

PASOS DE PECES PARA PERMEABILIZAR ESTRUCTURAS TRANSVERSALES EN LA CUENCA DEL EBRO

Protocolo de permeabilización de obstáculos 2009



Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	TIPOS DE ESTRUCTURAS TRANSVERSALES.....	5
2.1.1.	<i>Presas</i>	<i>5</i>
2.1.2.	<i>Azudes.....</i>	<i>6</i>
2.1.3.	<i>Estaciones de Aforo</i>	<i>7</i>
2.1.4.	<i>Vados</i>	<i>8</i>
2.1.5.	<i>Puentes</i>	<i>9</i>
3.	TIPOS DE PASOS DE PECES.....	10
3.1.	ESCLUSAS.....	10
3.2.	ASCENSORES DE PECES.....	11
3.3.	ESCALAS DE ARTESAS.....	13
3.4.	RALENTIZADORES O DENIL.....	15
3.4.1.	<i>Ralentizadores de fondo</i>	<i>16</i>
3.4.2.	<i>Ralentizadores Denil</i>	<i>17</i>
3.4.3.	<i>Ralentizadores Alaska.....</i>	<i>17</i>
3.5.	PASOS NATURALIZADOS	18
3.5.1.	<i>Ríos Artificiales</i>	<i>18</i>
3.5.2.	<i>Rampas de piedras</i>	<i>19</i>
3.6.	PASOS RÚSTICOS.....	20
3.7.	DEMOLICIÓN.....	21
4.	METODOLOGÍA PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE PASO.....	22
4.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA CONCESIÓN Y CAUDALES CIRCULANTES.....	22
4.2.	DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL OBSTÁCULO.....	22
4.3.	IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES OBJETIVO	22
4.4.	ELECCIÓN DEL PASO DE FAUNA.....	24
4.4.1.	<i>Obstáculos mayores de 8 m.....</i>	<i>24</i>
4.4.2.	<i>Obstáculos entre 2,5 y 8 m</i>	<i>24</i>
4.4.3.	<i>Obstáculos de menos de 2,5 m.....</i>	<i>24</i>
4.4.4.	<i>Obstáculos de menos de 1 m.....</i>	<i>24</i>
4.5.	CONDICIONANTES DE DISEÑO DE UN PASO DE PECES	26
4.5.1.	<i>Llamada</i>	<i>26</i>
4.5.2.	<i>Salida.....</i>	<i>28</i>
4.5.3.	<i>Escalas de artesas</i>	<i>29</i>
4.5.4.	<i>Escalas de ralentizadores o Denil</i>	<i>30</i>
4.5.5.	<i>Ríos artificiales</i>	<i>31</i>
4.5.6.	<i>Rampas de piedra</i>	<i>32</i>
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	35

1. INTRODUCCIÓN

Con el presente documento se pretende dar a conocer qué tipos de pasos de peces existen para permeabilizar aquellas estructuras transversales que limitan la migración de los peces en los ríos de la cuenca del Ebro.

En primer lugar se presentan aquellas estructuras transversales que condicionan la migración de las peces.

Después se identifican los tipos de pasos de peces que se pueden plantear para mejorar el tránsito de los peces.

Y por último, se identifican los condicionantes que deben tener esos pasos de peces para que su funcionamiento sea correcto.

2. TIPOS DE ESTRUCTURAS TRANSVERSALES

Existen varios tipos de estructuras transversales que condicionan la migración de los peces fluviales. Estos obstáculos para los peces se han subdividido en 5 categorías.

2.1.1. Presas

Se corresponden principalmente con obstáculos para la regulación de caudales y presentan alturas mayores de 10 m (Ver Fig. 1).



Fig. 1. Vista de la presa de Cereceda y de la escalera de peces de artesas con vertido libre construida en la margen derecha. Río Ebro (Burgos)

2.1.2. Azudes

Se corresponden con estructuras transversales que presentan una altura comprendida entre 0 y 10 m y se utilizan principalmente para la derivación de caudales.



Fig. 2. Vista de un azud para derivación en el tramo bajo del río Matarraña (T.M. Maella, Zaragoza) que cuenta con escala de peces de artesas en vertido libre.



Fig. 3. Vista de un azud en el río Najerilla (T.M Anguiano, La Rioja) que cuenta con una escala de peces en la margen izquierda

2.1.3. Estaciones de Aforo

Estructuras para la medición de caudales. Las más utilizadas en la Cuenca del Ebro son las de Vertido libre.

2.1.3.1. Vertido libre

Se trata de obstáculos de altura variable, normalmente presentan dos saltos. Por un lado, del lecho del río al andador y, por otro, del andador a la rasante del aforador (Ver Fig. 4).



Fig. 4. Vista de la estación de aforo 203, río Hija en Reinosa (Cantabria). En ella se observan madrillas intentando remontar el obstáculo. Fuente: Eduardo Martínez.

2.1.3.2. V-Flat

Estos aforos presentan mayores posibilidades de ser permeables para los peces si se realiza una poza en el centro del aforador (Ver Fig. 5).



Fig. 5. V-Flat con estanque aguas abajo (Cataluña)



Fig. 6. V-Flat sin estanque aguas abajo en el río Arakil (Navarra).

2.1.4. Vados

Dentro de este grupo se incluyen aquellas obras transversales construidas con caños de drenaje, circulares (ver Fig. 8) y semicirculares (ver Fig. 7) y aquellas construidas a nivel de cauce mediante una solera de hormigón (ver Fig. 9). Presentan alturas muy variables.



Fig. 7. Estructura transversal construida con un caño semicircular en un afluente del río Hajar (Cantabria)



Fig. 8. Estructura transversal construida con caños circulares en el río Matarraña a su paso por Valderobres (Teruel). Esta estructura se ha descolgado del nivel del cauce imposibilitando la migración de los peces.



Fig. 9. Vado a nivel del cauce en el tramo medio del río Matarraña (Teruel)

2.1.5. Puentes

Estas estructuras también pueden presentar problemas para la migración de los peces (Ver Fig. 10).



Fig. 10. Vista de un puente cuya solera se ha quedado descolgada del nivel del río Híjar (Cantabria), produciéndose un salto de aguas debajo de esta infranqueable para la migración de los peces aguas arriba

3. TIPOS DE PASOS DE PECES

3.1. ESCLUSAS

Una esclusa de peces se compone generalmente de una cámara aguas arriba, situada al nivel del embalse, conectada a una cámara aguas abajo de grandes dimensiones por un conducto inclinado incluido o pozo vertical. En cada extremidad de las cámaras se instalarán compuertas automatizadas (Ver Fig. 11).

El principio de funcionamiento de una esclusa de peces es muy similar al de una esclusa de navegación. Se atrae al migrador a la cámara aguas abajo y se sigue el mismo procedimiento que con un barco. Se incita al pez a salir de la esclusa creando en el interior una corriente descendente gracias a la abertura de un by-pass situado en la parte inferior del dispositivo.

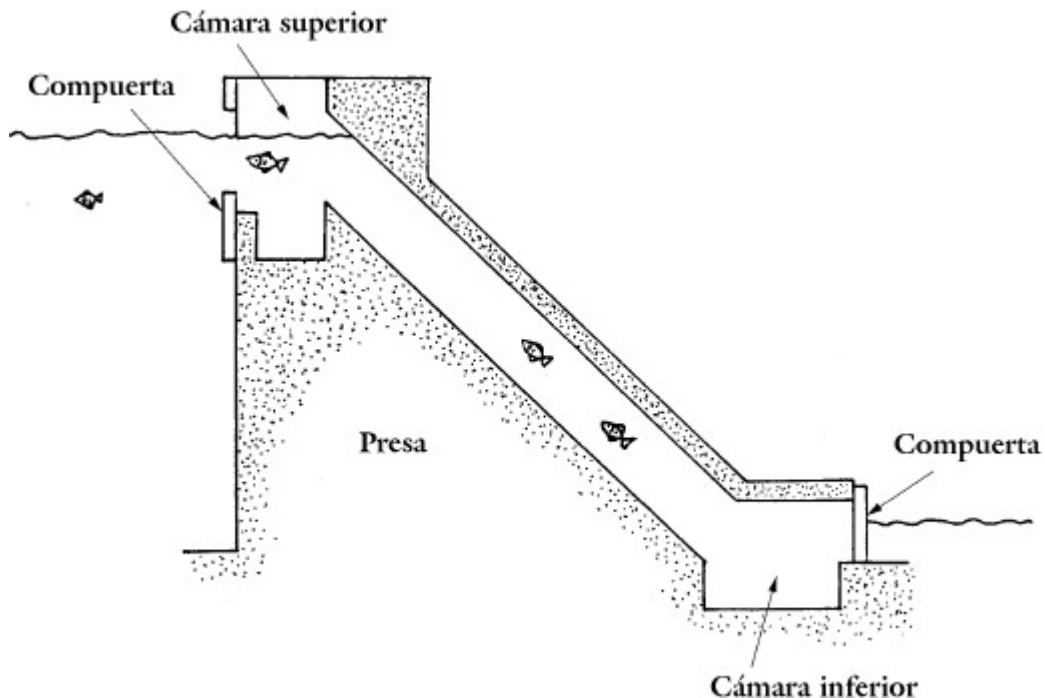


Fig. 11. Esquema del sistema de funcionamiento de una esclusa para facilitar la migración de los peces. Fuente: A. Mtz. de Azagra (1999).

Ventajas

- Solución válida para cualquier desnivel,
- Bajo consumo de agua
- Válida para especies muy pequeñas.

Inconvenientes

- Funcionamiento discontinuo
- Mantenimiento y vigilancia imprescindibles
- No sirven para el retorno.

3.2. ASCENSORES DE PECES

Sistema mecánico que captura a los peces al pie de la barrera en una cabina de capacidad adecuada (mediante la ayuda de un caudal de llamada) y que los eleva y derrama en la parte superior del obstáculo (Ver Fig. 12).

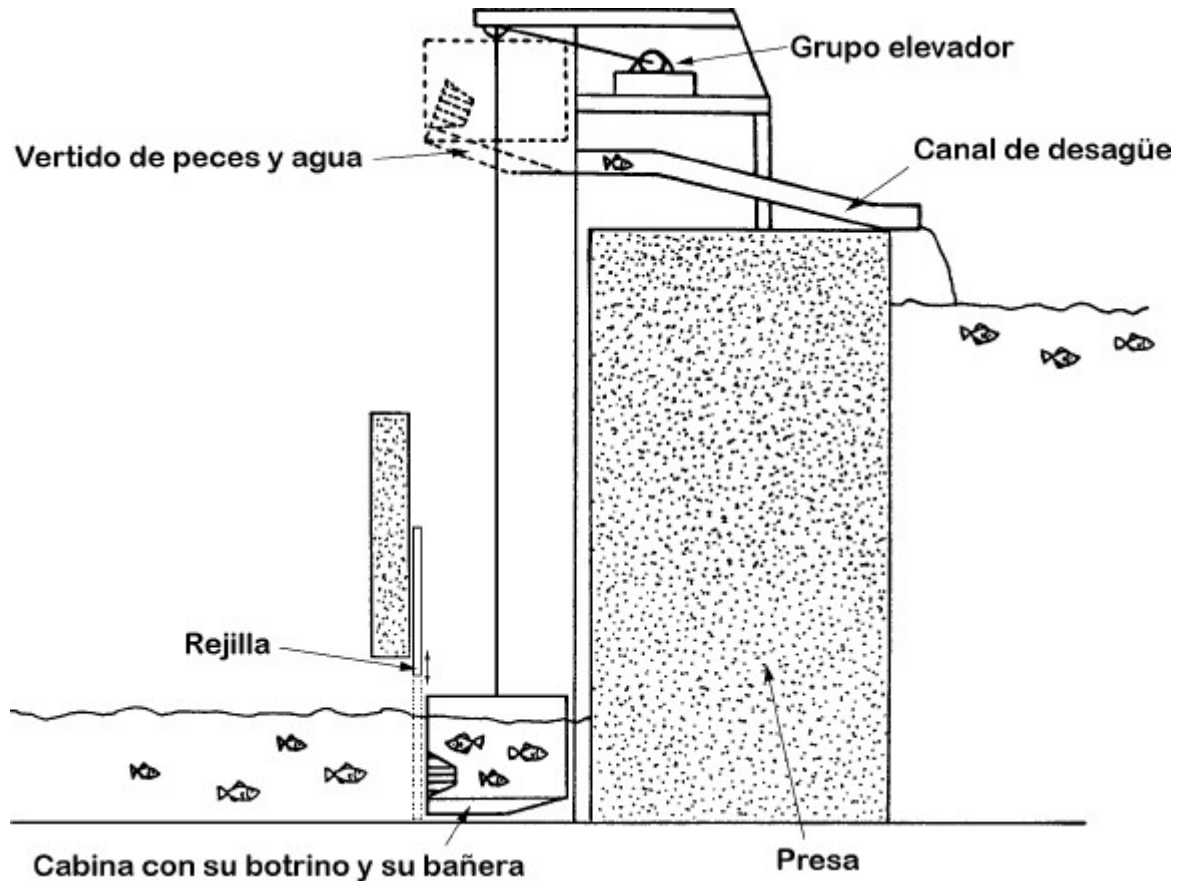


Fig. 12. Esquema de un ascensor para peces. Fuente: A. Mtz. de Azagra (1999).

Ventajas

- Válidos para cualquier desnivel
- Coste poco dependiente de la altura del obstáculo
- Sin influencia de variaciones de la CLA
- Necesita poco espacio
- Permite conteos de peces
- - Economiza agua

Inconvenientes

- Funcionamiento discontinuo
- Explotación costosa
- Mantenimiento y vigilancia constantes
- Riesgo de mortandad si hay avalanchas
- No sirven para el retorno

Costes de Ejecución: Variables, hasta los 8 m de altura los costes son semejantes a los otros pasos (escalas y ralentizadores) a partir de dicha altura resultan más económicos que estos.

Asociados a los costes de construcción y ya en fase de explotación, hay que añadirle el coste de mantenimiento y vigilancia, así como el gasto eléctrico.



Fig. 13. Vista del ascensor en la central hidroeléctrica en el río Santa Magdalena (Lérida)



Fig. 14. Vista del grupo elevador y del canal de desagüe. Río Santa Magdalena (Lérida)

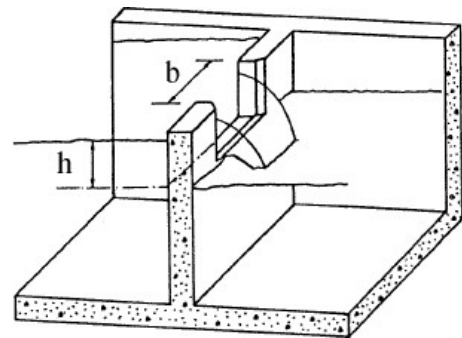
3.3. ESCALAS DE ARTESAS

Son los pasos de peces más empleados. Pueden diseñarse de manera que no resulten selectivos. Su construcción admite cambios de dirección (más de 180 °) (Ver Fig. 30).

Se trata de pasos con estanques sucesivos, con hendiduras o escotaduras en los tabiques intermedios. Por los que circula el caudal y ascienden los peces.

Pueden ser de dos tipos:

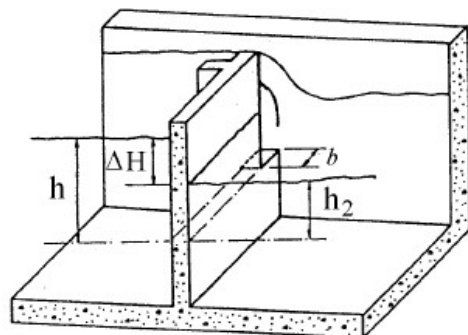
- **Escotaduras libres.** La comunicación entre estanques se efectúa por escotaduras laterales y orificios de fondo situados en lados opuestos del tabique, alternando sus posiciones de un tabique a otro. La comunicación entre estanques es en vertido libre (ver Fig 15). Este tipo de pasos es adecuado para los salmones pero no para ciprínidos.



Fuente: A. Mtz. de Azagra, 1999.

Fig. 15. vista de una escalera de artesas de vertido libre en el río Cardenas (La Rioja)

- **Escotaduras semisumergidas.** Son pasos muy similares a los anteriores, la única diferencia es que la comunicación entre estanques es en vertido semisumergido (Ver Fig. 16). Este paso es adecuado para aquellos peces pertenecientes a la familia de los ciprínidos y para las truchas.



Fuente: A. Mtz. de Azagra, 1999.

Fig. 16. Vista de una escalera de artesas de vertido semisumergido en el río Duero (Guma)

Al igual que el resto de saltos presentan una serie de ventajas e inconvenientes.

Ventajas

- Poco selectiva
- Caudales de funcionamiento amplios (0,05-5 m³/s)
- Comportamiento óptimo frente a cambios de del nivel de la lámina de agua.

Inconvenientes

- Desarrollo de la obra amplio (pdte. < 10%)
- Se producen obstrucciones.
- Mayor coste que las rampas Denil.

Costes de Ejecución: Entre 15.000 y 30.000 € por metro de desnivel a salvar o entre 3.000 y 6.000 € por artesa Fuente: Sanz-Ronda, J. *Comentario personal*



Fig. 17. Escala de peces en la toma de la Central de Salinas, en el río Cinca (Huesca). Este paso se corresponde con una escala de artesas sucesivas en vertido libre. Se trata de un paso funcional para salmónidos.

3.4. RALENTIZADORES O DENIL

Una escala de ralentizadores o escala Denil es un canal rectilíneo de fuerte pendiente con deflectores de fondo y/o laterales.

Los ralentizadores provocan flujos secundarios que deceleran el flujo principal de manera que puede ser remontado por los peces

En general hay tres tipos de ralentizadores:

- De fondo (Ver Fig. 18 y 19)
- Laterales o de costados (Ver Fig. 20)
- Mixtos
 - Planos: Rampas Denil (las que mejor funcionamiento presentan) (Ver Fig. 20)
 - Alaska (Ver Fig. 21 y 22)

Las **Ventajas** de este tipo de paso son las siguientes:

- Pendiente máx. 25 %. Reduce considerablemente la extensión de la obra.
- Coste económico menor.
- Diseño sencillo.
- Se integran fácilmente en obras ya existentes.
- De construcción sencilla y robusta.
- Muy atractivos para salmónidos.

Los **inconvenientes** que presentan son los siguientes:

- Pasos muy selectivos (no permiten el remonte a la mayor parte de los ciprínidos)
- Se precisan estanques de descanso cada cierto recorrido en donde el pez descanse.
- Tienen condiciones de funcionamiento bastante estrictas (nivel de agua arriba y abajo del obstáculo poco cambiante).
- Peligro de atrampones, es necesario vigilar los pasos durante el periodo de migración
- Pueden recomendarse para salvar desniveles inferiores a 2 m.
- Precisan mantenimiento

Costes de Ejecución: 10.000 € por metro de desnivel a salvar. Este precio esta condicionado por el tipo de material (madera, aluminio, acero galvanizado, etc).

3.4.1. Ralentizadores de fondo



Fig. 18. Escala de peces de ralentizadores de fondo. Fuente: www.riverfrome.blogspot.com



Fig. 19. Escala de ralentizadores de fondo en la fase de explotación. Fuente: www.allendale.journallive.co.uk.

3.4.2. Ralentizadores Denil

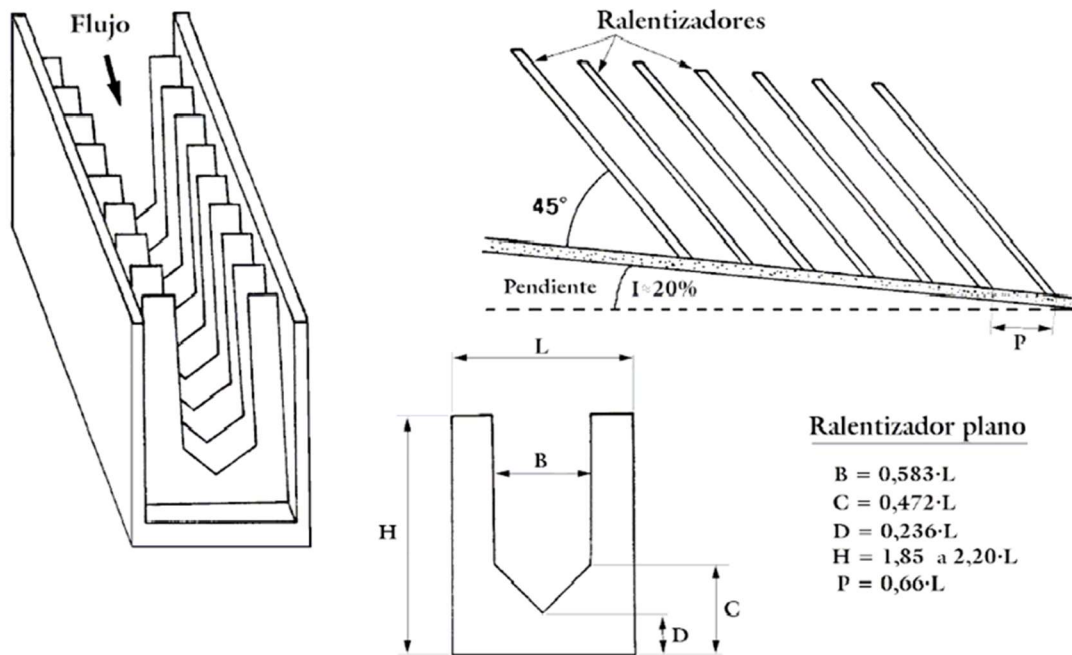


Fig. 20. Croquis de un ralentizador de tipo Denil. Fuente: A. Mtz. De Azagra (1999)

3.4.3. Ralentizadores Alaska

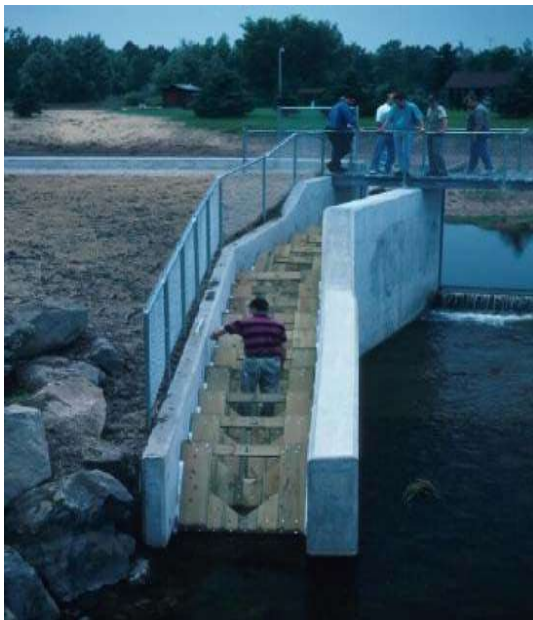


Fig. 21. Ralentizador Denil mal diseñado. No es rectilíneo.
Fuente: www.michigan.gov



Fig. 22. Vista de un ralentizador tipo Alaska.
Fuente: www.1.bp.blogspot.com

3.5. PASOS NATURALIZADOS

3.5.1. Ríos Artificiales

Se corresponde con canales o pasos rústicos de pendiente supracrítica (3 y 5%) que incluye bloques, espigones y umbrales de fondo para reducir la velocidad del flujo de manera que puedan ascender los peces.

Estos pasos ofrecen un camino alternativo a los peces por una de los márgenes para sortear el obstáculo.



Fig. 23. Río artificial para salvar un azud en el río Tormes (Salamanca). En la imagen de la izquierda se observa en la fase de construcción y en la de la derecha en la fase de explotación. Fuente: Sanz-Ronda

Este tipo de pasos presenta las siguientes **ventajas**:

- Sirve para el retorno de los peces
- Excelente integración natural
- Posible uso adicional (piragüismo y rafting)

Inconvenientes de los ríos artificiales:

- Solución limitada para obstáculos mayores de 3 m
- Necesidad de niveles de agua muy estables en cabecera
- Estos pasos requieren de amplias zonas anejas al río por donde trazarlos

Costes de Ejecución: Entre 15.000 y 20.000 € por metro de desnivel salvado. No necesita ataguía.

3.5.2. Rampas de piedras

Dispositivos que ayudan a los peces a franquear los distintos elementos transversales de los ríos y que además imitan las condiciones de un río natural (Ver Fig. 24).

Presentan un plano inclinado con una pendiente siempre \leq al 10 %, en la cual se insertan bloques de piedra de considerable tamaño.



Fig. 24. Vista de una rampa de piedras en el río Pisuerga (Burgos). Fuente: Sanz-Ronda

Este tipo de pasos presenta las siguientes **ventajas e inconvenientes**:

Ventajas

- Ofrecen unas condiciones de paso y remonte mucho más adecuadas (tanto hacia aguas arriba como hacia aguas abajo).
- Presentan un aspecto más acorde con el entorno.
- Permiten su uso como un elemento más de evacuación de caudales (compatible para el desagüe del caudal ecológico).
- No interfieren en la obra que salvan.
- Bajo mantenimiento

Inconvenientes

- Requieren una disponibilidad de espacio para poder construirse.
- Exigen caudales más importantes para asegurar su funcionalidad.
- Aplicables sólo a obstáculos de pequeña a mediana altura inferior a 2,5 m.

Costes de Ejecución: Variable, depende de la anchura. Desde 20.000 € metro de desnivel salvado (para río de 20 m de ancho).

3.6. PASOS RÚSTICOS

Los pasos rústicos se corresponden con aquellas actuaciones emprendidas en obstáculos de pequeño tamaño y de altura limitada. Pueden consistir en la abertura de una brecha en el obstáculo, en un canal en diagonal sobre la falda del obstáculo, en una compuerta, etc (Ver Fig. 25).

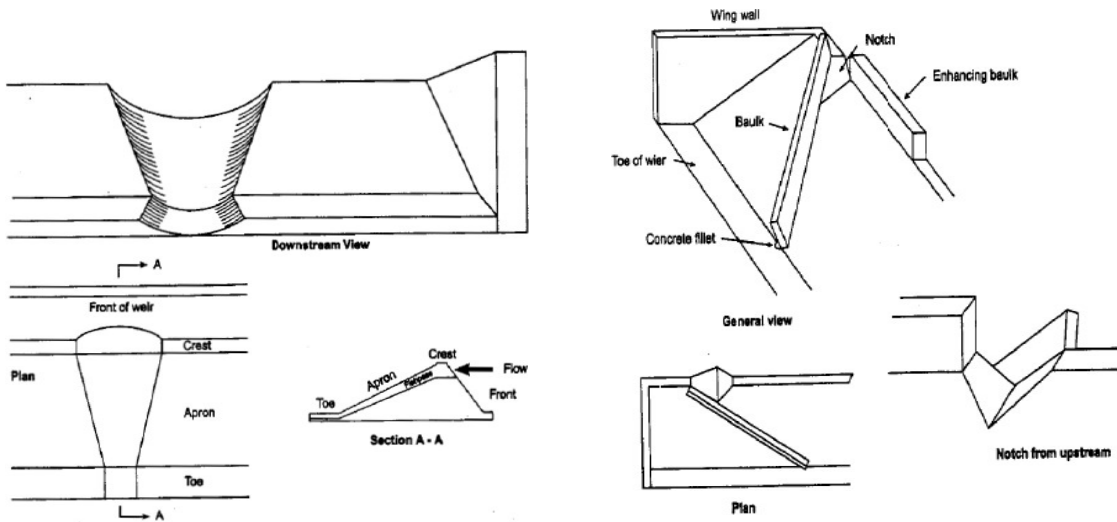


Fig. 25. Croquis de dos ejemplos de pasos rústicos. Fuente: Salmon Advisory Comite. 1997.

Este tipo de pasos presenta las siguientes **ventajas**:

- Tienen un coste muy bajo
- Son soluciones sencillas

3.7. DEMOLICIÓN

Dentro de las diferentes alternativas de permeabilización, la demolición parcial o total del obstáculo es la alternativa más efectiva, en algunos casos también resulta la más económica según el tipo de paso por el que se opte.

Las actuaciones realizadas sobre los azudes, en general, constan de los siguientes elementos:

- Despeje, desbroce y acondicionamiento del acceso, donde sea necesario, para el paso del personal y la maquinaria necesaria para ejecutar los trabajos.
- Demolición de todos los elementos de los azudes, tanto aéreos como enterrados.
- Retirada de los elementos demolidos, con su transporte a vertedero autorizado.
- Acondicionamiento del lugar de trabajo, así como de todos los caminos y accesos que pudiesen resultar afectados por la actuación.

Previo a dichas actuaciones se deberán realizar catas de sedimentos aguas arriba del azud con el fin de identificar posibles sustancias contaminantes. En el caso de la presencia de dichas sustancias; los sedimentos deberán ser extraídos y transportados a vertederos autorizados para su descontaminación; ya que de lo contrario estos podrían ser arrastrados aguas abajo de la estructura., con el consiguiente efecto que generan.

Este tipo de actuaciones presenta las siguientes **ventajas e inconvenientes**:

Ventajas

- Ofrecen unas condiciones de paso y remonte optimas (se aproximan a la situación natural).
- Presentan un aspecto más acorde con el entorno.
- No requieren ningún tipo de mantenimiento

Inconvenientes

- Requieren una situación de caducidad del expediente de concesión o abandono del propietario para poder iniciar los tramites de demolición.

Costes de Ejecución: Variable, depende de las dimensiones del obstáculo y de la presencia de sustancias contaminantes en los sedimentos depositados aguas arriba de la estructura.

Una estimación aproximada del coste de desmantelamiento de la estructura estaría en torno a 500 €/m³.

Las catas de sedimentos se situarían en torno a los 500 € y el traslado de dichos sedimentos a un vertedero autorizado para su descontaminación rondaría los 120 €/tn.

4. METODOLOGÍA PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE PASO

A la hora de elegir un tipo de paso para permeabilizar un obstáculo se consideraran los siguientes puntos:

1. Caudales circulantes durante el periodo de migración
2. Usos y características de la estructura
3. Especies objetivo.

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CONCESIÓN Y CAUDALES CIRCULANTES

En el diseño de un paso de peces es fundamental conocer qué caudal se va a disponer durante los periodos reproductivos de las especies objetivo para el diseño de peces. Es decir la media de caudales entre los meses de marzo y julio, que se corresponde con el periodo reproductivo de los ciprínidos. Y la media de caudales entre noviembre y febrero, ambos incluidos, correspondiente con el periodo reproductivo de los salmónidos.

4.2. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL OBSTÁCULO

Para el diseño de un paso de peces es necesario conocer el desnivel del obstáculo donde se plantea el paso. Para ello necesitamos conocer la cota de la lámina de agua aguas abajo de la estructura y la cota de la lámina de agua sobre la rasante del azud.

4.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES OBJETIVO

Según las especies presentes o potenciales de habitar en una masa se determinaran las características del paso de peces.

Las especies pertenecientes a la familia de los salmónidos, en la cuenca del Ebro la trucha común (*Salmo trutta*), presentan una mayor capacidad de salto que el resto de familias existentes (ciprínidos, etc). De ahí que los pasos diseñados para ésta familia podrán presentar saltos mayores.

Para determinar si se ha de diseñar un paso para salmónidos o para el resto de familias presentes en la cuenca, se tendrá en cuenta el estudio *Delimitación de regiones ecológicas en la Cuenca del Ebro* (Ver Fig 26). Es decir, en las ecoregiones definidas como Alta Montaña se diseñarán pasos para salmónidos (saltos de 30 cm) y para las otras ecoregiones se diseñaran pasos para el resto de familias (saltos de 20 cm), que presentan mayores limitaciones a la hora de salvar obstáculos.

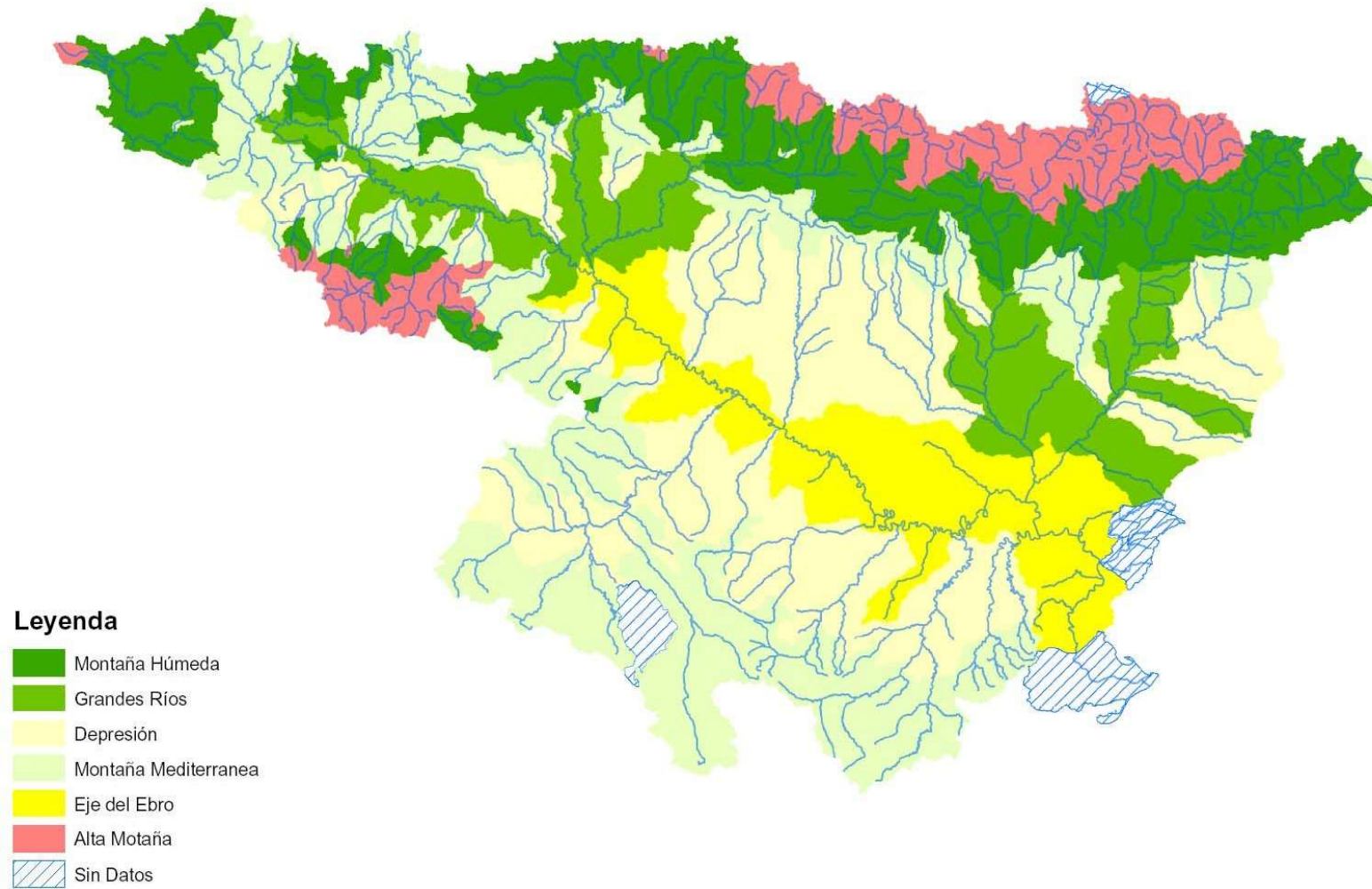


Fig. 26. Ecoregiones en la cuenca del Ebro

4.4. ELECCIÓN DEL PASO DE FAUNA

Una vez identificadas las especies, los caudales circulantes durante el periodo de migración de las especies objetivo, la altura del obstáculo y los usos que tiene se escogerá el paso de peces que mejor se adapte a todos estos condicionantes.

4.4.1. Obstáculos mayores de 8 m

Para todos aquellos obstáculos mayores de 8 metros las alternativas más competitivas son los **ascensores** y las **esclusas**.

4.4.2. Obstáculos entre 2.5 y 8 m

Para estos obstáculos los pasos que mejor se adaptan son las **escalas de artesas**. Estos últimos pasos no están testados para los ciprínidos ibéricos. Se han realizado pruebas para ciprínidos centroeuropeos y no han podido remontar este tipo de pasos. Sin embargo, los ciprínidos ibéricos presentan unas mejores capacidades natatorias por lo que algunos como el barbo común posiblemente podría remontar este tipo de pasos.

Se aceptarían desniveles máximos de hasta 8 m pero serían necesarias artesas de descanso (Ver Fig. 40).

4.4.3. Obstáculos de menos de 2.5 m

Para este tipo de obstáculos los pasos de peces que mejor se adaptan son las **escalas de artesas**, los **ralentizadores** (para salmónidos), los **ríos artificiales** y las **rampas de piedras**.

4.4.4. Obstáculos de menos de 1 m

Para estos obstáculos se pueden plantear los mismos pasos que en la tipología anterior y los **pasos rústicos**.

PASOS DE PECES PARA PERMEABILIZAR ESTRUCTURAS TRANSVERSALES EN LA CUENCA DEL EBRO

Altura del Obstáculo	Salmónidos	Ciprínidos
	Tipo de paso	Tipo de Paso
> de 8 metros	Esclusa	Esclusa
	Ascensor	Ascensor
Entre 8 y 2,5 m	Escala Artesas Vertido Semisumergidos	Escala Artesas Vertido Semisumergidos
Entre 2,5 y 1 m	Escala Artesas Vertido Semisumergidos	Escala Artesas Vertido Semisumergidos
	Ralentizadores	Ralentizadores
	Ríos Artificiales	Ríos Artificiales
	Rampas de Piedras	Rampas de Piedras
	Pasos Rústicos	Pasos Rústicos
Menos de 1 m	Escala Artesas Vertido Semisumergidos	Escala Artesas Vertido Semisumergidos
	Ralentizadores	Ralentizadores
	Ríos Artificiales	Ríos Artificiales
	Rampas de Piedras	Rampas de Piedras
	Pasos Rústicos	Pasos Rústicos

4.5. CONDICIONANTES DE DISEÑO DE UN PASO DE PECES

4.5.1. Llamada

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).

Para ello es necesario que se cumplan los siguientes condicionantes:

- Buena ubicación y orientación del paso: Siempre lateral o hacia aguas abajo.
- Poza de entrada: Profundidad > 1 m y Superficie > 3 m².
- Salida de agua: Sumergida y con fuerza ($V > 2$ m/s)
- Atracción al paso: Rebajes en el azud, canales paralelos, etc (entre el 1-5 % Q periodo de Migración)
- Dispositivos de guiado: Barreras físicas, eléctricas, sonoras, lumínicas, etc que guíen a los peces hacia la entrada.



Fig. 27. Entrada descolgada de una escala de peces en el río Matarraña (Teruel)

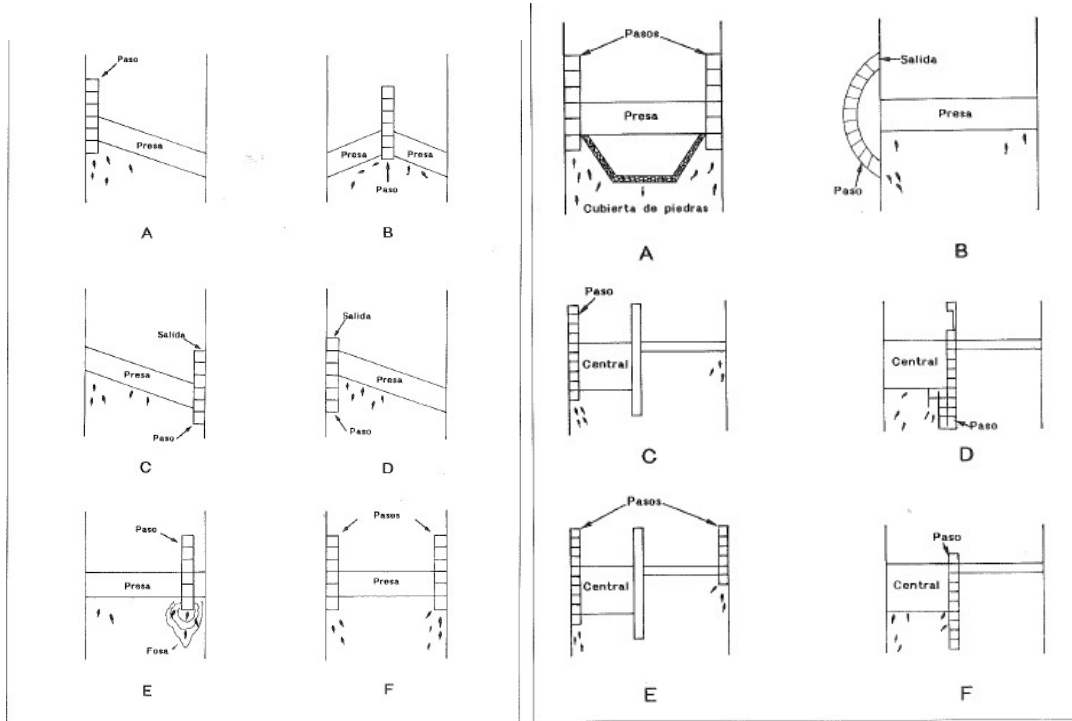


Figura 15. Disposición del paso en el obstáculo. A. Situación correcta en un obstáculo oblicuo. B. Situación correcta en un obstáculo en ángulo. C y D. Situación incorrecta en un obstáculo oblicuo. E y F. Situación correcta en un obstáculo transversal.

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. 28. Tipos de emplazamientos de pasos de fauna. (CEDEX, 1998)



Fig. 29. Escala de peces en el río Matarraña (Teruel) mal emplazada en el centro del azud y sin caudal de llamada.



Fig. 30. Escala de peces en el río Esca (Navarra). Esta escala dispone de una buena llamada



Fig. 31. Escala de peces en el río Esca (Navarra). Esta escala dispone de una mala llamada al encontrarse obstruida el rebaje realizado en el azud

4.5.2. Salida

La salida de un paso de peces debe cumplir los siguientes condicionantes:

- Debe estar alejada de la coronación del azud (más de 2 m).
- Si es posible, debe estar alejada de las tomas de las turbinas y de los canales de derivación.
- Bien orientada, perpendicular al eje hidráulico (Ver Fig. 33).
- Protegida frente a materiales flotantes (rejillas, deflectores, etc).
- Con compuerta. Con objeto de cerrar la alimentación y hacer mantenimiento o impedir la migración de especies indeseables.
- Preferiblemente hendidura vertical (Ver Fig. 38).



Fig. 32. Salida de una escala de peces protegida por una cuña en el río Arakil (Navarra)



Fig. 33. Salida de una escala de peces orientada perpendicular a la corriente y con una reja para evitar la entrada de materia orgánica en el río Esca (Navarra).



Fig. 34. Vista de la salida de un paso de peces orientada hacia la corriente la cual se encuentra totalmente obstruida. Río Matarraña en Valderrobres (Teruel).



Fig. 35. Orificio de limpieza en salida de la escala obstruido con un taco de madera. Río Matarraña en Nonaspe (Zaragoza).

4.5.3. Escalas de artesas

Los pasos de artesas sucesivas, ya sea en vertido libre o semisumergido, requieren cumplir una serie de condicionantes para que sean aptas para el tránsito de los peces. De acuerdo con las especies presentes se diseñarán escotaduras o vertederos en vertido libre o en vertido semisumergido. Así pues para escalas cuyas especies objetivo sean los ciprínidos se plantearán escotaduras semisumergidas y para salmónidos serán en vertido libre.

- En la artesa de entrada de caudal se planteará una **hendidura vertical** (ver Fig. 38).
- La **relación entre el ancho del vertedero y la longitud de la artesa** estará comprendida entre 7 y 11.
- La **relación entre el ancho de la artesa y el ancho del vertedero** estará comprendida entre 4 y 8.
- El **ancho del vertedero** será igual o superior a 20 cm para ciprínidos y salmónidos, a 30 cm para ciprínidos grandes e igual o superior a 45 cm para el sáballo.
- La **profundidad de las artesas** desde la rasante del vertedero o la escotadura será de 0,6 m como mínimo para ciprínidos y salmónidos y de 0,8 m para el sáballo.
- El **deflector** presentará una longitud igual a la del ancho del vertedero y se fijará a la misma distancia que el ancho del vertedero.
- Los **muros** tendrán un espesor mínimo de 25 cm.
- El **orificio de limpieza** será cuadrado, presentando una sección mínima de 0,04 m².
- Los **desniveles (carga de vertido)** entre las láminas de agua de dos artesas consecutivas serán de 20 cm cuando las especies objetivo sean ciprínidos y 30 cm cuando sean salmónidos.
- La **velocidad del agua** en el interior de los vertederos no excederá los 1,7 m/s cuando las especies objetivo sean ciprínidos y 2,1 m/s cuando sean salmónidos.
- La **pendiente media** del paso estará comprendida entre el 7 y el 10 %.
- Los **tabiques interiores** se recrecerán unos 15 cm y los **exteriores** 30 cm (condicionados por la morfología del azud).



Fig. 36. Hendidura vertical en la salida de la escala por la que entra el caudal a la escala. Río Oja (La Rioja)



Fig. 37. Foto escala mal dimensionada en el río Matarraña (Teruel).

4.5.4. Escalas de ralentizadores o Denil

Los condicionantes para este tipo de pasos son los siguientes:

- Cada cierto desnivel hay que situar un estanque de descanso para que los peces no sufran u sobre esfuerzo durante el ascenso.



Fig. 38. Detalle del interior de una denil (izq.) y vista de una rampa Denil con una artesa de descanso en el río Zayas (León).
Fuente: Sanz Ronda

- La distancia depende de:
 - o La velocidad de flujo en la escala.
 - o La temperatura del agua.
 - o La capacidad de nado de los peces que van a ascender por la rampa.

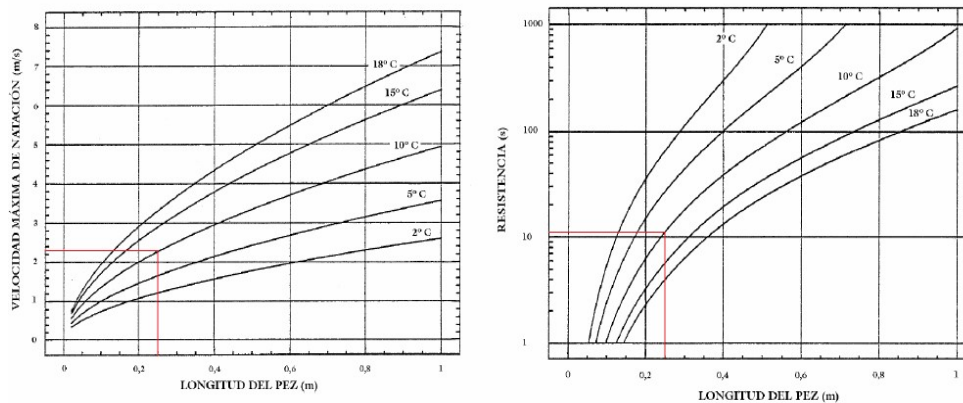


Fig. 39. Curvas de velocidad y resistencia natatoria de truchas según el tamaño de los peces y la temperatura del agua.
Fuente: Beach, 1984.

- La escala ha de quedar correctamente situada respecto al nivel de la aguas.
- Las corrientes secundarias helicoidales que refrenan la corriente principal sólo se producen si el cociente e la altura de la lámina de agua dentro del ralentizador y el ancho del ralentizador esta comprendido entre 0,5 y 1. Esto obliga a unas oscilaciones pequeñas en el nivel de las aguas de alimentación.
- La escala de estar bien hincada dentro de las aguas, a pie de obstáculo debido a:

- Los peces no pueden acceder saltando.
- En la época de estiaje el primer ralentizador debe estar sumergido.

4.5.5. Ríos artificiales

Cabe proyectar el paso rústico de dos maneras:

1. Creando saltos regularmente espaciados mediante umbrales de fondo
2. Dando al río una mayor naturalidad disponiendo bloques, espigones y umbrales de una forma más aleatoria.



Fig. 40. Detalle de bloques de piedra en un río artificial. Fuente: Sanz-Ronda

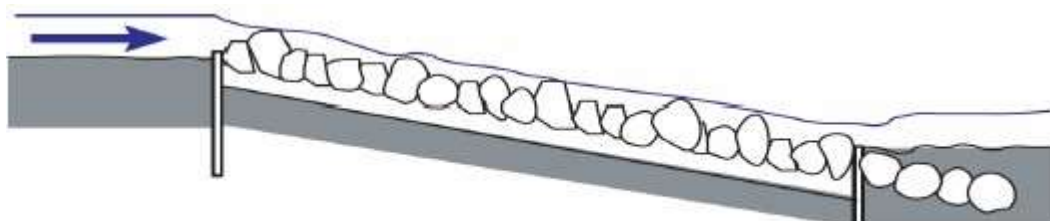
La primera solución es técnicamente más sencilla. De hecho pueden utilizarse patrones de diseño conocidos y suficientemente ensayados. En la segunda alternativa se aconseja acudir a la experimentación con modelos reducidos antes de realizar la obra para tener el remonte de peces asegurado.

4.5.6. Rampas de piedra

En el caso de los pasos formados por rampas de piedras, y según su tipología, los condicionantes que deben de cumplir para un perfecto funcionamiento son los siguientes:

1. RAMPAS CONVENCIONALES:

- Construcción mediante la disposición de una escollera de piedras y cantos rodados de 0,6 a 1,2 m de tamaño a menudo unidos unos a otros.
- Pendiente máxima será de 10% para salmónidos y 5% para ciprínidos.



Fuente: FAO/DVWK, 2002

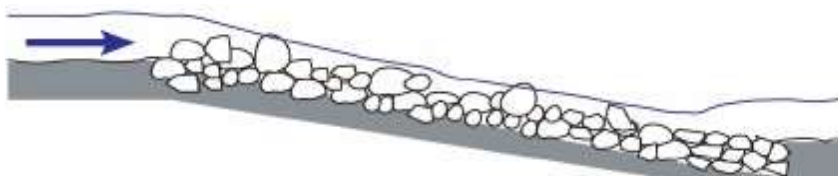
Fig. 41. Esquema de una rampa convencional



Fig. 42. Rampa de peces convencional en el río Pisuerga a su paso por Alar del Rey (Palencia)

2. RAMPAS CON INCORPORACIÓN DE BLOQUES DE PIEDRA:

- Construcción de una de varias capas de escollera en la que se incorporan grandes bloques de roca para aumentar la rugosidad.
- Requiere estabilización en la zona de transición mediante la inclusión de un elemento de disipación de energía en la parte final.
- Los terraplenes laterales a lo largo de la rampa y en la zona inmediatamente posterior aguas abajo también deben asegurarse con escollera por encima de la cota media-alta del agua.



Fuente: FAO/DVWK, 2002

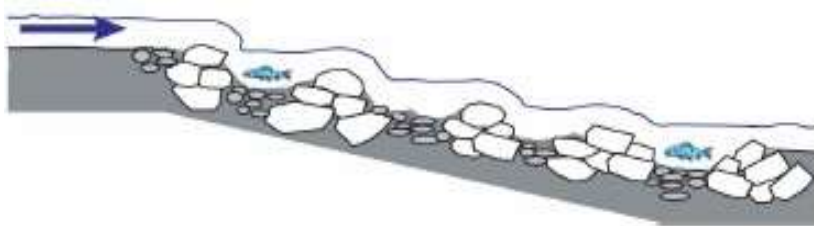
Fig. 43. Esquema de una rampa con bloques de piedra



Fig. 44. Rampa de peces con incorporación de bloques en el río Tormes (Salamanca). Fuente: Sanz-Ronda

3. RAMPAS TIPO RÁPIDO-REMANSO:

- Deberán imitar una secuencia natural de rápidos y remansos.
- Pendientes máximas serán de un 10% para los salmónidos y un 5% para ciprínidos.
- En cuanto a la profundidad media mínima del agua en los remansos, se recomienda que sea de 0,5 m para ciprínidos y 0,4 m para salmónidos.



Fuente: FAO/DVWK, 2002

Fig. 45. Esquema de una rampa tipo rápido remanso



Fig. 46. Vista de una poza de una rampa de piedras del tipo rápido-remanso

5. **BIBLIOGRAFÍA**

- Elvira, B., G.G. Nicola & A. Almodóvar (1998). *Sistemas de paso para peces en presas*. CEDEX, Ministerio de Fomento, Madrid, 113 pp
- Larinier, M. (1992). *Les passes a ralentisseurs*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.
- Larinier, M. (1992). *Passes a bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.
- Larinier, M. (1992). *Implantación des passes a poissons*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.
- Larinier, M. (1992). *Facteurs biologiques a prendre en compte dans la conception des ouvrages de franchissement, notions d'obstacles a la migration*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.
- Larinier, M. (1992). *Généralités sue les dispositifs de franchissement*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.
- Larinier, M. & Travade, F. (1992). *La conception des dispositifs de franchissement poru les aloses*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.
- Larinier, M., Porcher, J.P., Travade, F. & Gosset, C. (1994). *Passes à poissons : expertise et conception des ouvrages de franchissement*. Mise au point . CSP. ISBN 2-11-088083-X
- Martínez de Azagra Paredes, A. (1999): *Escalas para peces*. Publicación de la E.T.S.II.AA., nº 26. U. de Valladolid. 1ª Edición. Palencia.
- Martínez de Azagra Paredes, A. & García Molinos, Jorge. (2003). *Diseño de ascensores para peces*. Ingeniería Civil , Nº 132 , ISSN: 0213-8468.
- Porcher, J.P. (1992). *Les passes a anguilles*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture
- Travade, F., Larinier, M. (1992). *La migration de dévalaison: problèmes et dispositifs*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.
- Travade, F., Larinier, M. (1992). *Ecluses et ascenseurs a poissons*.- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.