, Nuria Ramos González, Víctor M. Salgado González Y Andrés Martínez de Azagra Paredes. “PASOS PARA PECES: escalas y otros dispositivos de paso”. CIREF

MARTÍNEZ DE AZAGRA, A.; 1999. *Escalas Para Peces*. 1ª edición. ETSIIAA PALENCIA, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID