

**MEMORIA**



## INDICE

<b>1.</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETO</b> .....	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL RÍO ESCA</b> .....	<b>5</b>
3.1.	HIDROLOGÍA .....	5
3.2.	CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA.....	6
<b>4.</b>	<b>FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL</b> .....	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL AZUD</b> .....	<b>10</b>
5.1.	LOCALIZACIÓN.....	10
5.2.	SITUACIÓN ADMINISTRATIVA.....	10
5.3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AZUD .....	11
<b>6.</b>	<b>PERMEABILIZACIÓN</b> .....	<b>13</b>
6.1.	PARÁMETROS DE PARTIDA .....	13
6.1.1.	<i>Especies objetivo</i> .....	13
6.1.2.	<i>Caudales preferentes</i> .....	13
6.1.3.	<i>Zona de llamada y salida del paso</i> .....	15
6.2.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....	16
6.3.	JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	16
<b>7.</b>	<b>CÁLCULOS HIDRÁULICOS</b> .....	<b>17</b>
7.1.	CAUDAL DE LA ESCALA .....	17
7.2.	SALTO TOTAL .....	19
7.3.	ARTESA REGULADORA .....	19
7.4.	ARTESAS DE ASCENSO .....	20
7.4.1.	<i>Orificio de limpieza</i> .....	20
7.4.2.	<i>Vertedero sumergido</i> .....	20
7.4.3.	<i>Pérdida de carga total en escotaduras</i> .....	21
7.4.4.	<i>Disipación energética en las artesas</i> .....	21
7.5.	OTROS VALORES DE DISEÑO DE LA ESCALA DE PECES .....	22
7.6.	COTA CORONACIÓN MUROS ENTRADA.....	22
<b>8.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA</b> .....	<b>23</b>
8.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA ESCALA DE PECES.....	23
8.2.	DIMENSIONAMIENTO Y ARMADO .....	23
<b>9.</b>	<b>PLAZO DE LAS OBRAS</b> .....	<b>24</b>
<b>10.</b>	<b>RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PRESENTE PROYECTO</b> .....	<b>24</b>
<b>11.</b>	<b>PRESUPUESTO</b> .....	<b>24</b>



## **1. ANTECEDENTES**

Con objeto de mejorar la continuidad fluvial de la cuenca del Ebro, uno de los objetivos de la Directiva Marco de Aguas (2000/60/CE), en aquellas masas en riesgo de incumplimiento de los objetivos de calidad se ha realizado el siguiente trabajo "Análisis del funcionamiento de escalas de peces existentes en la cuenca del Ebro y para la propuesta de nuevas escalas en el estudio de presas y azudes en los que se necesita su instalación para alcanzar el buen estado de las aguas según la Directiva 2000/60/CE" contratado por la Confederación Hidrográfica del Ebro a Tecnomá.

Durante la fase inicial se realizó una priorización de masas con el objeto de escoger aquellas que presentaban mejores condiciones para instalar una escala de peces.

En la segunda fase o fase final el trabajo se ha centrado en el diseño de 10 escalas o pasos para peces en aquellos obstáculos impermeables que impiden sus migraciones.

## **2. OBJETO**

El objetivo de este proyecto es diseñar un paso de fauna, acorde con la ictiofauna del río Esca a su paso por el azud localizado en el término municipal de Salvatierra, que permita a los peces **potamodromos** realizar sus migraciones tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura transversal.

De esta forma, se mejorará la continuidad fluvial para la ictiofauna del río Esca, con todas las ventajas que ello supone para asegurar la sostenibilidad de las poblaciones piscícolas.

## **3. CARACTERÍSTICAS DEL RÍO ESCA**

### **3.1. HIDROLOGÍA**

Para el diseño de la escala de peces es de vital importancia conocer los caudales circulantes en el tramo de río donde se va a diseñar el paso de fauna. Para ello se ha recurrido a la página web del CEDEX (<http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/>) donde se facilitan los caudales diarios de los aforos de la cuenca del Ebro.

En los anejos se incluye una ficha de las estaciones de aforo utilizadas donde se indica su localización, los años de la serie y algunas estadísticas de los caudales (media mensual, percentiles, máxima mensual, etc).

Para analizar el régimen de caudales del río Esca se ha seleccionado la Estación de Aforos A063 del río Esca en Sigües.

Como se observa en el siguiente gráfico el río Esca presenta un régimen simple, con un periodo de aguas altas comprendido entre los meses de octubre y junio y otro de mínimos entre julio y septiembre. Concretamente el mes en el que se da el caudal más alto es febrero, no obstante se registran caudales muy similares los meses de diciembre, enero, marzo y abril.

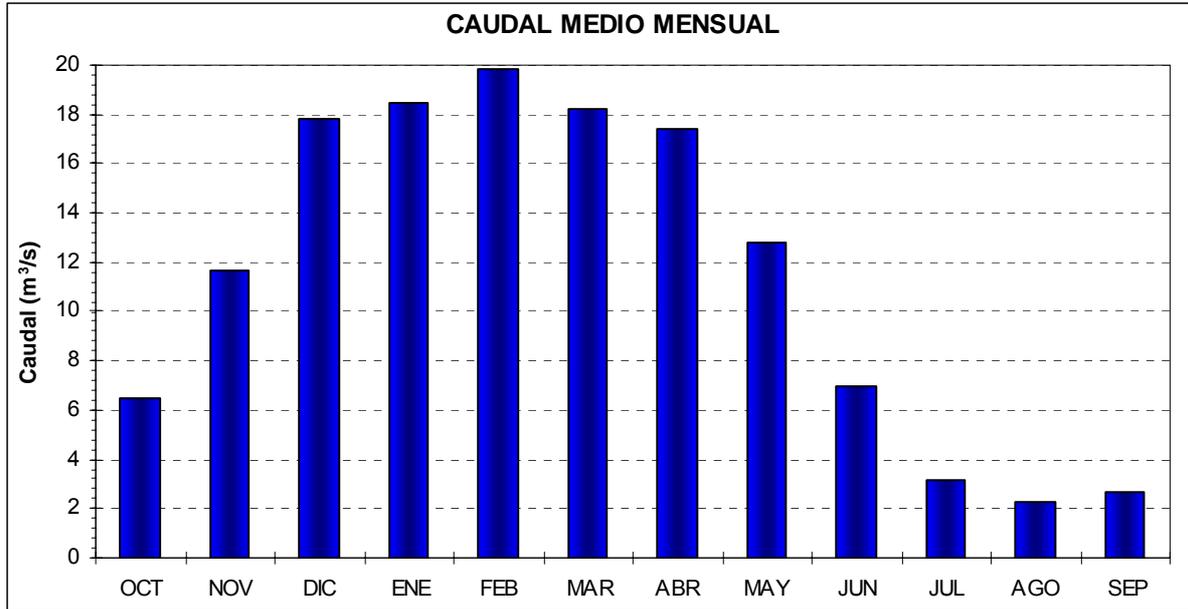


Fig. 1. Régimen Anual del Río Esca a su paso por el azud localizado en el término municipal de Salvatierra (Fuente CHE)

### 3.2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

En el río Esca de acuerdo con la información recogida en los muestreos de peces realizados por la Universidad de Barcelona (Muestreos IBI) nos encontramos en un tramo donde predominan las especies de ciprínidos y la presencia de *Salmo trutta* (trucha común) es testimonial en la mayor parte de los puntos inventariados.

A continuación se presenta una tabla donde se muestran algunas estadísticas del muestreo IBI 234 (Coordenadas UTM Huso 30 X 664.524. Y 4.732.590) utilizadas en el diseño de la escala de peces.

Especie	Nº Ejemplares	Talla media	Desv. Típica	Peso medio	Desv. Típica	Moda (talla)	Moda (peso)
<i>Phoxinus phoxinus</i>	62	55,42	7,94	2,42	1,25	54	1,6
<i>Gobio lozanoi</i>	31	91,48	13,25	12,05	5,66	86	8,1
<i>Barbatula quignardi</i>	53	69,11	5,54	2,77	0,72	62	2,8
<i>Barbus graellsii</i>	7	89,43	38,35	21,94	20,96	59	#N/A
<i>Parachondrostoma miegii</i>	9	61,11	14,69	2,87	2,48	52	2
<i>Barbus haasi</i>	16	77,69	30,30	11,36	12,59	#N/A	#N/A
<i>Salmo trutta</i>	2	81,00	17,00	1,7	0,8	#N/A	#N/A

Tabla 1. Estadísticas del muestreo de peces IBI 234 en el río Esca

El grupo que mayor número de ejemplares presenta es el del piscardio, seguido del pez lobo. También cabe destacar el número de individuos de gobio y barbo colirrojo. De ahí que estas cuatro especies de ciprínidos sean las escogidas como objetivo para el diseño de la escala.

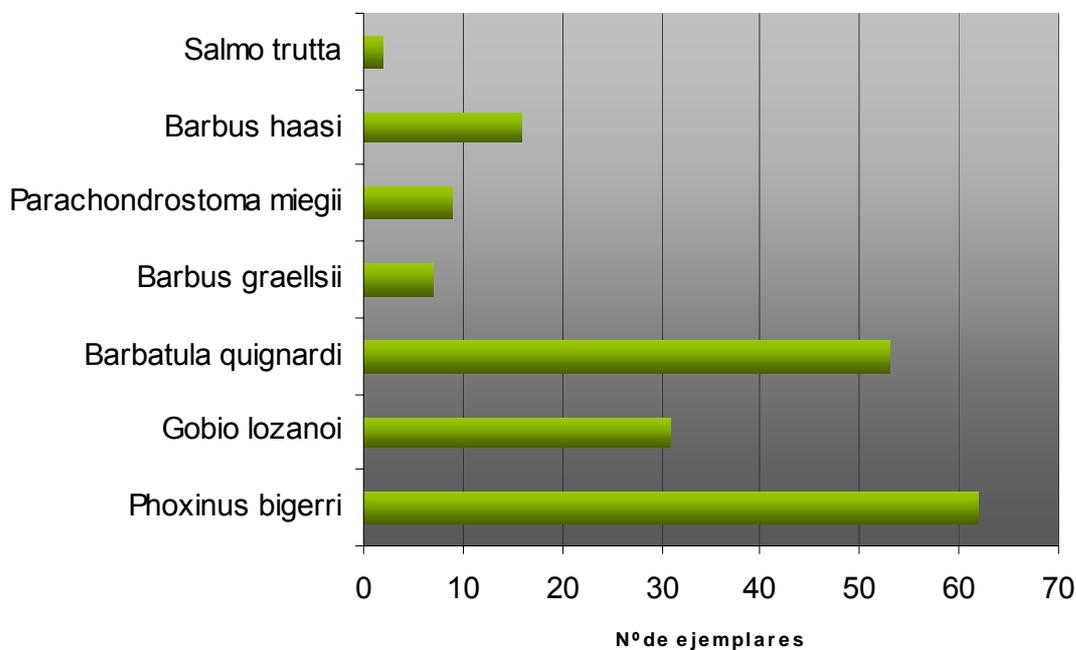


Fig. 2. Número de ejemplares por especies en el muestreo IBI 234 del río Esca.

Especie	Mediana (Talla)	Mediana (Peso)	Máxima Talla	Máximo Peso	Biomasa
<i>Phoxinus phoxinus</i>	54,5	2,2	77	6,6	149,8
<i>Gobio lozanoi</i>	89	10	121	23,8	373,6
<i>Barbatula quignardi</i>	70	2,8	86	5,2	147
<i>Barbus graellsii</i>	76	6,3	157	53	153,6
<i>Parachondrostoma miegii</i>	56	2	99	9,7	25,8
<i>Barbus haasi</i>	78	6,8	155	47,6	181,8
<i>Salmo trutta</i>	81	1,7	121	23,8	3,4

Tabla 2. Estadísticas del muestreo IBI 234 del río Esca.

La especie del muestreo que mayor biomasa presenta es *Gobio lozanoi* con un peso total de casi 0,4 Kg repartidos para 31 individuos. La media para esta especie es de 12,05 gr. Cabe destacar también la biomasa del *Barbus graellsii*, pez que alcanza un tamaño menor que el gobio.

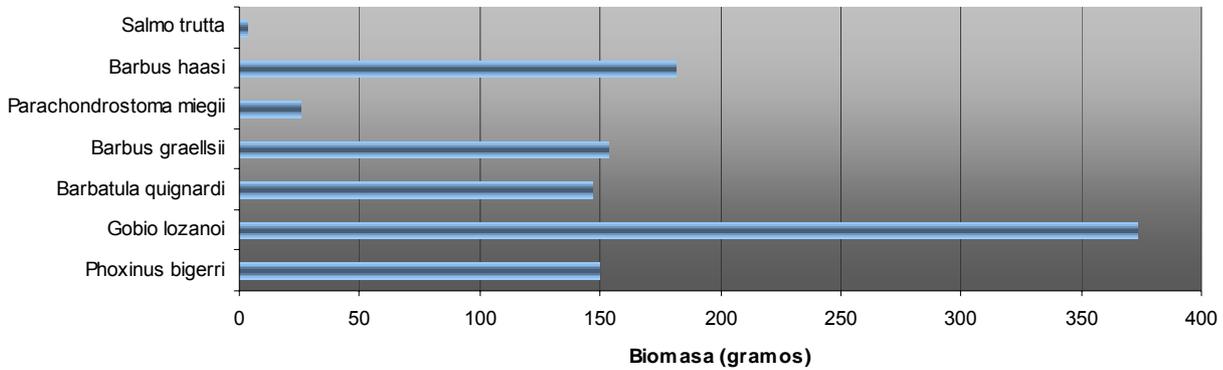


Fig. 3. Biomasa por especies en el muestreo IBI 234 del río Esca.

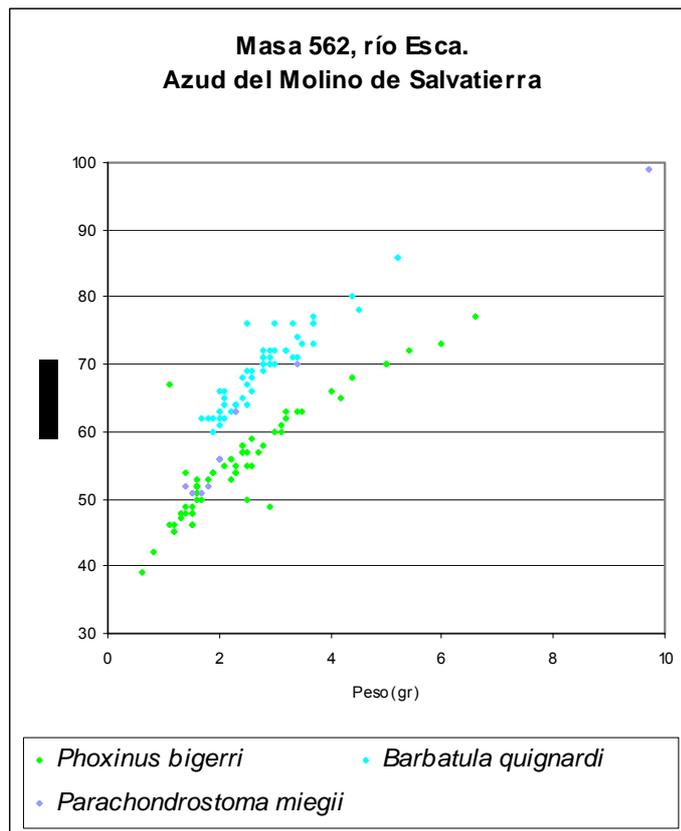


Fig. 4. Relación talla-peso de Barbatula quignardi, Parachondrostoma miegii y Phoxinus bigerri en el río Esca

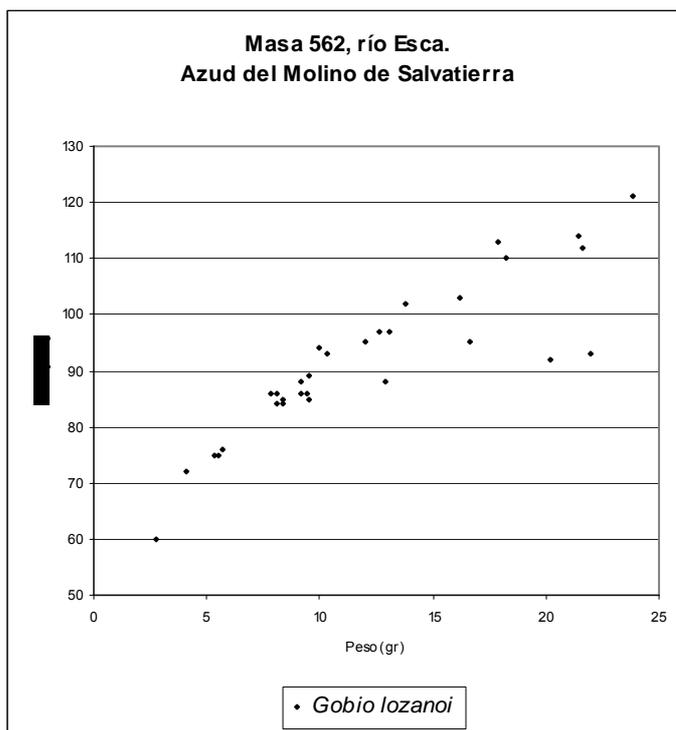


Fig. 5. Relación talla-peso de *Gobio lozanoi* en el río Esca

#### **4. FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

El azud del molino de Salvatierra en el municipio de Salvatierra se localiza dentro del LIC ES 2430047 Sierras de Leire y Orba (ver plano de figuras de protección).

Destaca la importancia de la Foz de Sigüés y la flora y fauna asociada a los cortados de este cañón fluviokarstico y al curso fluvial con formaciones de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* junto a *Salix eleagnos*. Existe una gran variedad de ambientes encontrando formaciones típicamente mediterráneas con *Arbutus unedo* y *Quercus rotundifolia* y bosques atlánticos de *Pinus sylvestris* y *Fagus sylvatica* en las zonas mejor expuestas y a mayor altitud.

Los principales impactos se derivan de las perturbaciones de la carretera A-137 que atraviesa la Foz de Sigüés de Norte a Sur y potencialmente de los futuros proyectos de construcción de vías de comunicación hacia Navarra. Otro de los impactos potenciales se deriva del recrecimiento del embalse de Yesa ya que una de las colas del embalse podría afectar a la parte meridional de la foz.

Las formaciones pirófitas de algunos sectores contribuyen a que exista un riesgo potencial de incendio en todo el sector.

## **5. CARACTERÍSTICAS DEL AZUD**

### **5.1. LOCALIZACIÓN**

El azud se localiza en el término municipal de Salvatierra, en las coordenadas UTM del Huso 30 X 663.222,173. Y 4.727.275,125.

### **5.2. SITUACIÓN ADMINISTRATIVA**

El azud pertenece a la Comunidad de Regantes de la acequia del Molino de Salvatierra.

### 5.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AZUD

Altura	1,5 m
Longitud	36 m
Anchura de coronación	0,4 m
Forma	Vertical e inclinado en las 2 rampas
Material	Sillares

Tabla 3. Principales características del azud



Fig. 6. Vista de la estructura desde la margen izquierda del río Esca.

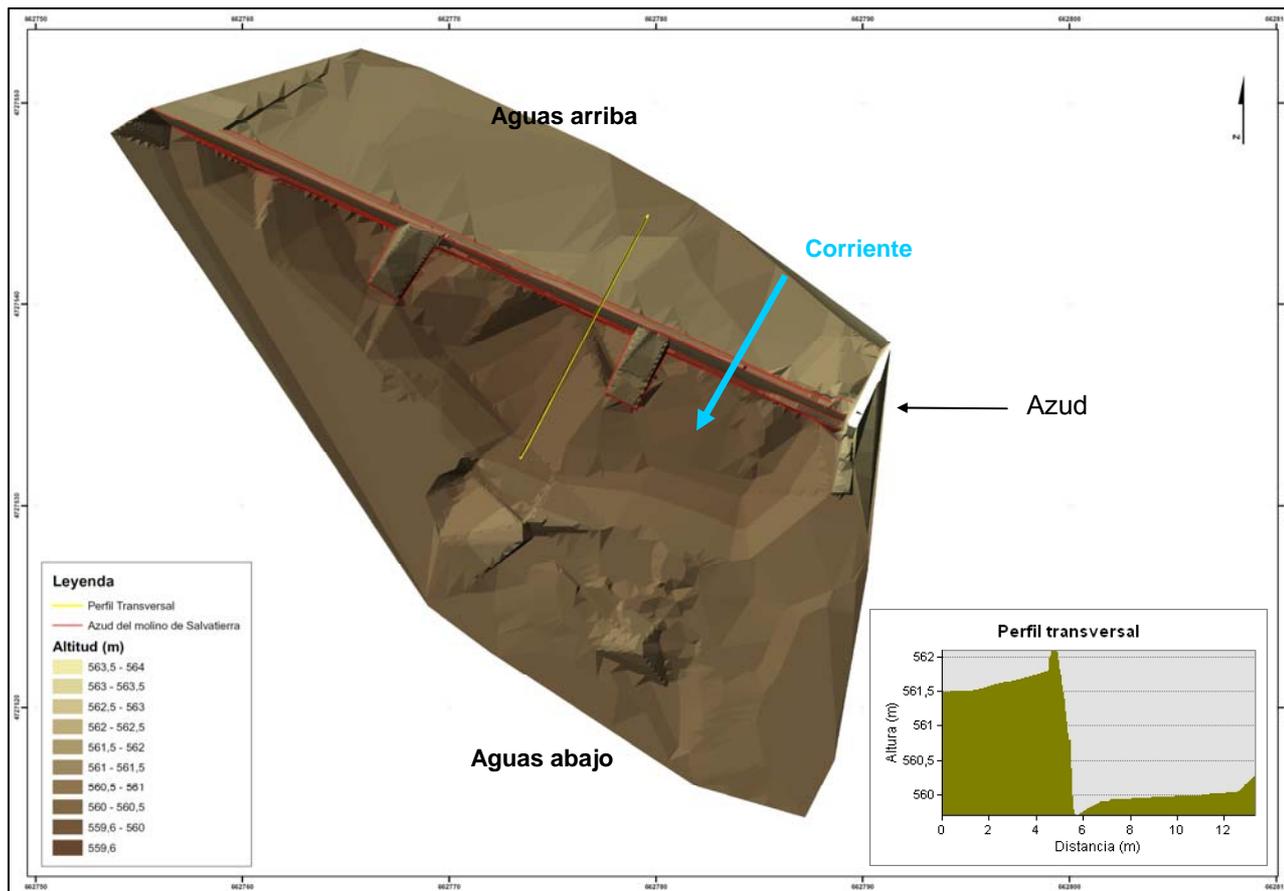


Fig. 7. Modelo Digital de Terreno y perfil transversal del azud

## **6. PERMEABILIZACIÓN**

El objeto del presente proyecto es diseñar y definir las características de una estructura que permita las migraciones de peces a través de este azud.

Sin lugar a dudas la eliminación del azud (demolición) es la mejor solución, no obstante existen otras posibilidades que, con menor efectividad permiten un grado aceptable de transitabilidad para las poblaciones afectadas.

Una escala de peces, como cualquier estructura de paso de peces requiere un estudio de las características de la población piscícola presente y de las propias condiciones fluviales.

### **6.1. PARÁMETROS DE PARTIDA**

En este epígrafe se analizan cada uno de los condicionantes que las condiciones fluviales imponen para el diseño de un sistema de paso para peces.

#### **6.1.1. Especies objetivo**

Se han seleccionado como especies objetivo para tener en cuenta en el diseño de la escala aquellas que presentan un grupo mayor de 10 individuos. En este caso serían las siguientes especies: *Phoxinus phoxinus* (piscardo), *Gobio lozanoi* (gobio), *Barbatula quignardi* (pez lobo) y *Barbus haasi* (barbo colirrojo).

No se descarta en cualquier caso que también se han identificado en los muestreos ejemplares de trucha (*Salmo trutta*) y de barbo común (*Barbus graellsii*) así como de madrilla (*Parachondrostoma miegii*).

No sólo se ha considerado el tamaño del grupo por especies para incluirlas como especies objetivo sino que también se ha tenido en cuenta el tamaño y el peso de los individuos para descartar aquellos que por su talla y su peso no pueden remontar la escala de peces.

Esta relación de especies es adecuada por su representatividad y además por ser el grupo con menor capacidad de salto, siendo accesible por tanto también al resto de las especies encontradas (trucha común).

#### **6.1.2. Caudales preferentes**

En la siguiente tabla se representan la mediana, el percentil 25 y el percentil 75 para cada uno de los periodos reproductivos de las especies presentes en el tramo de río próximo al azud localizado en el término municipal de Salvatierra (salmónidos de noviembre a febrero y ciprínidos de abril a agosto).

---

<b>Río Esca. Masa 165</b>	
<b>A9063 Esca en Sigues (m<sup>3</sup>/s)</b>	
<b>Noviembre-Febrero. Periodo Salmónidos</b>	
Mediana	8,24 m <sup>3</sup> /s
Percentil 25	3,62 m <sup>3</sup> /s
Percentil 75	17,5 m <sup>3</sup> /s
<b>Abril-Agosto. Periodo Ciprínidos</b>	
Mediana	3,60 m <sup>3</sup> /s
Percentil 25	1,55 m <sup>3</sup> /s
Percentil 75	8,445 m <sup>3</sup> /s

---

Tabla 4. Estadísticas de los caudales del río Esca

En el diseño de la escala se pretende que ésta tenga un óptimo funcionamiento para los caudales próximos a la mediana. Además, el diseño de la escala se ha sobredimensionado para que funcione en una horquilla de caudales más amplia, aproximadamente entre el percentil 25 y el percentil 75.

De esta forma se asegura que la escala funcione para más del 50 % de los caudales-día que circulan por el río.

### 6.1.3. Zona de llamada y salida del paso

Para que un paso resulte eficaz es necesario que el pez pueda encontrar la entrada y franquear el obstáculo sin retraso, estrés o daños perjudiciales en su migración río arriba. La entrada es la parte más importante del diseño de estos dispositivos, ya que de ella depende el franqueo del obstáculo (Clay 1995).

La atracción hacia un dispositivo de franqueo va a estar ligada a su localización en el obstáculo, en particular a la situación de la entrada, así como a las condiciones hidrodinámicas (caudales, velocidades, líneas de corriente) en sus proximidades. El pez debe poder detectar el flujo de agua proveniente del paso a la mayor distancia posible de la entrada. La entrada o entradas no deben estar enmascaradas ni por las salidas de las turbinas o de los aliviaderos, ni por zonas de recirculación o de aguas muertas. La entrada del paso no representa más que una parte reducida comparada con el tamaño del obstáculo y está alimentada por un caudal constituido por una fracción limitada del caudal total del curso de agua.

Sea cual sea el tipo de paso adoptado tiene que disponer en la entrada de una fosa (poza) de una profundidad suficiente, para que el pez pueda permanecer al pie de la obra sin dificultad.

La situación de la entrada en el obstáculo no es el único factor a tener en cuenta. La salida del paso no tiene que estar situada ni en una zona de fuerte velocidad, ni en las proximidades del aliviadero, para que el pez no pase otra vez aguas abajo, ni en una zona de aguas muertas o de recirculación en la que pueda quedar atrapado.

A continuación se presentan unos emplazamientos (correctos e incorrectos) de pasos de fauna según la disposición en planta del azud.

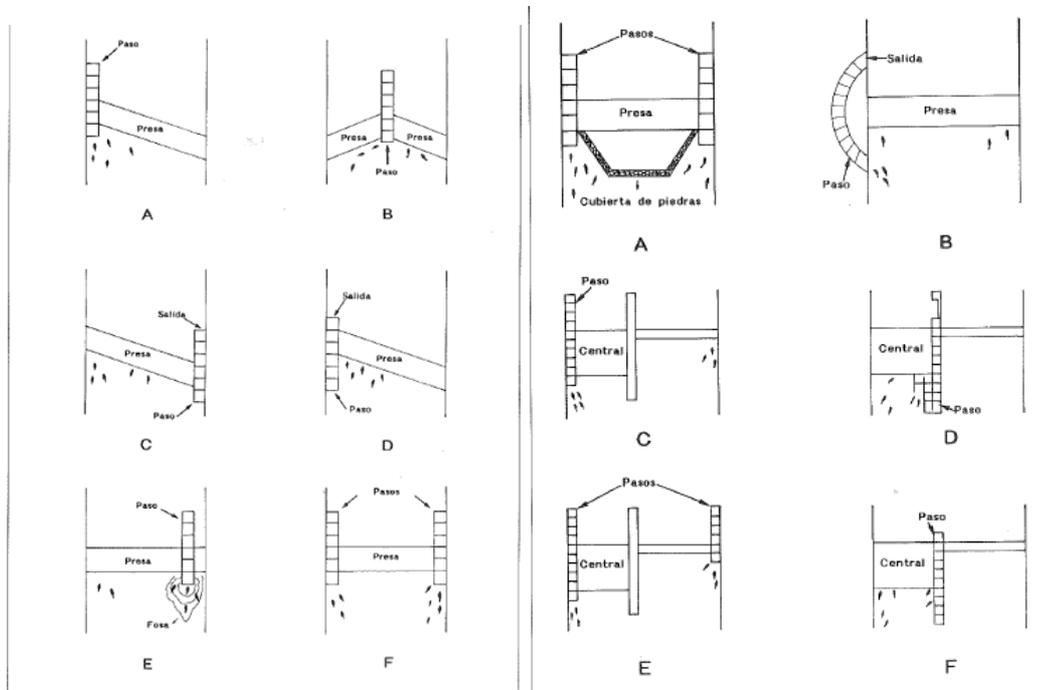


Figura 15. Disposición del paso en el obstáculo. A. Situación correcta en un obstáculo oblicuo. B. Situación correcta en un obstáculo en ángulo. C y D. Situación incorrecta en un obstáculo oblicuo. E y F. Situación correcta en un obstáculo transversal.

Figura 16. Disposición del paso en el obstáculo. A. Cubierta de piedras bajo el obstáculo para facilitar el acceso de los peces a los pasos. B. Situación del paso cuando existan problemas de espacio junto al obstáculo. C, D y E. Situación correcta del paso en un aprovechamiento hidroeléctrico. F. Situación incorrecta del paso en un aprovechamiento hidroeléctrico.

Fig. 8. Tipos de emplazamientos de pasos de fauna. (CEDEX, 1998)

## 6.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El paso de peces se precisa para dar continuidad a las migraciones de especies en el río y así mitigar el efecto que la construcción del azud produciría en las especies piscícolas. La solución de diques o de rampa no parecen las más adecuadas, dada la altura del azud (1,50 metros), que llevaría a la construcción de una obra muy costosa, por lo que se opta por la escala de peces como la alternativa más viable.

La tipología de escala elegida se fundamenta principalmente según las especies de peces inventariadas en los muestreos más próximos al sector del río donde se enmarca la actuación.

En este caso al existir ciprínidos, especies con una capacidad de salto muy reducida, se ha optado por diseñar una escala de artesas sucesivas con orificios de limpieza.

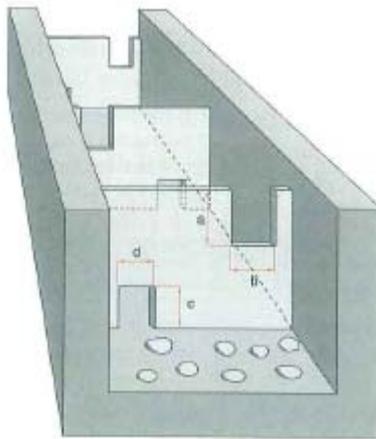


Fig. 9. vista de una escala de estanques sucesivos. (Larinier 1992)

De esta forma, se han descartado para el diseño los otros tipos de pasos para peces por su elevado coste o por su ineficacia para las especies de ciprínidos presentes en el río. Ascensor de peces, esclusa de peces (o esclusa Borland), río artificial y escala de ralentizadores (escala Denil).

## 6.3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Se plantea el diseño de una escala de peces de artesas sucesivas para salvar el azud de Salvatierra.

Se ha adoptado una escala de artesas rectangulares sucesivas intercomunicadas por orificios inferiores y vertederos alternativos situados en los tabiques de separación. El paso de agua de un estanque a otro se realiza a través de estos orificios y vertederos semisumergidos. Los peces pasan fundamentalmente por los vertederos tanto en sentido ascendente (que necesita un importante esfuerzo para el pez) como descendente, dejándose en este caso llevar por la corriente descendente del agua. Además, algunos ciprínidos pueden remontar la escala a través de los orificios de limpieza.

## 7. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Para el dimensionamiento de los parámetros hidráulicos y geométricos de las escalas de peces se ha seguido la metodología descrita en la publicación "Escalas para peces" de Andrés Martínez de Azagra Paredes, publicado por el Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal de la E.T.S. de Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid -1ª edición 1999-). Igualmente se ha tomado como referencia la publicación "*Passes à poissons. Expertise, conception des ouvrages de franchissement*" del *Conseil Supérieur de la Pêche* (Francia).

Las dimensiones de las artesas se han establecido previamente a la realización de los cálculos hidráulicos, dimensionando posteriormente los vertederos y orificios sumergidos o de limpieza en función de los caudales.

Para llevar a cabo dicho dimensionamiento se ha realizado un equilibrio de caudales. Dado que la escala se va a diseñar para ciprínidos, los caudales que se han tomado son los percentiles 25, 50 y 75 de los meses comprendidos entre Abril y Agosto.

En función de dichos caudales se han determinado la altura de la lámina de agua en los distintos puntos de la artesa de regulación y de las artesas tipo, permitiendo saber los caudales y las alturas que circula por la artesa de regulación, por las artesas tipo y por el aliviadero de la artesa de regulación en función del caudal del río.

Tras calcular las alturas, se sobredimensionan las paredes de las artesas iniciales de forma que puedan absorber los caudales hasta un máximo, considerándose éste como el cual, permitiendo la ascensión de los peces, es inviable desde el punto de vista constructivo.

Tras saber los caudales que circulan por la artesa de regulación y las artesas tipo, se comprueba que la disipación en el interior de las mismas está en el rango de valores que permite la ascensión de la fauna piscícola.

El tipo de artesa diseñada y sus dimensiones han sido establecidos teniendo en cuenta los siguientes condicionantes:

- El vertido se ha elegido mediante vertedero parcialmente sumergido, ya que para los ciprínidos el vertido libre es una alternativa mucho menos accesible.
- El orificio de limpieza tendrá una anchura superior a 0,15 m con el fin de evitar que se cólmate la artesa y se produzcan obstrucciones.
- Anchura mínima del vertedero parcialmente sumergido: 0,2 m.

### 7.1. CAUDAL DE LA ESCALA

La escala se calcula para favorecer principalmente el paso de ciprínidos, ya que las condiciones de diseño son más restrictivas. En las condiciones de caudal y con el azud existente las dimensiones son:

Desnivel entre depósitos consecutivos ( $\Delta H$ ):	0,20 m
Altura de las artesas	1,60 m
Anchura de la artesa	1,50 m
Longitud de la artesa (L):	2,00 m
Anchura de escotadura (b):	0,25 m
Altura del umbral de vertedero (p):	0,70 m
Tamaño de orificio sumergido (c-d):	(0,2 x 0,2) m

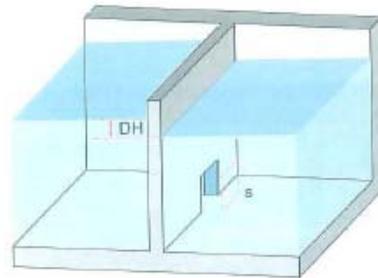
Tabla 5. Características geométricas de la escala

Para el cálculo del caudal que pasa por el orificio de limpieza se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$Q_i = c_i \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$$

Donde:

- Coeficiente de descarga,  $c_i$ . Se toma el valor de 0,85.
- Superficie del orificio, S (m<sup>2</sup>).
- Diferencia de altura entre artesas  $\Delta H$  (m).



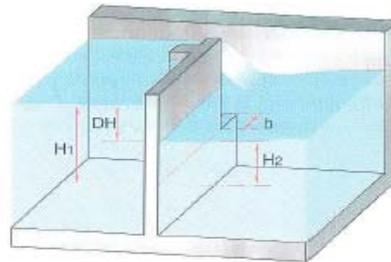
Para determinar el caudal que pasa por el vertedero rectangular sumergido se ha realizado mediante la ecuación:

$$Q_v = k \cdot c_v \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1^{1,5}}$$

Donde:

$$k = \left[ 1 - \left( \frac{h_1 - \Delta H}{h_1} \right)^{1,5} \right]^{0,385}$$

- Coeficiente de descarga,  $c_v$ . Se toma el valor de 0,65.
- Anchura de paso de la escotadura, b (m).
- Diferencia de altura entre artesas  $\Delta H$  (m).
- Calado medio en la artesa  $h_1$  (m).



Tomando las dimensiones establecidas en la tabla 5, las artesas, tanto la de regulación como las artesas tipo, funcionan perfectamente hasta un caudal igual el percentil 75, obteniéndose valores para la energía disipada de  $165,283 \text{ W/m}^3$  en la artesa de regulación y de  $130,711 \text{ W/m}^3$  para las artesas tipo. Para un caudal igual a 2 veces percentil 75, la energía disipada es de  $281,370 \text{ W/m}^3$  en la artesa de regulación y de  $140,264 \text{ W/m}^3$  para las artesas tipo, valores situados por encima del umbral para ciprínidos.

Por todo lo expuesto, la sobredimensión de los muros se ha establecido para estos últimos valores, obteniendo un incremento del muro en la artesa de regulación de 0,247 m.

## 7.2. SALTO TOTAL

Así, para los valores calculados obtenemos:

Cota azud	562,1 m
Cota lámina agua abajo	560,6 m
Desnivel total	0,20 m x 8 artesas tipo = 1,6 m
Desnivel entre artesas	0,20 m
Desnivel en escotaduras de entrada y salida	0,20 m

Tabla 6. Desniveles de la estructura

## 7.3. ARTESA REGULADORA

La artesa reguladora presenta una longitud de 3 m, donde en uno de sus laterales (el situado aguas abajo) se sitúa el aliviadero que permitirá regular el caudal de entrada a la escala en las distintas fluctuaciones del nivel que se puedan producir.

Con lo expuesto, se obtiene una artesa de regulación de 2 m de ancho y 3 m de longitud. La altura de dicha artesa, teniendo en cuenta la sobredimensión para que cumpla las condiciones con caudales iguales al caudal 75 (en adelante  $Q_{75}$ ), es de 2,247 m.

El vertedero de entrada de agua (salida de peces) a la artesa reguladora, dimensionado para el caudal  $Q_{75}$  presenta unas dimensiones de 0,3 x 0,70 m.

El efecto regulador de esta artesa viene definido por la relación existente entre el vertedero de salida del agua de la artesa reguladora respecto a la longitud del aliviadero (lateral de la artesa instalado en el lado del azud). Así, para la artesa diseñada, la anchura del vertedero es de 0,3 m, mientras que la longitud del aliviadero es de 3 m. Para la escala que nos ocupa, las artesas tipo absorben todo el caudal hasta el caudal establecido para el percentil 25, en donde el aliviadero lateral empieza a evacuar agua, en concreto para este caso  $0,117 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 7.4. ARTESAS DE ASCENSO

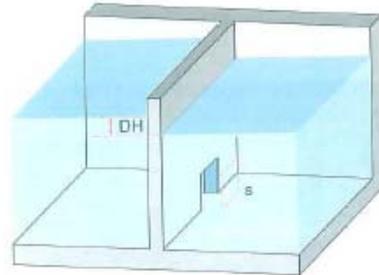
### 7.4.1. Orificio de limpieza

El caudal que pasa por el orificio de limpieza viene dado por la ecuación:

$$Q_i = c_i \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$$

Donde:

- Coeficiente de descarga,  $c_i$ . Se toma el valor de 0,85.
- Superficie del orificio: se establecen unas dimensiones de 0,20 x 0,20 m, por lo que la S es de 0,04 (m<sup>2</sup>).
- Diferencia de altura entre artesas  $\Delta H$  (m) = 0,20.



La principal función del orificio de limpieza es fundamentalmente permitir la salida de gravas de las artesas, impidiendo su colmatación.

### 7.4.2. Vertedero semisumergido

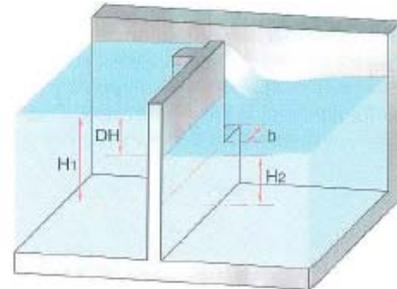
El caudal que pasa por el vertedero sumergido viene dado por la ecuación:

$$Q_v = k \cdot c_v \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1^{1,5}}$$

Donde:

$$k = \left[ 1 - \left( \frac{h_1 - \Delta H}{h_1} \right)^{1,5} \right]^{0,385}$$

- Coeficiente de descarga,  $c_v$ . Se toma el valor de 0,65.
- Anchura de paso de la escotadura, b (m) = 0,30.
- Diferencia de altura entre artesas  $\Delta H$  (m) = 0,20.
- Calado medio en la artesa  $h_1$  (m) = Este parámetro se sitúa en función del caudal que circula por la artesa.



Tanto las aristas de los orificios de limpieza como las de los vertederos de la artesa de regulación y de las artesas tipo se han redondeado con el objetivo de reducir las posibilidades de que los peces sufran heridas durante su paso por la escala.

### **7.4.3. Pérdida de carga total en escotaduras**

La pérdida de carga entre dos artesas consecutivas, para la escala diseñada, será la diferencia de alturas entre ambas, es decir de 0,20 cm.

### **7.4.4. Disipación energética en las artesas**

Para el cálculo utilizaremos la fórmula del *Office National de L'Eau et des Milieux Aquatiques - ONEMA* (antiguo *Conseille Supérieur de la Pêche - CSP*).

Dado que la escala se diseña para ciprínidos, los umbrales recomendados para la potencia disipada por unidad de volumen de agua en las artesas es 100-125 W/m<sup>3</sup>. En pasos cortos se puede incrementar este valor en 25 - 50 W/m<sup>3</sup>.

Con las dimensiones establecidas para las artesas diseñadas, la energía disipada es:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H}{B \cdot L \cdot t_{med}}$$

Siendo:

$\rho$  = Masa de agua (1000 m<sup>3</sup>)

g = Gravedad

Q = Caudal del paso (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta H$  = Desnivel entre artesas

B = Ancho de la artesa inferior

L = Largo de la artesa inferior

t<sub>med</sub> = Profundidad de la artesa inferior

Realizando la comprobación para el incremento de caudal debido al incremento de caudal establecido para el Q<sub>75</sub> la energía asciende a 165,283 W/m<sup>3</sup> para la artesa de regulación y de 130,711 W/m<sup>3</sup> en la artesa tipo. Para el caudal 2Q<sub>75</sub> los valores ascienden a 281,370 W/m<sup>3</sup> para la artesa de regulación y de 140,264 W/m<sup>3</sup> en la artesa tipo. Los valores obtenidos de la artesa de regulación y artesa tipo se sitúan por encima del umbral establecidos para salmónidos (200 W/m<sup>3</sup>).

Con el objetivo de reducir la potencia disipada en las artesas se ha diseñado un deflector junto al vertedero de la artesa de regulación con unas dimensiones de 25 cm de ancho por 30 cm de largo.

Además las artesas presentan una relación entre el ancho del vertedero y la longitud de la artesa comprendida entre 7 y 11.

## 7.5. OTROS VALORES DE DISEÑO DE LA ESCALA DE PECES

Existen otras relaciones que se deben cumplir para asegurar un correcto funcionamiento de los pasos de peces. A continuación se indican.

- Pendiente media de la escala  $I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{0,20}{2} = 10\%$  . Lo recomendable para ciprínidos es < 12 %.
- Relación entre longitud y anchura del vertedero que debe cumplir:  $7 \leq \frac{L}{b} = \frac{2}{0,25} = 8 \leq 11$  .

## 7.6. COTA CORONACIÓN MUROS ENTRADA

Se considera un resguardo de 0,247 m, obtenido para cumplir las condiciones de diseño para un caudal de  $Q_{75}$ , que será suficiente para que el caudal que circula por el río no desborde dichos muros y se incorpore al caudal de la escala, lo que produciría que la escala cumpliera la función para la que se proyecta. Por lo tanto, dado que la cota de coronación del azud es de 562,083 m, la cota de coronación del muro de entrada será de 562,330 m.

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Una vez justificadas se resumen las principales características geométricas de la escala de peces diseñada.

### 8.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESCALA DE PECES

Cauce:	Esca
Función presa:	Azud
Nº estanques:	8
Desnivel entre artesa tipo:	0,20 m
Anchura vertedero sumergido artesa tipo:	0,25 m
Calado en vertedero sumergido artesa tipo:	0,70 m
Dimensiones orificio de limpieza:	(0,20 x 0,20) m
Longitud artesa tipo:	2,00 m
Anchura artesa tipo:	1,50 m
Calado máximo artesa tipo:	1,60 m
Ancho vertedero semisumergido entrada artesa reguladora:	0,30 m
Calado vertedero semisumergido entrada artesa reguladora:	0,70 m
Ancho vertedero semisumergido salida artesa reguladora:	0,25 m
Calado vertedero semisumergido salida artesa reguladora:	0,70 m
Longitud artesa reguladora:	2,00 m
Anchura artesa reguladora:	2,00 m
Calado máximo de artesa reguladora:	0,23 m

Tabla 7. Características de la escala de peces

### 8.2. DIMENSIONAMIENTO Y ARMADO

La escala será de hormigón y tendrá unas artesas con una sección en U, con muros de altura variable. El hormigón empleado será HA-25.

Los muros tendrán 30 cm de espesor en alzado y 40 cm de canto en zapata. Los tabiques intermedios serán asimismo de hormigón, de 20 cm de espesor y dimensiones indicadas en el plano correspondiente.

## **9. PLAZO DE LAS OBRAS**

De acuerdo con el plan de obra previsto en el anejo nº 6, el plazo de ejecución de las obras es de un (1) mes y 27 días. Con el fin de minimizar las afecciones sobre el curso de agua este periodo debe corresponderse con el de menor caudal.

## **10. RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PRESENTE PROYECTO**

### **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS**

MEMORIA

ANEJO Nº 1 AFOROS DE CAUDALES

ANEJO Nº 2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS. DIMENSIONAMIENTO

ANEJO Nº 3 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEJO Nº 4 FICHA AMBIENTAL

ANEJO Nº 5 REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ANEJO Nº 6 PLAN DE OBRA

ANEJO Nº 7 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

ANEJO Nº 8 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

ANEJO Nº 9 CERTIFICADO DE OBRA COMPLETA

### **DOCUMENTO Nº 2 PLANOS**

PLANO Nº 1 LOCALIZACIÓN

PLANO Nº 2 EMPLAZAMIENTO

PLANO Nº 3 PLANTA Y SECCIONES

PLANO Nº 3.1 PLANTA Y DETALLES

PLANO Nº 3.2 PLANTA Y SECCIONES (DEF. GEOMÉTRICA)

PLANO Nº 3.3 PLANTA Y SECCIONES (DEF. ESTRUCTURAL)

PLANO Nº 4 FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

### **DOCUMENTO Nº 3 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

### **DOCUMENTO Nº 4 PRESUPUESTO**

MEDICIONES

CUADRO DE PRECIOS

CUADRO DE PRECIOS Nº 1

CUADRO DE PRECIOS Nº 2

PRESUPUESTOS

PRESUPUESTO GENERAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

## **11. PRESUPUESTO**

Con todo cuanto antecede se estima suficientemente justificado este **PROYECTO DE LA ESCALA DE PECES EN EL AZUD DEL MOLINO DE SALVATIERRA, T.M SALVATIERRA (ZARAGOZA)**, siendo su Presupuesto de Ejecución Material de CUARENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS OCHETA Y UNO CON CINCUENTA Y CUATRO CENTIMOS (**44.981,54 €**).

Zaragoza, Abril de 2009

EL AUTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Alfredo Ferrán Adán  
Ingeniero de Montes  
Colegiado Número: 4.538

VºBº. LA DIRECTORA DEL PROYECTO

Fdo.: Concha Durán Lalaguna