

Energía minihidráulica

Proyecto

RES & RUE Dissemination

ÍNDICE

PREFACIO

1. Introducción

2. Un poco de teoría: cómo aprovechar la fuerza del agua

2.1. La física de una instalación hidroeléctrica

2.2. Componentes de una instalación hidroeléctrica

3. Clasificación de los sistemas de Mini-hidráulica

4. La hidroeléctrica en España

4.1 Consistencia y potencialidad

4.2 Impacto ambiental

5. La Minihidráulica

5.1 Ingeniería de las plantas de procesamiento y tecnología

5.2 Aplicaciones

5.3 El potencial minihidráulico en España

5.4 Impacto ambiental

6. Trámites para la realización de un sistema minihidráulico

6.1 Micro-instalaciones hidroeléctricas.

6.2 Elección del lugar y evaluación de los parámetros (caudal, salto, etc)

6.3 Análisis de las autorizaciones requeridas

6.4 Estudio de viabilidad de la instalación y control de los costes

6.5 Elección del proyectista constructor y fase de implementación

6.6 Gestión de la instalación (mantenimiento y gestión)

7. Acciones de programación: el papel de las entidades públicas.

7.1 Por dónde empezar

7.2 Recursos disponibles

7.3 Qué recursos activar

8. Glosario

CECU agradece a todos los que han contribuido a la realización de esta publicación en el contexto del proyecto europeo RES & RUE Dissemination – Programa ALTENER. Se agradece a las entidades públicas, las asociaciones, y las empresas constructoras y/o distribuidoras de componentes por su disponibilidad y participación activa.

Informe realizado por:

Ing. Alessandro Brusa

Ing. Elena Guarnone

A.P.E.R.

Adaptado a la realidad española por CECU

Prefacio

ARRIBA

La utilización de sistemas capaces de generar energía de forma limpia y sostenible está teniendo en los últimos años un gran crecimiento debido, en buena medida, al empuje recibido por la confirmación de los problemas de cambio climático y agotamiento de los recursos a los que se enfrenta nuestro planeta. Es previsible que estos sistemas cobren cada vez una mayor importancia tras la decisión de la Comunidad Europea, junto con otros países, de aceptar las obligaciones de reducción de emisiones que producen el cambio climático, según lo expuesto en el Protocolo de Kyoto.

La utilización de la energía potencial del agua disponible entre una cota superior y una inferior, encontró aplicación hace siglos: con los molinos de agua, ha sido posible la utilización de una fuerza proporcionada por la naturaleza para realizar tareas diversas.

Desde finales de siglo XVIII, la utilización de los recursos hídricos ha sido la forma más común de producción de energía eléctrica. Sin embargo, no ha sido hasta hace pocos años cuando se le ha atribuido el valor añadido, respecto a otros tipos de producción de energía, de los beneficios medioambientales que supone su reducido impacto por la no emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, en oposición a la combustión del carbón o el petróleo.

La tecnología en el campo hidroeléctrico ha llegado, en la actualidad, a su plena madurez (en este sector no se esperan cambios importantes de tecnología), y el uso industrial del recurso hídrico, por lo menos en los países europeos, tras casi dos siglos de aprovechamiento, ha alcanzado prácticamente su potencial técnico.

De todos modos, existen posibilidades de empleo del recurso hidroeléctrico a pequeña escala, que pueden presentar interés para realidades locales y con un uso de la energía diferente de la industrial. Es el caso de la utilización de los saltos de agua de los acueductos (si se gasta energía para bombear el agua a un cierto desnivel, porqué no recuperar una parte en la fase de caída), o de pequeñas turbinas (de pocos kW a pocas decenas de kW) colocadas en regueros o torrentes de montaña, para el suministro de localidades de montaña, o también en canales de riego o de bonificación.

El objetivo principal de esta guía es ofrecer a las Administraciones Públicas, a los encargados de la planificación de los asuntos energéticos, urbanos y medio ambientales, a los profesionales y a todos los que juegan un papel fundamental en el desarrollo de sistemas integrados energía-medio ambiente-territorio, un instrumento de análisis y evaluación para la utilización de sistemas de producción descentralizada de energía eléctrica, que contribuyan, dentro del ámbito local, a moderar los efectos que conlleva la utilización incontrolada de combustibles fósiles y de recursos no renovables.

La guía se dirige, además, a los usuarios finales, esto es, a los consumidores que quieran mantenerse actualizados en el tema de tecnologías, incluso para necesidades domésticas y que, con sus decisiones, pueden influir sobre el mercado

1. Introducción

La producción de energía eléctrica a través del aprovechamiento de la fuerza del agua forma parte de nuestra cultura como un medio normal, seguro y consolidado de producir energía (tanto mecánica como eléctrica).

Pensamos en los muchos molinos de agua presentes en nuestro paisaje, que se han venido utilizando para moler los cereales, mover serrerías o bastidores o para prensar el aceite; estos usos han estado presentes en el medio rural de nuestro país durante muchos años y resultan familiares a la población, ya que forman parte de las costumbres de nuestros abuelos.

Actualmente, el uso más común de la fuerza hidráulica es la producción de energía eléctrica, al menos en los países industrializados: casi un siglo y medio de aplicaciones industriales en esta dirección, con la realización de obras y centrales de cierta importancia, incluso desde el punto de vista arquitectónico, han ayudado a consolidar en nuestra mente la idea de aprovechamiento de un recurso disponible de una forma limpia.

Sin embargo, algunas centrales hidroeléctricas, especialmente las de gran tamaño, con embalses de millones de metros cúbicos de agua, tienen impacto negativos sobre el medio ambiente. Actualmente se están escuchando voces en contra de las energías renovables, incluso provenientes de grupos ecologistas, que llaman la atención sobre el impacto ambiental que producen algunas tecnologías, en relación a su reducida productividad.

Por desgracia, a menudo no se produce un diálogo entre las partes interesadas, que permita contrastar el impacto real producido sobre el territorio, con el beneficio en términos de disminución de emisiones contaminantes: este clima puede perjudicar el desarrollo de las fuentes renovables, tales como la mini-hidráulica, que en otros países son fomentadas precisamente por las asociaciones ecologistas.

En este sentido, las Administraciones Públicas y los profesionales tienen un papel importante en el aprovechamiento de las oportunidades que ofrece el desarrollo de las fuentes de energías renovables: por una parte, los directivos responsables de la imposición de las directrices en los ámbitos de la energía, el medio ambiente y el territorio tienen la posibilidad de favorecer la implantación de pequeñas instalaciones de fuentes de energías renovables, a través de los instrumentos de la programación, de facilitar de los trámites de autorización, de la asignación de fondos, y de la adhesión a proyectos e iniciativas de programación local.

Por otra parte, los profesionales tienen la tarea de investigar sobre la potencialidad que ofrece el territorio, estudiar cómo integrar estos sistemas en el medio local, diseñar proyectos-piloto que ayuden a definir y difundir unos estándares aplicables localmente.

2. Un poco de teoría: cómo aprovechar la fuerza del agua

ARRIBA

2.1 La física de una instalación hidroeléctrica

Las turbinas hidráulicas utilizan la energía potencial que tiene una masa de agua en un desnivel, llamado **salto**, existente entre las dos secciones de **canal a cielo abierto**, la superior (aguas arriba) y la inferior (aguas abajo).

La transformación de la energía potencial del agua en energía mecánica se realiza a través de turbinas, que se activan gracias a la masa de agua que pasa por su interior. A su vez, la potencia mecánica en el eje de la turbina se puede utilizar directamente para realizar trabajo (como en los molinos de agua) o para producir energía eléctrica, conectando el eje de la turbina, a través de reductores adecuados, a un **alternador**.

La potencia que se puede obtener de una turbina hidráulica está expresada por la siguiente ecuación:

$$P = h g Q H$$

donde:

P = potencia expresada en kW

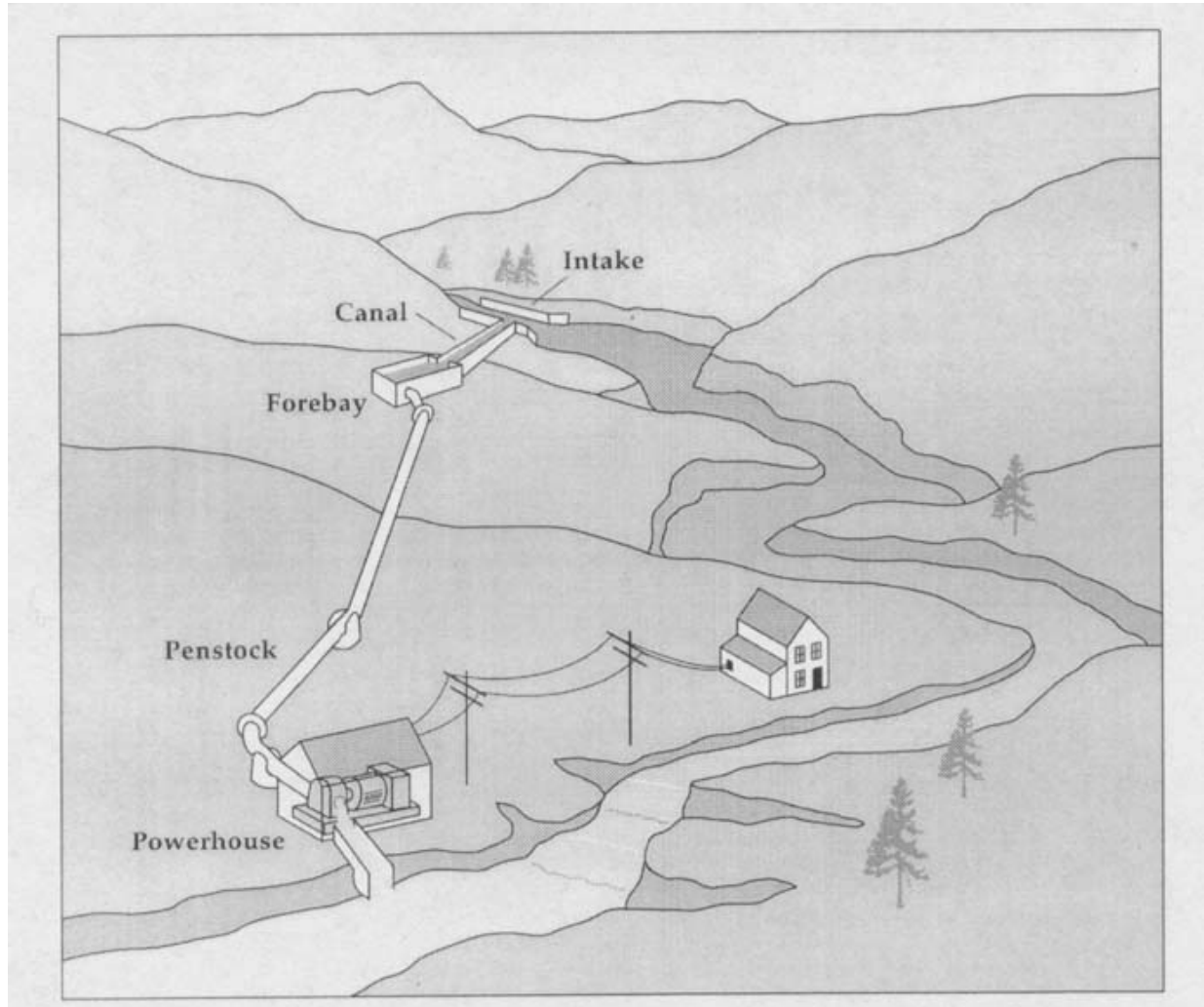
h = rendimiento global del sistema (*)

g = aceleración de gravedad expresada en m/s² (igual a 9,8 m/s²)

Q = caudal de agua expresada en m³/s

H = salto o desnivel expresado en m

(*) Por rendimiento global de la instalación se entiende el porcentaje de potencia que se puede realmente obtener respecto al potencial técnico, teniendo en cuenta las inevitables pérdidas de la transformación.



Esquema de una instalación hidroeléctrica (toma, canal, cámara de carga, conducto forzado, central)

2.2 Composición de una instalación hidroeléctrica

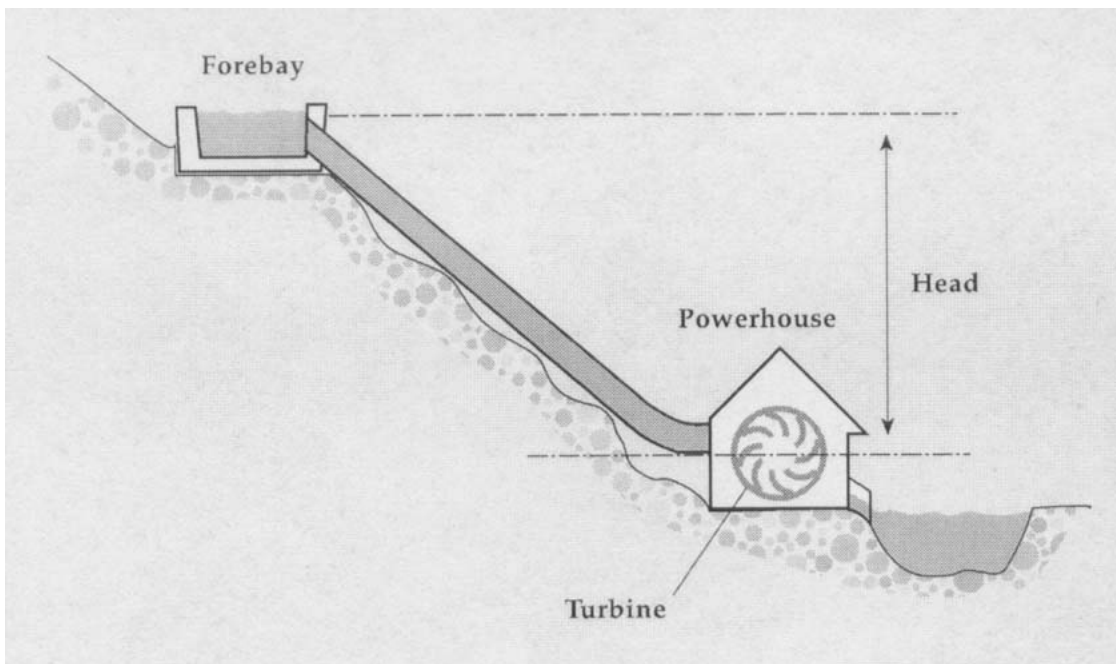
ARRIBA

Una instalación hidroeléctrica está formada por canales y componentes hidráulicos (sistema de captación de agua, tomas de agua, sistema de canalización y de restitución,

centralita) y por componentes electromecánicos (turbina, alternador, cuadros eléctricos, sistemas de mando).

El agua procedente de los sistemas de toma de agua es canalizada, a través de canales o conductos, a la cámara de carga, que determina el nivel del canal a cielo abierto superior, necesario en función del salto útil para la central. Desde este punto, el agua es canalizada a las turbinas a través de conductos forzados y, al pasar a por las paletas móviles (rotores), determina su rotación. El eje del rotor que gira está conectado a un generador de electricidad (**alternador**); el agua que sale de la turbina es devuelta, a través de los sistemas de restitución a su curso original, a un nivel determinado por el canal a cielo abierto inferior.

Parts of a small hydro facility



Esquema detallado

(cámara de carga, conducto, central, restitución al cauce)

De forma más específica, una instalación hidroeléctrica consta de los siguientes componentes:

- **sistemas de toma de agua**, cuya configuración depende de la tipología del curso de agua interceptado y de la orografía de la zona;
- **sistemas de filtración**, para la eliminación de cuerpos en suspensión en el agua; su tipología –incluida su mayor o menor automatización– depende del caudal derivado y de la entidad de los sólidos transportados por el flujo hídrico;
- **sistemas de conducción de las aguas** formados por canales o conductos forzados según la orografía y por consiguiente la tipología de instalación, con un mayor o menor salto;
- edificio central, que contiene los **sistemas electromecánicos**: grupo turbina-alternador, transformador, contadores, cuadros eléctricos y sistemas de control;
- **sistemas de restitución** de las aguas al curso de agua principal.

La potencia que se puede obtener de una instalación, a igualdad de caudal y salto, depende del rendimiento global de transformación de una instalación hidroeléctrica, que es el resultado del producto de, al menos, los cuatro siguientes rendimientos parciales:

- rendimiento hidráulico;
- rendimiento volumétrico de la turbina;
- rendimiento mecánico del grupo turbina-generador;
- rendimiento eléctrico del generador;
- rendimiento del transformador.

Turbinas hidráulicas: funcionamiento y clasificación

Una turbina hidráulica es una máquina motriz que permite transformar la energía potencial del agua en energía mecánica. Consta de:

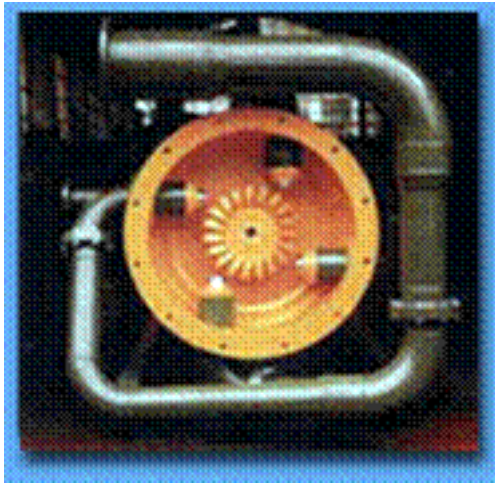
- una parte fija –**distribuidor**– con la función mecánica de dirección y regulación del caudal que llega al rodete, y la función hidráulica de transformación de la energía potencial del agua en energía cinética.
- una parte móvil –**rodete**– puesto en movimiento por el agua que sale del distribuidor con la función de comunicar energía mecánica al eje en el que está montada.

En relación a sus características dinámicas, las turbinas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- TURBINAS DE ACCIÓN: la energía del agua que sale del distribuidor es totalmente cinética (la transformación de energía potencial a cinética, se produce al pasar a través de una aguja que provoca un estrechamiento del diámetro del conducto forzado). A lo largo de todo el recorrido a través del rodete, el fluido se encuentra a la presión atmosférica. Las únicas turbinas de acción utilizadas en la práctica son las turbinas PELTON.
- TURBINAS DE REACCIÓN: la energía del agua que sale del distribuidor es en parte cinética y en parte de presión (la transformación de potencial a cinética que se produce en el distribuidor no es completa: el agua sale con una velocidad inferior a la de las turbinas de acción, pero con una presión no nula). Las turbinas de reacción trabajan completamente sumergidas en el agua y tienen en su parte final un **difusor**. Existen numerosos tipos que se pueden resumir en las FRANCIS y las DE HÉLICE (entre las cuales se encuentran las turbinas KAPLAN).

En función del salto y del caudal disponible, se instalan diferentes tipos de turbinas:

- PELTON: cuando el salto es grande y el caudal reducido;
- FRANCIS: para valores medios de salto y caudal;
- KAPLAN: cuando el salto es pequeño y el caudal es importante.



Turbina Pelton de 4 chorros de 100 kW (*Fuente: Tamanini*)

3. Clasificación de las centrales mini-hidráulicas

ARRIBA

Mini-hidráulica es el término con el que la UNIDO (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial), denomina a las centrales hidroeléctricas de potencia inferior a 10 MW. Dentro de la mini-hidráulica, puede realizarse la siguiente clasificación:

- **pico** centrales $P < 5 \text{ kW}$
- **micro** centrales $P < 100 \text{ kW}$
- **mini** centrales $P < 1.000 \text{ kW}$
- **pequeñas** centrales $P < 10.000 \text{ kW}$

Observación:

La clasificación de los sistemas de mini-hidráulica es una convención útil para reflejar diferentes modalidades de funcionamiento. En España, se consideran centrales minihidráulicas aquellas con una potencia instalada de 10 MW o menos, una frontera que hasta hace poco se situaba en los 5 MW.

Otra forma de clasificar las centrales hidroeléctricas se basa en su funcionamiento en

relación con la modalidad de toma y acumulación de las aguas:

- **Centrales de agua fluente:** son las que no están reguladas. El caudal varía durante el año en función del régimen hidrológico del curso de agua.
- **Centrales de flujo regulado,** son aquellas situadas aguas abajo de los embalses destinados a usos hidroeléctricos o a otros fines y en los que se pueden regular las aguas a través de un depósito de regulación diario, semanal o mensual. La entidad de la regulación está relacionada a la capacidad de acumulación del depósito.

4. La energía hidráulica en España

ARRIBA

4.1 Consistencia y potencialidad

La producción de energía hidroeléctrica depende en gran medida de la pluviometría. En España, la pluviometría puede cifrarse en unos 350 km³/año (700 mm de precipitación media anual para una superficie de 500.000 km²) para un año medio, siendo la distribución de estos recursos muy desigual en el tiempo y en el espacio. La desigualdad en el tiempo es consecuencia del carácter torrencial de sus ríos, con grandes fluctuaciones de sus caudales a lo largo de las diferentes épocas del año. La irregularidad en el espacio resulta bien patente si se considera que el recurso potencial (aproximadamente el 30% de la pluviometría) varía de unas cuencas a otras de 1 a 13: las cuencas del Norte producen más de la tercera parte de la aportación de los ríos en el 10% de la superficie del país, mientras que el 90% restante no presenta una situación tan favorable en cuanto a recursos hidráulicos y ya entra dentro de la categoría de región semiárida.

El Plan de Fomento de las Energías Renovables estimaba que el potencial hidroeléctrico pendiente de desarrollar en España a principios del año 1999 con centrales hidroeléctricas mayores de 10 MW [\[1\]](#), equivalía a una potencia nueva a instalar del orden de 10.387 MW. Considerando todo el potencial, es decir, incluyendo como parte del recurso desarrollable las futuras concesiones que no habían solicitado permiso hasta 1999, la estimación total del recurso ascendía a 20.774 GWh/año.

Para la obtención del potencial técnicamente desarrollable, la potencia instalada que

sería necesaria sería de 2.419 MW. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la industria española tiene capacidad suficiente para desarrollar hasta 2010, año horizonte del Plan, 1.200 MW. Las previsiones del IDAE según los recursos existentes y teniendo en cuenta las expectativas de crecimiento a lo largo del período 1999-2010, se situaban en el intervalo de 600-800 MW. La previsión de la Asociación de Pequeños Productores y Autogeneradores de Electricidad con Fuentes de Energías Renovables, era algo mayor, situándose en los 1.000 MW.

En estos datos se contempla únicamente el desarrollo de centrales con potencia entre 10 y 50 MW, ya que para las centrales hidroeléctricas de potencia mayor a 50 MW, el Plan de Fomento prevé únicamente la automatización de las antiguas centrales. Los datos relativos a las centrales de potencia menor a 10 MW (minihidráulica), se ofrecen en el apartado 5.3.

4.2 Impacto ambiental

ARRIBA

NORMATIVA RELATIVA A LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se entiende por Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente.

El procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental fue regulado por el derecho comunitario mediante la Directiva 85/337/CEE, posteriormente modificada por la Directiva 97/11/CEE, que completó la lista de proyectos que debían someterse a este procedimiento.

En España existe una norma estatal aplicable con carácter general que regula el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, **el Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, modificado por las Leyes 54/1997, de 27 de noviembre, y 6/2001, de 8 de mayo, y por el Real Decreto-Ley 9/2000, de 6 de octubre.**

Los proyectos de instalaciones para la producción de energía hidroeléctrica están obligados a someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental sólo en el caso en que se desarrollen en zonas especialmente sensibles, designadas en aplicación de las Directivas 79/409/CEE, de Aves y 92/43/CEE, de conservación de espacios

naturales y flora y fauna silvestre, o en humedales incluidos en la lista del Convenio de Ramsar.

El resto de proyectos destinados a la producción de energía hidroeléctrica deben ser estudiados, caso por caso, por el órgano ambiental competente, que deberá decidir, de forma motivada y conforme a los criterios establecidos en el anexo III de la Ley 6/2001, si un determinado proyecto debe o no someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

Los impactos ambientales que se producen en la ejecución de los proyectos de centrales hidroeléctricas dependen del tamaño de la central, su situación geográfica y su entorno físico, biológico y climático.

5. La mini-hidráulica

ARRIBA

5.1 Ingeniería de plantas de procesamiento y tecnología

Como se ha adelantado en el apartado 3, según la terminología utilizada a nivel internacional, se denominan microcentrales aquellas centrales de potencia inferior a 100 kW.

La potencia de una instalación se define, como ya se ha visto, por el producto del caudal y del salto. Aunque se puede obtener la misma potencia en sistemas que utilizan un gran caudal y saltos pequeños que en las que utilizan saltos grandes y caudales pequeños, las microcentrales (que producen bajas potencias) aprovechan normalmente caudales reducidos sobre saltos modestos.

Además, la potencia que se puede obtener de una instalación, a igualdad de caudal y salto, depende del rendimiento global de transformación: para un cálculo aproximado del rendimiento de un microsistema se aconseja hacer referencia a un rendimiento global inferior al que normalmente se utiliza en las instalaciones de gran tamaño, considerando un h_{global} comprendido entre 0,5 y 0,7.

En líneas generales, los microsistemas hidroeléctricos pueden ser a baja o alta prevalencia, pueden ser de agua fluente o de flujo regulado y, finalmente, pueden ser

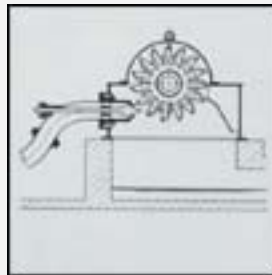
instalados directamente sobre el curso de agua o colocados sobre obras adecuadas de derivación del flujo.

En general, para este tipo de sistemas se utilizan turbinas **Pelton** o de **flujo cruzado**, que se adaptan mejor al aprovechamiento del potencial de caudales generalmente limitados.

Como se verá a continuación, la elección de la turbina adecuada se realiza a través de normogramas en los que la introducción de los datos de proyecto (salto y caudal de agua disponibles) permite extrapolar la tipología de turbina más adecuada y el tamaño en términos de potencia.

Cada turbina tiene su propio rendimiento, en función del régimen de utilización de la misma.

Maquinaria para la minihidráulica



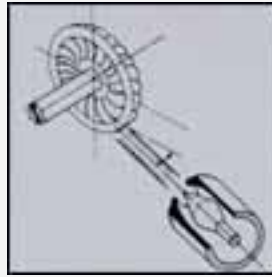
Micro turbina **Pelton**

Es una turbina de acción, adecuada para sistemas con salto alto, hasta unos centenares de metros. Es muy parecida a las turbinas utilizadas en los sistemas de tamaño más grande y puede ser de eje horizontal o vertical, con hasta 6 chorros y palas de doble cuchara. Generalmente todas las partes mecánicas principales están hechas de acero inoxidable.

Ventajas:

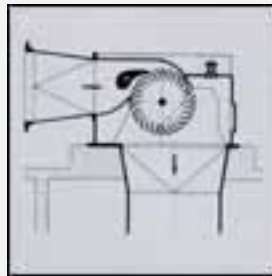
- funciona a la presión atmosférica (no ofrece problemas de estanqueidad o de cavitación);
- de fácil y sólida construcción, ocupa poco espacio y tiene un rendimiento óptimo;

- el número de giros relativamente bajo (adaptable a saltos de agua incluso muy elevados).



Micro turbina **Turgo**

Es una turbina de acción parecida a una Pelton y apta para saltos de 30 a 300 m. Los constructores la aconsejan para situaciones con variaciones importantes de flujos y aguas turbias.

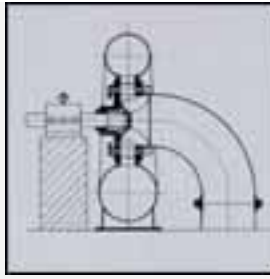


Micro turbina de flujo radial o cruzado

Es apta para instalaciones de bajo y mediano salto, desde pocos metros hasta aproximadamente 100, y caudales de 20 a 1000 l/s aproximadamente. Se utiliza exclusivamente en sistemas de pequeña potencia. Se están realizando pruebas con prototipos más innovadores, pero actualmente los modelos más extendidos son los llamados Michell Banki.

Se trata de una máquina de entrada radial del agua, caracterizada por una doble acción del fluido sobre las palas, regulación del caudal de 0 a 100%, garantizada por un especial sistema y transmisión del movimiento al generador, gracias a una correa dentada. Generalmente los componentes metálicos están hechos de acero inoxidable.

Las **ventajas** e inconvenientes de las turbinas de flujo cruzado son parecidas a las de las turbinas Pelton, excepto porque tienen un menor rendimiento. Se fabrican con mayor facilidad y se pueden adaptar incluso a saltos inferiores que las Pelton.



Mini turbina **Francis**

La Francis es una turbina de reacción para potencias con límite inferior alrededor de los 100 kW: por esto se denomina miniturbina. La aplicación de turbinas de reacción en instalaciones pequeñas es más problemática que la utilización de las de acción.

A pesar de ello, en las aplicaciones pequeñas se utilizan turbinas tipo **Francis**, aptas para saltos medianos (de una decena a unos centenares de metros). Estas turbinas son muy parecidas a las turbinas para instalaciones más grandes.

Ventajas

- aprovechan todo el salto disponible hasta el canal de desagüe;
- tienen una velocidad de rotación alta, apta para saltos medianos-pequeños y no estrictamente relacionada con la entidad del salto, sino, al contrario, variable con el grado de reacción;
- es posible utilizarla para aplicaciones a sistemas *en cámara libre* para saltos muy pequeños.

Inconvenientes

- su construcción es compleja;
- tiene problemas de estanqueidad (por la diferencia de presión entre las parte superior e inferior del rodete), de cavitación (por la depresión del difusor) y de fricción y desgaste (debidos a la velocidad del agua contra las palas).

5.2 Aplicaciones

La energía hidroeléctrica se puede utilizar en las siguientes aplicaciones:

- **Sistemas off-grid o stand-alone**: sistemas no conectados a la red. Normalmente se trata de pico-centrales al servicio de usuarios que consumen pocos kilowatios.
- **Sistemas on-grid o grid-connected**: sistemas conectados a la red eléctrica. Normalmente son micro-sistemas creados para el autoconsumo que pueden ceder la energía sobrante producida a la red.

Los sistemas de micro-hidráulica pueden utilizarse en todos los casos en los que haga falta un suministro de energía y esté disponible un curso de agua, aunque sea pequeño, con un salto incluso de pocos metros. En esos casos, la introducción de sistemas de utilización de las aguas tiene un impacto reducido ya que no se modifica el uso mayoritario del curso de agua, que puede ser vital para el suministro de zonas aisladas.

Una aplicación bastante útil para los sistemas hidráulicos de tamaño muy pequeño es su utilización en **áreas de montaña**, que son de difícil acceso y en las que existen dificultades de suministro por la red eléctrica. En estas zonas existe un elevado potencial para construir o restaurar minicentrales en cursos de agua de régimen torrencial o permanente, que se utilizan para el suministro de pequeñas comunidades locales o granjas y hoteles aislados, y que son gestionadas en el marco de una planificación territorial que aboga por la protección y conservación del territorio, la producción dispersa respecto a la concentrada, convencional y de gran tamaño.

Desde el punto de vista operativo, los sistemas actuales tienen la ventaja de su facilidad de gestión, gracias a la introducción del telecontrol y del mando a distancia, lo que supone también un ahorro del personal de gestión, cuya intervención se limita a la manutención ordinaria y extraordinaria.

Para la minihidráulica se utilizan también pequeños cursos de agua, regueros y torrentes, con aplicaciones mínimamente invasivas (turbina-alternador estancos, insertados directamente en el cauce del curso de agua con el cable de la energía eléctrica – generalmente de corriente continua – que llega directamente al refugio o a la cabaña), que se insertan en el entorno natural sin necesidad de obras de infraestructura y de control y consiguen proporcionar una aportación extra de unos kW, a menudo suficientes para alimentar una nevera, una radio transmisora y receptora o la iluminación de un refugio o de una cabaña alpina.

Otro sector de aplicación cada vez más desarrollado es la llamada **recuperación energética**. En general, en los sistemas de tipo disipador, como puntos de control y regulación del caudal (diques de desconexión, aliviaderos, presas, divisores, portillos) con presencia de saltos, es posible instalar una turbina con el fin de recuperar energía de la corriente.

En la práctica, la realización de una micro instalación en un sistema hídrico de este tipo es viable económicamente si los conductos ya existen y en los casos en los que los saltos y los caudales sean grandes.

Los sistemas hídricos en los que existe esta posibilidad son muchos:

- acueductos locales o redes de acueductos complejas;
- sistemas hídricos de uso múltiple (agua potable, industrial, de riego, recreativo, etc.);
- sistemas de canales de bonificación y de riego;
- canales o conductos de reflujos para los desbordamientos de caudal;
- circuitos de enfriamiento de condensadores de sistemas con motores térmicos.

Algunas aplicaciones prevén la realización de **sistemas hidroeléctricos de producción con bombeo**, que hacen funcionar el generador como un motor y permiten durante la noche, cuando la disponibilidad energética es mayor, bombear el agua de un embalse inferior al superior.

Sistema de intercambio con la red eléctrica de la energía producida en instalaciones de energías renovables

El actual funcionamiento del sistema eléctrico en España, con la liberalización del mercado eléctrico, permite que las instalaciones de producción de electricidad a partir de fuentes renovables puedan transferir al sistema a través de la compañía distribuidora de electricidad su producción o excedente de energía eléctrica y percibir por ello el precio del mercado mayorista más los incentivos previstos en base al régimen especial de producción de electricidad, determinado en el **Real Decreto 2818/1998, de 23 de noviembre** (en el que se dictan las normas de producción de energía eléctrica abastecidas por recursos o fuentes de energías renovables).

Asimismo, los productores responsables de este tipo de instalaciones tienen derecho a recibir de la compañía distribuidora, en todo momento, la energía eléctrica que sea necesaria para el desarrollo de su actividad, abonando la tarifa que le corresponda.

Las características de este sistema son importantes para el desarrollo de la minihidráulica, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

§ La energía hidroeléctrica es un recurso intermitente: la producción no es constante en el tiempo ya que está sujeta a la variación del régimen hidrológico del curso de agua. Puede ocurrir que momentos de producción de energía coincidan con situaciones de necesidad energética nula, o viceversa; el sistema de intercambio con la red permite al usuario ceder la electricidad producida al precio de mercado.

§ Permite reducir los costes, evitando la utilización de sistemas caros de almacenamiento de la energía.

§ Evita al usuario instalar contadores de energía.

Sistemas híbridos y combinados

Los **sistemas híbridos** nacen de la unión de dos o más sistemas de generación, uno convencional y uno que utilice fuentes renovables, para garantizar una base de continuidad del servicio eléctrico. La configuración típica de un sistema híbrido es la siguiente:

- una o más unidades de generación de fuentes renovables: eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica;
- una o más unidades de generación convencional: diesel;
- sistema de almacenaje de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico;
- sistemas de condicionamiento de la potencia: invertidor, rectificadores, reguladores de carga;
- sistema de regulación y control.

La tendencia actual es la de proyectar sistemas híbridos en los que las fuentes

renovables y el almacenamiento proporcionen hasta el 80-90% de las necesidades energéticas, dejando la utilización de los sistemas restringido a casos excepcionales.

Los sistemas híbridos representan actualmente una solución viable para las exigencias de energía eléctrica en áreas aisladas o no electrificadas. En el pasado, de hecho, se utilizaban solo generadores diesel, que, en la modalidad operativa de baja carga, muestran una eficiencia reducida en el funcionamiento, altos costes de mantenimiento y un breve tiempo de vida de la instalación. Los sistemas híbridos permiten reducir esos problemas y aprovechar los recursos renovables existentes en el territorio, constituyendo una opción viable y favorable tanto ambiental como socialmente.

Aplicaciones de los sistemas híbridos:

- Sistemas para usuarios o comunidades aisladas: se trata de sistemas hasta un máximo de 100 kW de potencia.
- Sistemas híbridos de retrofit: se trata de sistemas renovables instalados en redes locales en media tensión, hasta la potencia de unos MW, con el fin de reducir las horas de funcionamiento de los generadores diesel existentes, ahorrando combustible y reduciendo las emisiones contaminantes.

Los **sistemas combinados completamente renovables** unen las tecnologías fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica. Consideradas las características de intermitencia de las fuentes utilizadas, se trata de sistemas que se pueden utilizar en aplicaciones “grid-connected”.

En algunas situaciones, se pueden instalar **sistemas híbridos completamente renovables**, que permiten la autosuficiencia de la red eléctrica. Estos sistemas combinan una fuente continua, para cubrir la necesidad energética de base (biomasa y/o energía geotérmica), y una o más fuentes intermitentes, para cubrir los picos de potencia solicitada (hidroeléctrica, eólica, solar).

Cuando el recurso del viento está disponible, los aerogeneradores de tamaño reducido pueden encontrar muchas aplicaciones en los sistemas combinados o híbridos. A igualdad de energía eléctrica producida, de hecho, la tecnología eólica, respecto a otras fuentes renovables, requiere costes de inversión relativamente limitados.

Simplificaciones técnicas y tecnológicas en las aplicaciones de minihidráulica

En relación a las obras de toma y acumulación, existen en el mercado **diques o presas hinchables** que requieren obras de infraestructura e hidráulicas limitadas y pueden ser reguladas en base al nivel del canal a cielo abierto aguas arriba del dique.

Además, existe la posibilidad de utilizar **tubos de plástico para los conductos forzados**: de PEAD o PVC, que pueden trabajar perfectamente a la presión óptima de 16 bar, son fáciles de instalar y de adaptar al terreno, no son vulnerables a la cal y tienen pérdidas de carga inferiores que las de otros materiales.

Algunas aplicaciones están formadas por grupos turbina-generator completamente sumergidos.

Otra solución sencilla y, a menudo, utilizada para saltos de 1 a 10 m consta de turbinas de *sifón*: desde el dique, el agua es recogida y canalizada directamente a través de la turbina instalada sobre el dique.

Existen componentes electrónicos, como **centralitas de control automático** que permiten un funcionamiento a caudal constante, separando en *resistencias de carga* los eventuales picos de energía en exceso. Estos sistemas sustituyen a los de regulación electromecánica, que generan complicaciones y problemas.

Los sistemas electrónicos de control y supervisión modernos, pero sencillos, permiten, mediante un software que comunica directamente con el teléfono GSM en forma de mensajes SMS (Short Message System), pedir y obtener informaciones a distancia de la instalación y enviar órdenes al sistema.

(Fuente: SEAC Srl)



Ejemplos de utilización de presas hinchables



PC de telegestión datos

Hidráulica y minihidráulica: porqué representan una forma de energía valiosa

La hidráulica es una fuente de energía segura, ya que es inagotable y disponible en el territorio a nivel de superficie. Como otros recursos naturales es intermitente, pero disponible en el largo plazo.

En España, la pluviometría puede cifrarse en unos 350.000 Hm³/año (700 mm de precipitación media anual para una superficie de 500.000 km²) para un año medio, siendo la distribución de estos recursos muy

desigual en el tiempo y en el espacio. Según la evaluación efectuada en el Libro Blanco del Agua, los valores de escorrentía media anual en España se cifran en unos 220 mm, lo que equivale a una aportación de unos 111.000 Hm³ /año, lo que representa del orden de un tercio de la precipitación. Esta aportación incluye la de la red fluvial, es decir la escorrentía superficial directa más el drenaje de los acuíferos (109.000 hm³ /año) y la escorrentía subterránea al mar (2.000 hm³ /año). La mayoría de las estimaciones realizadas sobre los recursos disponibles para España, incluyendo la efectuada en el Libro Blanco, proporcionan cifras del orden de 40.000 hm³/año, lo que representa porcentajes próximos al 40% de los recursos naturales.

El agua tiene una elevada energía específica.

El agua, por ejemplo, es 800 veces más densa del aire: el empuje que ejerce sobre las palas del rodete es mucho mayor que la que ejerce el viento.

Existe una tecnología bastante desarrollada para la hidráulica

El aprovechamiento de las aguas, primero para la producción exclusivamente de fuerza mecánica y, desde el siglo pasado también con fines hidroeléctricos, se remonta a hace tiempo. Todos esos años de utilización del recurso han permitido obtener un buen grado de desarrollo tecnológico, al menos en lo que concierne las instalaciones de gran tamaño, y costes de instalación reducidos. En el caso de las aplicaciones minihidráulicas, aunque no se pueda transferir completamente la tecnología –sobre todo en términos económicos–, es importante la experiencia y la afinidad con la fuente energética obtenidas por el uso de las instalaciones medianas y grandes.

La hidráulica facilita la regionalización de la producción.

Las aplicaciones de tamaño pequeño y mediano representan una forma de generación distribuida que permite producir la energía cerca del consumidor. Esto tiene mayor validez aún para las aplicaciones micro, que ocupan poco espacio, tienen un escaso impacto y un gran potencial de difusión sobre el territorio. Además, los lugares en los que se pueden instalar son múltiples.

Las aplicaciones minihidráulicas tienen un impacto ambiental muy bajo.

Los sistemas de pequeño tamaño ocupan poco espacio y son poco visibles, a menudo están integrados en sistemas hídricos ya existentes y, por tanto, tienen un gran valor en términos de sostenibilidad de la generación eléctrica

ARRIBA

5.3 El potencial minihidráulico en España

El sector de la minihidráulica es un sector tradicional de producción eléctrica en España. En el año 2000 había 1.024 centrales en explotación con una potencia de 1.510 MW. En el año 2001, la potencia instalada, según la Asociación de Pequeños Productores y Autogeneradores de Electricidad con Fuentes de Energías Renovables (APPA), fue de 1575 MW, siendo la producción en ese año de 4.491 GW/año.

Según el Plan de Fomento de las Energías Renovables, el potencial hidroeléctrico pendiente de desarrollar en el año 1999 suponía una potencia a instalar de aproximadamente 2.240 MW. Considerando todo el potencial desarrollable, incluidas las futuras concesiones, la estimación total ascendía a 7.500 GWh/año.

La potencia instalada que sería necesaria para obtener el potencial técnicamente desarrollable en el año 2010, año horizonte del plan, sería de 2.419 MW. Las previsiones del IDAE para ese año, en función de los recursos existentes y de las expectativas de crecimiento a lo largo del periodo 1999-2010, se situaban en el intervalo de los 600-800 MW. Sin embargo, los objetivos alcanzables según la estimación de la Asociación de Pequeños Productores y Autogeneradores de Electricidad con Fuentes de Energías Renovables (APPA), aportada al plan, serían de 1.000 MW.

Para el desarrollo del potencial minihidráulico, se cuenta con una tecnología moderna que ofrece en el mercado una amplia gama de bienes de equipo de alta calidad y prestaciones, que van incorporando los últimos avances tecnológicos para incrementar los rendimientos, disminuir los costes y el impacto ambiental. Según datos del IDAE, en el año 2000 operaban un total de 155 empresas en el área de minihidráulica, lo que incluye empresas de ingeniería y desarrollo de proyectos como fabricantes, comercializadores e importadores de bienes de equipo.

5.4 Impacto ambiental

Seguramente las consideraciones medio ambientales sobre el hidroeléctrico cambian radicalmente si nos referimos a los sistemas de pequeño tamaño (debajo de los 100 kW) que se analizan en este documento. Los sistemas pequeños son diferentes de los de elevada potencia, ya que están caracterizados por modelos de organización diferentes, distribuidos en el territorio, gestionados por pequeñas comunidades e integrados en un uso múltiple y equilibrado del recurso agua.

El caso de la hidroeléctrica es emblemático en la investigación de fuentes energéticas *alternativas*. Aunque no utilicen una fuente energética o una tecnología del todo nueva (la técnica constructiva ha progresado mucho, pero el aprovechamiento hidroeléctrico tiene orígenes antiguos), hoy en día los sistemas de minihidráulica pueden contribuir al desarrollo sostenible del territorio en el que se ubican.

Los beneficios desde el punto de vista ambiental de los microsistemas hidroeléctricos son notables: servicio a zonas aisladas o suministrada a través de obras de mayor impacto, actuación de una política de regionalización de la producción, contribución a la diversificación de las fuentes, disminución de la dependencia energética de fuentes convencionales de la zona afectada por el proyecto, y disminución de emisiones de sustancias contaminantes y causantes del efecto invernadero.

También los microsistemas hidroeléctricos pueden tener impactos negativos sobre el medio ambiente, impactos que el proyectista/constructor tendrá que intentar minimizar. Estos impactos negativos están relacionados sobre todo con la ocupación del terreno, la transformación del territorio, la derivación y captación de recursos hídricos superficiales y posibles alteraciones sobre la flora y la fauna, aunque son de mucha menor entidad que los de sistemas de mayor tamaño. También para las micro-aplicaciones es importante mantener un reflujo adecuado (caudal ecológico) para la conservación del ecosistema fluvial en el que se encuentra la instalación.

Es necesario recordar que, sobre todo en el caso de sistemas llamados de *recuperación energética*, el impacto puede ser muy limitado ya que, además de su reducido tamaño, estos se introducen en esquemas hídricos ya existentes y en un territorio ya antropizado.

No obstante, en aplicaciones de este tipo situadas cerca de los centros urbanos es necesario programar actuaciones que reduzcan los ruidos y de las vibraciones producidas por las máquinas.

En lo que concierne la Evaluación del Impacto Medio Ambiental la legislación estatal sobre esta materia (Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, y la importante modificación hecha por Ley 6/2001, de 8 de mayo) no diferencia entre las instalaciones para la producción de energía hidroeléctrica con diferentes potencias, por lo que lo expuesto en el apartado 4.2 sobre los requerimientos de evaluación de impacto ambiental de la energía hidráulica es aplicable para la mini-hidráulica.

6. Trámites para la realización de un sistema minihidráulico

ARRIBA

6.1 Micro-instalaciones hidroeléctricas

La realización de una micro-instalación hidroeléctrica depende mucho del tamaño (expresado en términos de potencia) de la instalación misma. En España, se consideran centrales minihidráulicas las de potencia inferior a 10 MW y por ello tienen más ventajas que las de mayor potencia, como la prima del régimen especial, en base al Real Decreto 2818/1988.

Por ello, la definición de un modelo de los trámites a seguir para la construcción de una instalación, se ha orientado hacia instalaciones de potencia inferior a 10 KW, teniendo en cuenta que el promotor de una instalación de este tamaño está motivado más por razones de tipo medioambiental o de ahorro que por razones de tipo industrial. Las fases a seguir son las siguientes:

- 1. Elección del lugar y evaluación de los parámetros útiles (caudal y salto disponible, potencia).*
- 2. Análisis de las autorizaciones necesarias.*
- 3. Estudio de viabilidad de la instalación y verificación de los costes.*
- 4. Elección del proyectista y constructor y fase de implementación.*

5. Gestión de la instalación (mantenimiento y gestión).

6.2 Elección del lugar y estudio de los parámetros útiles (caudal y salto disponibles, potencia)

ARRIBA

La elección del lugar se realiza basándose en:

- la disponibilidad de terrenos (control de las propiedades o de vínculos);
- la accesibilidad del lugar (cuanto mayor es la accesibilidad al curso de agua, menor será el impacto sobre el mismo provocado por las posibles intervenciones);
- la evaluación de los parámetros de referencia (caudal y salto disponible).

Una vez elegido el lugar que cumpla los requisitos adecuados, se pasa a la determinación del caudal (**Q**) de agua (litros/s) y del **salto (H)** (m). Cuando se tengan estos valores, el cálculo de la **potencia teórica** (vatios) se obtiene de la siguiente forma:

$$P_{\text{teórica}} = Q \text{ (l/s)} \times H \text{ (m)} \times 9,81$$

Ejemplo: $P_{\text{teórica}} = 25 \text{ (l/s)} \times 30 \text{ (m)} \times 9,81 = 7.357,5 \text{ W}$, que corresponden a aproximadamente a 7,4 kW

Debido a que la turbina tiene su propia eficiencia (para estos tamaños comprendida entre el 50% y el 70%), la potencia mecánica efectiva es igual a **$P_{\text{mec.}} = P_{\text{teórica}} \times \text{eficiencia mec.}$**

Ejemplo: $P_{\text{mec.}} = 7,4 \times 60\% = 4,4 \text{ kW}$

Finalmente, para obtener la potencia eléctrica, se aplica otra reducción para tener en cuenta el rendimiento del generador eléctrico, igual a 85% **$P_{\text{electr}} = P_{\text{mec.}} \times \text{eficiencia electr.}$**

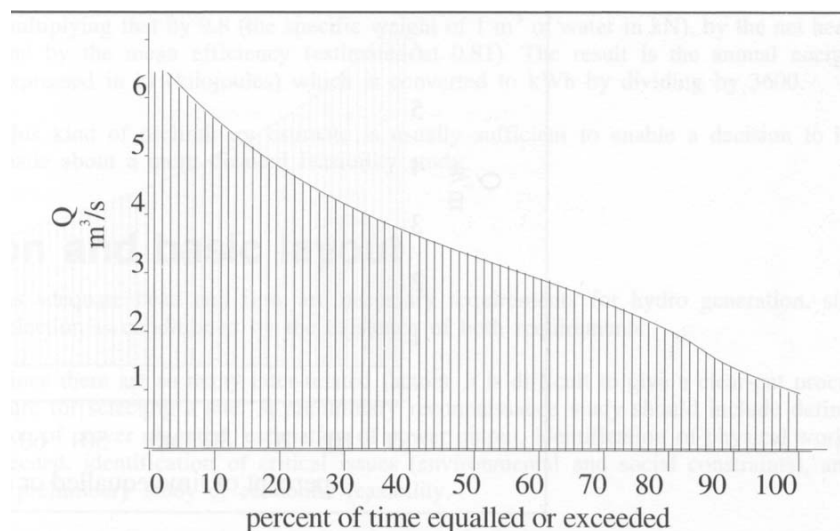
Ejemplo: $P_{\text{electr.}} = 4,4 \times 85\% = 3,8 \text{ kW}$ que es poco más de la potencia necesaria para una familia.

Como hemos visto, los elementos que permiten elegir un lugar para la realización de una instalación hidroeléctrica se refieren al salto y al caudal disponible. El producto de los dos términos proporciona, teniendo en cuenta la aceleración de gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$) y el rendimiento medio global, la potencia de la instalación.

La evaluación del salto se puede realizar con un altímetro; la evaluación del caudal es bastante compleja ya que requiere un estudio del régimen del curso de agua que se quiere aprovechar.

El caudal se puede medir de forma empírica. Se puede determinar por puntos la forma de la sección hídrica de interés, calcular el área (producto del ancho del canal a cielo abierto de la sección por un valor de altura media de la corriente), de forma paralela medir la velocidad de la corriente mediante un flotador y, finalmente, multiplicar los dos términos medidos experimentalmente.

En el caso de potencias más grandes (mayores de 10 kW) para tener un cuadro de la potencialidad de la instalación hace falta realizar un estudio hidrológico que se puede efectuar con métodos directos o indirectos. Los primeros permiten calcular el caudal de la sección de interés mediante mediciones experimentales o utilizando las series temporales de los datos hidrológicos disponibles sobre el curso de agua. Los segundos calculan el caudal a través de la transformación flujos (o sea basándose sobre el estudio de las precipitaciones) o por extrapolación respecto a cursos de agua cercanos. Se requeriría además sacar la curva media de duración de caudales.



Curva de duración de caudales

Esta curva se obtiene ordenando los valores medios diarios del caudal (generalmente media de una larga serie de datos históricos) en sentido decreciente: obtenemos una curva que en la ordenada muestra el caudal desde el valor máximo al de estiaje y en la abscisa los días del año en los que el caudal correspondiente es igualado o superado.

La curva de duración permite visualizar de forma clara el caudal que hace falta dejar fluir en el curso de agua a lo largo de todo el año como está regulado por el pliego de condiciones (comprende el reflujó mínimo vital y la cantidad de agua que hay que garantizar en la salida para otros usos civiles, de riego, industriales...) y el caudal máximo derivable de la instalación.

La estima de la productividad anual de la instalación que se quiere realizar se puede obtener tomando como referencia un valor de 2.000 horas medias anuales de funcionamiento. En realidad, este número puede ser mucho más alto, pero es mejor tomar como referencia ese valor sobre todo para los cursos de agua de régimen torrencial sujetos a largas temporadas de estiaje:

$$\text{Produc. anual} = P \times h_{\text{func. anual}}$$

$$[\text{kWh/año}] = [\text{kW}_{\text{instalados}}] \times [\text{horas}_{\text{func.}}/\text{año}]$$

6.3 Análisis de las autorizaciones requeridas

ARRIBA

La construcción de una mini-central hidráulica supone un uso privativo de las aguas, lo que requiere de una concesión administrativa, según la Ley de Aguas (Real Decreto Legislativo 1/2001, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas). Por ello, el primer paso para la instalación de una central hidráulica es dirigirse al organismo de cuenca (Confederación Hidrográfica) correspondiente. El procedimiento se rige por la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común (Ley 30/1992, de 26 de noviembre) y para el otorgamiento de la concesión se tendrá en cuenta lo dispuesto en los artículos 104 y siguientes del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986).

Existe un procedimiento abreviado para la tramitación de concesiones y autorizaciones administrativas para la instalación de aprovechamientos hidroeléctricos con potencia nominal igual o inferior a 5.000 KV, que está regulado en el Real Decreto 916/1985, (modificado por el Real Decreto 249/1988).

Una vez que se ha obtenido la concesión de aguas provisional, es necesario solicitar la autorización de instalación eléctrica. **El trámite de autorización es distinto en función de si la instalación se va a conectar a la red o se va a dedicar de forma exclusiva al autoconsumo. En ambos casos, la autorización de estas instalaciones es competencia de las Comunidades Autónomas, excepto si las instalaciones están ubicadas en el ámbito territorial de más de una Comunidad Autónoma, para las que la competencia es de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Economía.**

Trámite de autorización para instalaciones conectadas a la red

El procedimiento que se expone es un esquema de los trámites normales a seguir, que puede variar sustancialmente de unas Comunidades Autónomas a otras. Se refiere al procedimiento administrativo para la instalación de centrales de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable (régimen especial [2]) aplicable con carácter general, según el Ministerio de Economía, competente en materia de energía. Hay que tener en cuenta que este proceso puede variar sustancialmente de una Comunidad Autónoma a otra

El promotor del proyecto debe presentar una solicitud a los órganos de las Comunidades Autónomas competentes en materia de política energética. La central y la línea de conexión se tramitan por separado. El procedimiento requiere de una autorización administrativa, la aprobación del proyecto de ejecución y el acta de puesta en marcha.

1. Autorización administrativa

- a. El petitionario presenta en la Comunidad Autónoma de la instalación la solicitud de autorización. La solicitud va acompañada de un Anteproyecto.
- b. La Comunidad Autónoma somete a información pública, y da cuenta a los organismos afectados.
- c. Recoge alegaciones y eleva al organismo competente de la Comunidad Autónoma.

d. La Comunidad Autónoma resuelve. En caso de disconformidad con la resolución, el peticionario puede presentar un recurso.

2. Aprobación del proyecto de ejecución

1. Se solicita a la Comunidad Autónoma de la provincia afectada
2. La Comunidad Autónoma pide el condicionado técnico a las entidades públicas afectadas por la instalación.
3. Remite la documentación a la Comunidad Autónoma, que resolverá.

3. Acta de puesta en marcha

La Comunidad Autónoma en la provincia afectada hace una comprobación y levanta el acta de puesta en marcha.

Estas autorizaciones son independientes de otros permisos necesarios, tales como licencias de obra o licencias de apertura, que son competencia de las entidades locales.

Además, es necesario comprobar si la instalación requiere de evaluación de impacto ambiental en base a la legislación de la Comunidad Autónoma sobre la materia y, de ser así, someter el proyecto de la instalación a este procedimiento [\[3\]](#).

Trámite de autorización para instalaciones destinadas al autoconsumo

Para la instalación de un generador eólico destinado exclusivamente al autoconsumo, es decir, las que no se van a conectar a la red eléctrica para ceder la energía producida, será necesario dirigirse al órgano correspondiente de la Comunidad Autónoma o al Ayuntamiento, que informará sobre si es necesario o no obtener algún tipo de autorización o permiso por parte la administración local o autonómica. No es posible establecer una pauta general, ya que existe una gran dispersión: mientras que en algunas Comunidades Autónomas no es necesario ningún trámite, en otras será necesario obtener algún permiso o licencia, cumpliendo los requisitos establecidos.

6.4 Estudio de viabilidad de la instalación y control de los costes

ARRIBA

El estudio de viabilidad de una instalación que tenga como fin averiguar los costes y los

ingresos, y la elección de las máquinas más adecuadas y su dimensión, es una tarea normalmente de los proyectistas, de los asesores o de los propios constructores. Se trata de hecho de una actividad bastante compleja que ha que tener en cuenta muchos factores.

El **Estudio de viabilidad** de una instalación con potencia superior a unos kW tiene que averiguar que un determinado equipo tenga la relación costes/ingresos adecuada a las expectativas del futuro productor. Los elementos de costes considerados son los siguientes:

- Coste obras de infraestructura.
- Coste obras hidráulicas.
- Coste obras electromecánicas.
- Coste del proyecto.

Además de estos costes, hay que tener en cuenta los siguientes, una vez que la instalación está en marcha:

- Costes de utilización.
- Costes de manutención.
- Costes fiscales.

Los costes se comparan con los ingresos procedentes de:

- Venta de energía eléctrica.
- Ahorro (coste ahorrado) de energía eléctrica.
- Venta de certificados verdes.
- Ingresos de otros incentivos.

Si el resultado económico resultante de la aplicación al proyecto de un plan de negocio con las partidas anteriores es aceptable para el inversor, se puede seguir con la fase de

autorización y de construcción.

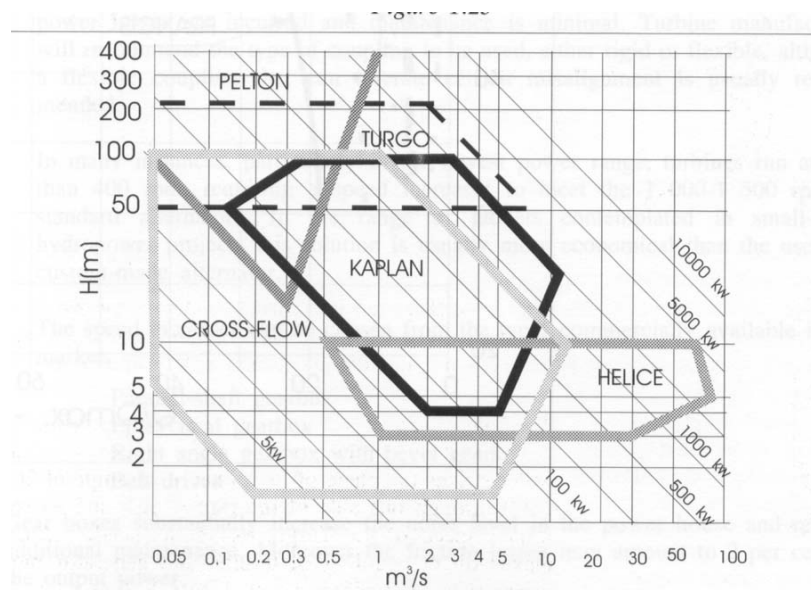
6.5 Elección del proyectista constructor y fase de implementación

ARRIBA

Consolidada la intención de realizar una instalación de minihidráulica, es oportuno contactar los productores de aerogeneradores (posiblemente más de uno). A través de su experiencia y mediante la comparación directa entre las posibles soluciones relativas al lugar específico, se podrán realizar las elecciones técnicas más oportunas.

A menudo, en las aplicaciones de pequeña escala los constructores de aparatos electromecánicos pueden también ofrecer un asesoramiento en la fase de diseño de las obras, esto es, un *proyecto llave en mano*.

Según las características estimadas de salto y caudal y de la potencia que se necesite, es posible, con la ayuda de oportunos gráficos entregados por los constructores de la maquinaria, identificar la tipología de la turbina y el tamaño más adecuado, teniendo en cuenta que la turbina tiene que dimensionarse en base no sólo al caudal medio del año sino también al caudal de pico de los periodos con mayor disponibilidad de agua.



Campos de acción en términos de caudal y salto de micro y mini turbinas hidráulicas

En el caso de microsistemas, el mercado no ofrece, como ya se ha comentado, muchos

modelos. El rango de valores de caudal y salto dentro de los cuales elegir se expone continuación:

	Caudal [l/s]	Salto [m]
Pelton	1-1.000	20-300
Turgo	1-2.000	30-300
Flujo cruzado	20-2.000	5-100
Francis	500-2.000	2-10

Rango de aplicación de las micro y mini turbinas en el mercado

6.6 Gestión de la instalación (mantenimiento y gestión)

ARRIBA

Considerada la simplicidad constructiva de una micro instalación, manutención y gestión resultan mucho menos complicadas que las de instalaciones más grandes. No es necesaria la presencia de una persona continuamente, sino de un operador que de vez en cuando controle el correcto funcionamiento de las instalaciones hidráulicas (de toma y de filtración) y de las electromecánicas (turbina-alternador).

La gestión, como ya se ha dicho, se realiza a distancia, a través de sistemas de mando y telecontrol que permiten, mediante un ordenador, recibir datos y enviar órdenes a la instalación.

7. Acciones de programación: el papel de las entidades públicas

ARRIBA

El papel de las entidades públicas locales en la programación y planificación del territorio desde el punto de vista energético y medioambiental es, sin lugar a dudas, importante, ya que contribuye a definir el método para alcanzar los objetivos fijados en la fase de programación.

En los ámbitos energético y ambiental, las entidades públicas locales, sobre la base de

las indicaciones procedentes de los Planes Energéticos Regionales, tienen la posibilidad de proyectar un sistema ambiental sostenible en el marco de una programación específica de las intervenciones, que contribuya a la mejora del medio ambiente y al desarrollo sostenible.

Pero, ¿de qué forma las realidades locales, como los Ayuntamientos, las comunidades de montaña o ribereñas, los espacios naturales protegidos, pueden favorecer y difundir el uso de fuentes limpias de energía?

A continuación sugerimos algunos pasos que pueden llevar a cabo las entidades locales que deseen activar un programa de difusión de las tecnologías en favor del medio ambiente.

7.1 Por dónde empezar

ARRIBA

La utilización de recursos energéticos, la programación de los objetivos de consumo, el uso de fuentes de energía alternativas son elementos que definen las Comunidades Autónomas, que tienen las competencias para el desarrollo y gestión de las bases del régimen energético definido por el Estado.

La entidad pública, la comunidad o la zona de agrupación tiene que seguir las indicaciones adoptadas por la Comunidad Autónoma correspondiente, la mayoría de las cuales tienen aprobados planes autonómicos de fomento de las energías renovables, a la hora de activar una campaña independiente de promoción y desarrollo de las fuentes renovables y/o el desarrollo sostenible.

Además, la referencia a programas o fondos desarrollados en el entorno de la Unión Europea es fundamental si se quiere aprovechar las oportunidades y las experiencias a nivel europeo.

Tabla de referencia

Comunidad Europea (http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/)

- Directiva Europea concerniente las fuentes renovables (*Directiva 2001/77/CE*).

- Programas Marco de financiación

(http://europa.eu.int/comm/research/fp6/index_en.html).

- Campañas de promoción: Campaign for Take-off – CTO:

(http://europa.eu.int/comm/energy/en/renewable/idae_site/index.html o

<http://europa.eu.int/comm/energy/en/ctore.htm>

Comunidades Autónomas

Todas las Comunidades Autónomas tienen aprobadas normas o planes relativos a las energías renovables. Además, existen en todas ellas organismos regionales o locales dedicados a la promoción de la utilización de las energías renovables. Se adjunta una relación de estos organismos al final del documento.

7.2 Recursos disponibles

ARRIBA

Las oportunidades que se ofrecen a una entidad local para el desarrollo y la difusión de las instalaciones de fuentes de energías renovables de pequeño tamaño son muchas y no necesariamente relacionadas con la financiación o la asignación de fondos. En el siguiente cuadro se muestran algunas de las posibles acciones que se pueden llevar a cabo:

Comunicación	Ayuda a la difusión	Inversiones
Campaña de información y de adopción de un programa en favor de las fuentes renovables y sostenibles.	Adopción de trámites administrativos simplificados para la expedición de las autorizaciones para la construcción y utilización de las instalaciones.	Compra / montaje de microgeneradores para edificios públicos.

<p>Campaña de información sobre las posibilidades del territorio para el empleo de tecnologías sostenibles.</p>	<p>Investigación sobre áreas en las que se puedan establecer instalaciones de energías renovables. Elaboración de trámites unificados y normas de impacto ambiental.</p>	<p>Compra / montaje de sistemas de control.</p> <p>Definición de criterios para la evaluación de impactos sobre el medio ambiente.</p>
<p>Adopción de un programa (válido para espacios naturales protegidos) de “emisiones cero” en estas áreas.</p>	<p>Definición de los objetivos dentro de los espacios protegidos y búsqueda de financiación para el montaje de las instalaciones.</p>	<p>Montaje de instalaciones-piloto y control de las mismas.</p>
<p>Promoción de campañas de comunicación en las escuelas.</p>	<p>Institución de concursos entre escuelas, con el patrocinio de Agencias nacionales y/o de instituciones públicas.</p>	<p>Asignación de premios y/o fondos para la actividad de difusión en las escuelas.</p>

7.3 Qué recursos activar

ARRIBA

La activación de recursos y la participación de las instituciones representa la fase más delicada en un proceso de promoción y/o desarrollo de campañas de difusión o de promoción de las energías renovables. En relación con esto, existen algunas iniciativas a nivel europeo dignas de mención, como la “**Campaign for Take-Off**” apoyada por la Dirección General de Energía y Medio Ambiente de la Comisión Europea.

Campaign for Take-Off (CTO)

La Campaña para el fomento de las Fuentes de Energía Renovables es una acción emprendida en armonía con los objetivos del Libro Blanco, en base a los cuales se prevé una penetración de los recursos renovables en Europa igual al 12% para el 2010.

En el Libro Blanco se prevé la utilización de instrumentos para incentivar las inversiones en el sector de las energías renovables, a través de campañas de difusión.

La Campaña comenzó en 1999 y finalizará a finales de 2003, actuando como catalizador de las iniciativas a nivel local y provincial, para favorecer el desarrollo de las instalaciones de energías renovables y la promoción de comunidades abastecidas sólo por fuentes renovables.

La finalidad principal de este programa es realizar proyectos conjuntos entre inversores y las comunidades (ciudades, comunidades, industrias) atrayendo inversiones por parte de operadores privados y de la Unión Europea.

Para obtener más información, se puede consultar las siguientes direcciones:

- www.agores.org

- http://europa.eu.int/comm/energy/index_en.html

8. Glosario

ARRIBA

Canal a cielo abierto

Superficie del agua de una sección de un canal, curso de agua, etc., que esté a la presión atmosférica.

Caudal

Volumen de agua que atraviesa una sección en la unidad de tiempo; se mide en litros

por segundo (l/s) o en metros cúbicos por segundo (mc/s).

Caudal máximo derivable: es el caudal máximo que las tomas y el transporte a la central pueden respectivamente captar y transportar.

Caudal medio utilizable: es el caudal que en media es utilizado por el sistema en un periodo de tiempo que suele ser un año.

Salto

Diferencia de cota entre el canal a cielo abierto a la entrada y a la salida; se mide en metros (m).

Salto natural disponible: diferencia de cota entre el canal a cielo abierto en la sección de entrada de la toma y el canal a cielo abierto en la sección hídrica de salida de los materiales de desagüe de la central.

Salto útil bruto: diferencia de cota entre la lámina de agua en la toma o en el pozo piezométrico y la lámina de agua en el punto donde se restituye al río el caudal ya turbinado.

Salto útil neto: es la parte de salto útil bruto efectivamente utilizado por las turbinas hidráulicas, esto es, sin las pérdidas de carga a lo largo del recorrido.

Alternador

Máquina eléctrica que transforma la energía mecánica en energía eléctrica a corriente alterna. Los alternadores constan de dos partes fundamentales, una fija –estator– y una rotante –rotor– en la que hay un bobinado de cables de cobre aislados que forman el inductor y el inducido.

Los alternadores sincrónicos son máquinas reversibles (pueden funcionar también como motores), en los que generalmente el bobinado inducido está colocado sobre el estator y el inductor sobre el rotor. El inductor está formado por electroimanes excitados con fuentes de corriente continua (polos) o por imán permanente.

Los alternadores asincrónicos están formados por motores asincrónicos que giran gracias a motores primos con velocidad ligeramente superior a la del sincronismo.

Transformador

Máquina eléctrica estática encargada, a través del fenómeno de la inducción electromagnética, de transferir energía eléctrica a corriente alterna desde un circuito a otro modificando sus características.

El transformador tiene la función de aumentar el voltaje de la corriente de salida del alternador para evitar excesivas pérdidas de energía eléctrica en la línea.

Recurso renovable

Un recurso renovable es aquel que no se agota, gracias a su capacidad de regeneración. Normalmente se trata de recursos naturales disponibles en gran cantidad, pero al mismo tiempo muy valiosos y que, por tanto, se pueden dañar de forma irreparable (en su cantidad y/o calidad), si se utilizan en base a modelos inadecuados de producción y consumo y políticas medio ambientales equivocadas.

Energías Renovables

Las energías renovables son formas de energía no consumible, en particular la energía hidroeléctrica, eólica y solar (tanto térmica como fotovoltaica), la biomasa y la energía geotérmica. Los residuos urbanos y otros residuos orgánicos, aunque consumibles, también suelen clasificarse como fuentes de energía renovables. La lista de energías renovables incluye además una serie de tecnologías aún en vías de experimentación o de demostración de su viabilidad económica, como la energía de las olas, de las mareas y de rocas calientes y secas. (Libro Verde de la Comisión, de 20 de noviembre de 1996, sobre las fuentes de energía renovables; COM (96) 576 final)

Desarrollo sostenible

“El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (Informe Bruntland, 1989).

El concepto de desarrollo sostenible nace de un debate que, a partir de los años setenta, ha involucrado a instituciones, movimientos, y científicos y que ha sido y sigue siendo objeto de conferencias internacionales, como la **Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED)**, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, y la reciente **Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible**, celebrada en Johannesburgo en los meses de agosto y septiembre de 2002.

[1] Los datos relativos a la minihidráulica (potencia menor de 10 MW) se ofrecen en el apartado correspondiente a la misma.

[2] El “régimen especial” es un régimen de producción de energía eléctrica contemplado en la legislación energética en España, que tiene como finalidad el apoyo a los objetivos de mejora de eficiencia energética, reducción del consumo y la protección del medio ambiente. En base a este régimen especial, se establece un sistema de primas para las instalaciones basadas en energías renovables, residuos y cogeneración, que les ayuden a situarse en posición de libre competencia en el mercado liberalizado de energía.

[3] Ver apartado 4.2