

IMPLICACION DE ENTES LOCALES EN LA EXPLOTACION  
DE RECURSOS ENDOGENOS: MINICENTRALES HIDROELECTRICAS  
EN LA COMARCA DE BEJAR.

Urbano DOMINGUEZ GARRIDO  
Dpto. de Física General y de la Atmósfera  
Universidad de Salamanca  
37700 Béjar (Salamanca). (\*)

RESUMEN.

En este trabajo, después de analizar brevemente los principios de operación de las pequeñas centrales hidroeléctricas y los aspectos medio ambientales y legales a tener en cuenta para su puesta en funcionamiento, se consideran las características de la Comarca de Béjar y se exponen los resultados de una prospección previa de sus recursos minihidráulicos. Finalmente, se hace una propuesta de intervención de los entes locales - ayuntamientos, mancomunidades y cooperativas - en la promoción y la explotación de esas minicentrales.

1. INTRODUCCION. ENERGIA Y DESARROLLO.

La energía puede considerarse como la materia prima necesaria para la actividad de los seres vivos y, muy especialmente, de la especie humana. Es la causa que mantiene en proceso de evolución continua la biosfera.

La disponibilidad de energía se considera vital para el desarrollo económico de cualquier país. Pasados ya los tiempos de abundancia de energía muy barata que condujeron al diseño de un sistema económico energéticamente derrochador, en la actualidad los países más desarrollados se esfuerzan por mejorar los rendimientos de sus procesos productivos y de servicios, tratando de reducir su intensidad energética, es decir, la cantidad de energía consumida por unidad del PNB generado.

(\*) Dirección actual: Dpto. de Ingeniería Mecánica e Ing. de Materiales. Universidad de Valladolid. Escuela Universitaria Politécnica. 47071 Valladolid.

A pesar de la extensión de medidas de ahorro y de eficiencia energética, los consumos de energía continuarán creciendo en nuestro país en un futuro próximo, lo cual plantea el problema de seleccionar las fuentes de abastecimiento para los próximos años. Las líneas de evolución del panorama energético español país para el próximo decenio, se definen en el PEN 1991- 2000 (1).

Con vistas a aumentar la capacidad de producción de fuentes renovables, en el PEN se prevé un incremento de la producción de energía hidroeléctrica en general y, más en particular, de la obtenida en centrales de menos de 5000 KW, que se denominan minicentrales.

Castilla y León es una comunidad energéticamente excedentaria, ya que, según los datos de 1991 (2), el 17 % de la producción española de energía primaria tuvo su origen en nuestra comunidad. Destacan especialmente las producciones de carbón y de energía hidráulica, que suponen el 27 y el 25% respectivamente del total español. En relación con la producción eléctrica de Castilla y León, la Figura 1 muestra la contribución de las diferentes fuentes, así como el consumo en la Comunidad. Hay que señalar que 1991 fue un año seco, por lo que la contribución de la energía hidroeléctrica fue muy inferior a la que se tiene en años normales.

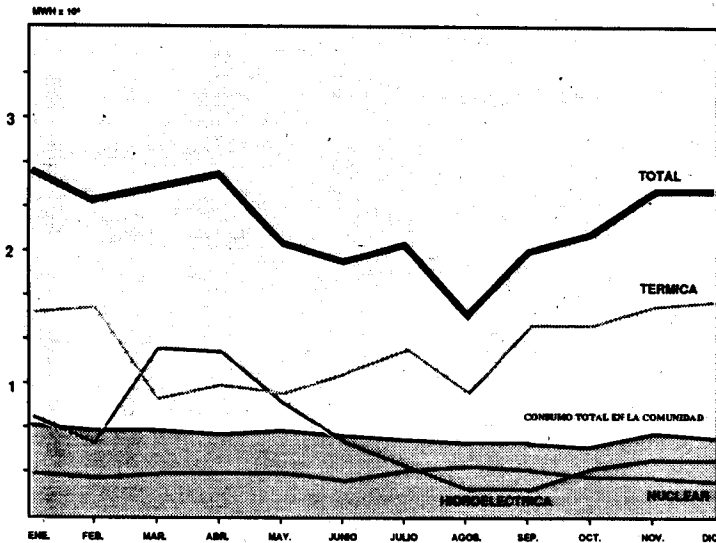


FIGURA 1. Producción de Electricidad en Castilla y León en 1991.

La potencia instalada en Castilla y León en minicentrales hidroeléctricas es del orden de 60 MW, y están solicitadas 125 nuevas instalaciones, con una potencia total de 263 MW, según datos de (3), estimándose que el potencial teóricamente aprovechable mediante minicentrales es del orden de 350 MW, con una capacidad de producción e año normal de 1700 GWh. En la provincia de Salamanca podrían instalarse unos 60 MW en minicentrales, con una producción de 275 GWh.

Una parte de esta nueva capacidad de producción está localizada en el Sur de la provincia, concretamente en las Sierras de Francia y Béjar, en un entorno singular que impone especiales condicionantes medio ambientales, como se señala en un reciente estudio (4). El perfil accidentado y el hecho de que, con la excepción del río Cuerpo de Hombre, prácticamente no existan aprovechamientos energéticos, determinan unas buenas posibilidades de explotación de este recurso.

## 2. MINICENTRALES HIDROELECTRICAS.

Una minicentral es una instalación que utiliza la energía mecánica de un curso de agua para la producción de energía eléctrica. Aunque algunas de ellas funcionan a pie de presa, el tipo más corriente y el que menos impacto ambiental produce, es el de agua fluyente, cuyos elementos pueden verse representados esquemáticamente en la Figura 2.

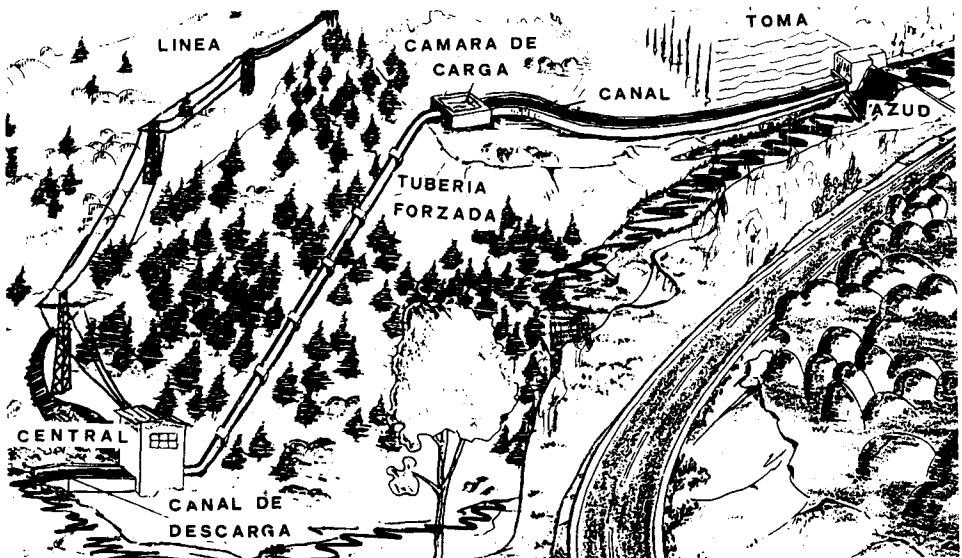


FIGURA 2. Esquema de una Minicentral Hidroeléctrica.

Si un caudal de agua de  $Q$  m<sup>3</sup>/s se desvía por el canal y se devuelve al río en un punto cuya cota está  $h$  metros por debajo del punto de toma, la potencia bruta del salto en KW vale, aproximadamente

$$H \approx 10 Q h$$

Puesto que hay pérdidas en las conducciones, turbina, transformador y línea, la potencia útil es inferior a la dada por la expresión anterior. En primera aproximación, se considera útil alrededor del 75 % de la potencia bruta. Multiplicando esa potencia útil por el número de horas anuales que puede disponerse del caudal  $Q$  considerado, se tiene la producción de la instalación en kWh.

El caudal que circula por el curso de agua no suele conocerse de antemano, salvo que se trate de una instalación próxima a una estación de aforo ya existente, lo cual ocurre con poca frecuencia. En general, hay que hacer una predicción de los caudales disponibles y de su distribución anual a partir de los datos de aforo de estaciones próximas, y de los pluviométricos y de evapotranspiración procedentes de estaciones comprendidas en el interior y en la periferia de la cuenca que alimenta el punto de toma. Estos datos, se procesan en un ordenador empleando un modelo hidrológico. Como resultado final se puede obtener una previsión de caudales disponibles en los diferentes días del año.

Para los propósitos del aprovechamiento hidroeléctrico, se suele trabajar con la curva de caudales clasificados, que recoge en ordenadas el valor del caudal y en abscisas el número de días del año que el caudal fue menor o igual que el considerado, como se indica en la Figura 3.

Hay que señalar que no todo el caudal es utilizable, ya que, por ejemplo, en épocas de estiaje hay que mantener en el río un caudal mínimo que permita la vida animal. Además, puede haber otros usos y concesiones que la minicentral debe respetar. Así pues, sólo puede comenzarse a turbinar cuando el caudal exceda de  $Q_{es}$ , que se denomina caudal ecológico y de servidumbre. Desplazando el origen de ordenadas de la curva de caudales al valor de  $Q_{es}$ , se tendría la curva de caudales disponibles

Por otra parte, es necesario que la turbina disponga de un caudal mínimo,  $Q_{min}$ , para que comience a producir energía con un rendimiento aceptable, por lo que la instalación no trabajará hasta que no circule un caudal

$$Q_m = Q_{es} + Q_{min}$$

La turbina es capaz de admitir hasta un caudal característico, denominado caudal de equipamiento, y cuando

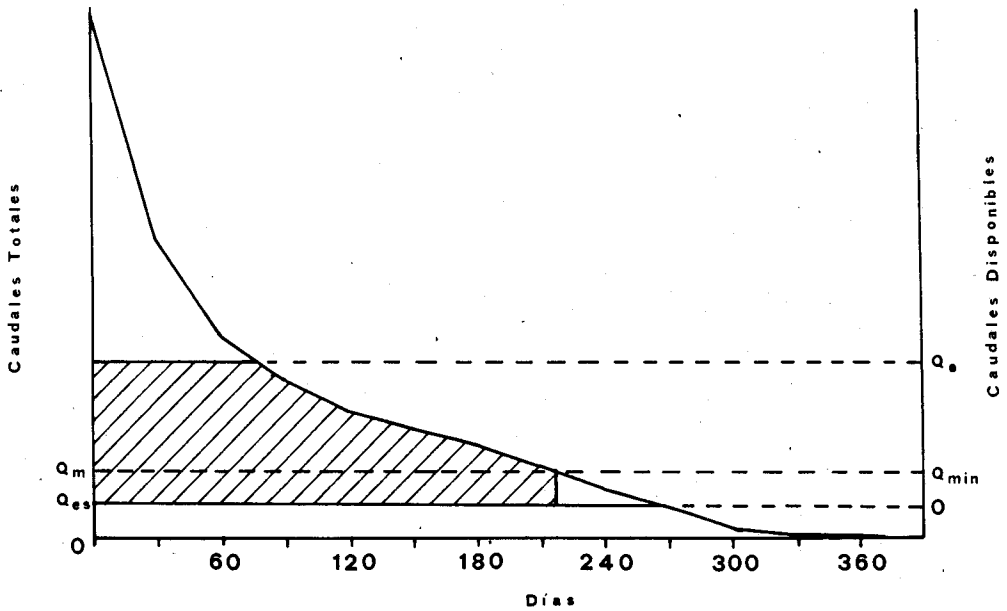


FIGURA 3. Curva de Caudales Clasificados.

el caudal disponible exceda de este valor, el agua sobrante hay que dejarla fluir libremente y no produce energía alguna. El área rayada en la figura es proporcional al volumen turbinado anualmente.

En la Figura 4 se representa gráficamente el cálculo de la energía producida por una minicentral, a partir de la curva de caudales clasificados y de la curva potencia útil-caudal. Esta última se obtiene a partir del conocimiento de las pérdidas hidráulicas y de los rendimientos globales de la maquinaria para distintos regímenes de caudal. Componiendo ambas curvas, se obtiene la curva potencia tiempo, en la que el área que figura rayada es proporcional a la energía anual producida y, por tanto, proporcional también a los ingresos obtenidos por la venta de los kWh generados a lo largo del año.

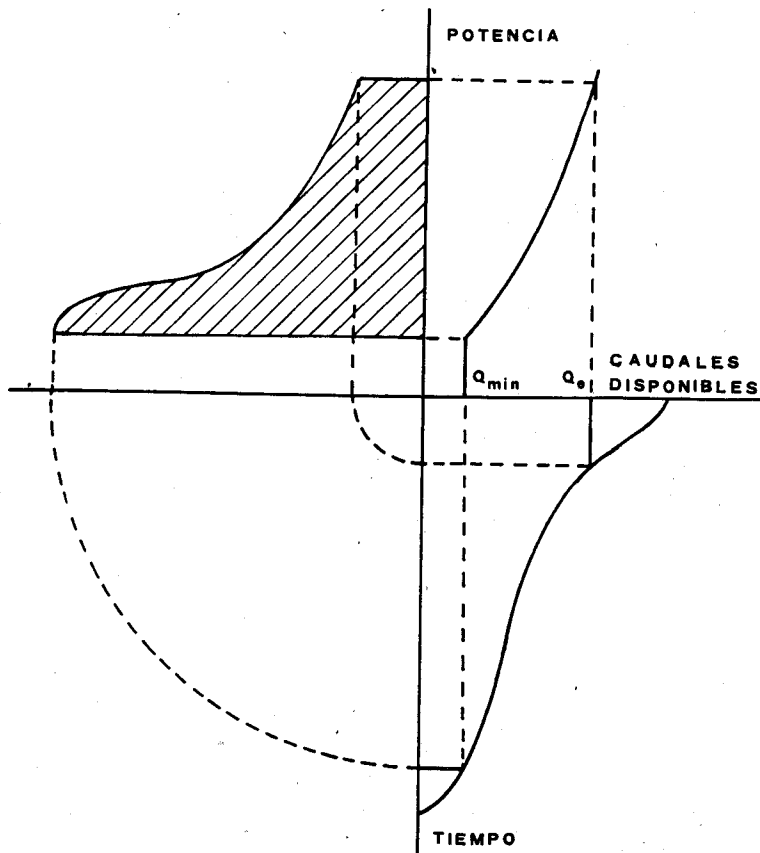


FIGURA 4. Cálculo de la Energía Producida.

### 3. ASPECTOS MEDIO AMBIENTALES Y LEGALES DE LAS MINICENTRALES.

La energía minihidráulica tiene, al igual que otras formas de energía, renovables o no, sus propios costes medio ambientales. Para el más correcto aprovechamiento de esta forma de energía es necesario hacer un estudio cuidadoso del impacto de la instalación sobre el medio ambiente en el que se asienta. Este estudio es especialmente importante cuando el emplazamiento de la minicentral es un lugar singularmente valioso y apreciado.

En la Figura 5 se muestra esquemáticamente de la forma de proceder para el estudio del impacto ambiental de una minicentral, según (5). Con los datos del estado preoperacional del medio y las características técnicas de la instalación, se puede hacer una previsión de las alteraciones, que permita formular un programa asequible de medidas correctoras.

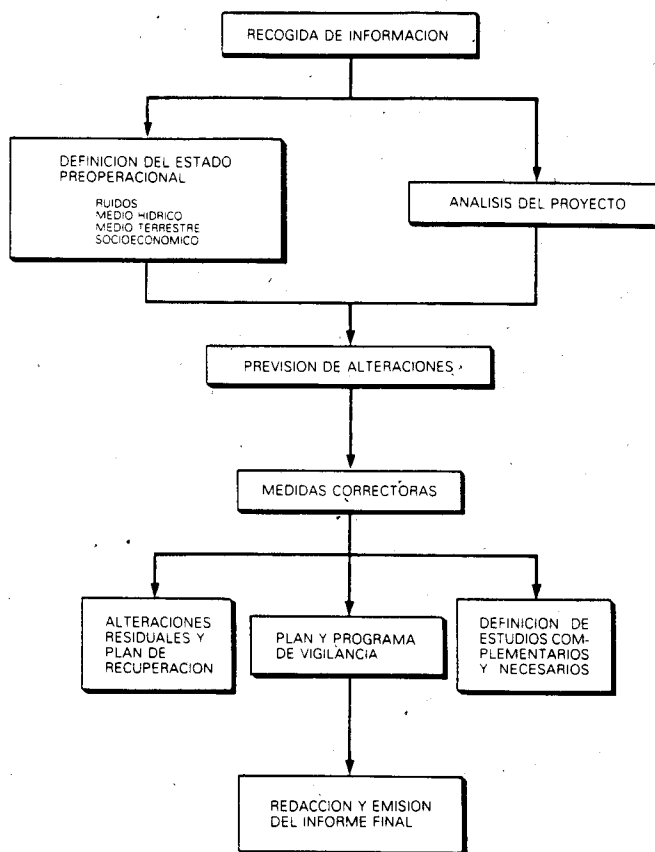


FIGURA 5. Esquema del estudio de impacto ambiental de una minicentral.

En el estudio del impacto ambiental producido por una minicentral deben considerarse numerosos factores, de entre los cuales pueden citarse:

- régimen del río, caudales mínimos ecológicos y de servidumbre, existencia o no de embalse regulador, en relación con alteraciones sobre el agua.
- azud o presa, canal, cámara de carga, tubería, edificios y canal de desagüe, por lo que se refiere a la obra civil.
- caudal de equipamiento, potencia instalada, equipo de transformación y línea, así como la presencia de otras centrales en el río.

Por la propia naturaleza de las minicentrales y por su pequeño tamaño su influencia sobre el entorno será, en principio, reducida.

En la Figura 6 (referencia (5)) se relacionan los aspectos a considerar para diferentes tipos de minicentrales. Las más problemáticas son las que tienen un embalse propio y canal de derivación (tipo T1), mientras que las que producen menores impactos son las que utilizan caudales de otros servicios, por ejemplo procedentes de canales de riego o de abastecimiento de agua (tipos T7 y T9). Una minicentral de pie de presa tiene poco impacto propio, aunque el del embalse que la alimenta sí puede ser importante.

Tipo medioambiental de pequeña central	Aspectos del medio físico y social a considerar
T1. Con presa y azud $\geq 3$ m, regulación propia y canal de derivación.	Clima, geología, geomorfología, hidrogeología, caudales, calidad de aguas, suelos, vegetación, fauna, paisaje, usos del suelo, servidumbres y accesos, actividades recreativas, normativa territorial y ruidos.
T2. Con presa o azud $\geq 3$ m, regulación propia, sin canal de derivación.	Clima, hidrogeología, caudales, calidad de aguas, suelos, vegetación, fauna, paisaje, usos del suelo, servidumbres y accesos, actividades recreativas, normativa territorial y ruidos.
T3. Con presa o azud $\geq 3$ m, sin regulación propia y con canal de derivación.	Clima, geomorfología, hidrogeología, caudales, suelos, vegetación, fauna, paisaje, usos del suelo, servidumbres y accesos, actividades recreativas, normativa territorial y ruidos.
T4. Con presa o azud $\geq 3$ m, sin regulación propia y sin canal de derivación.	Clima, hidrogeología, suelos, vegetación, fauna, paisaje, usos del suelo, servidumbres y accesos, actividades recreativas, normativa territorial y ruidos.
T5. Con azud $\geq 3$ m y con canal de derivación.	Clima, geomorfología, caudales, suelos, vegetación, fauna, paisaje, usos del suelo, actividades recreativas, normativa territorial y ruidos.
T6. Con azud $\geq 3$ m y sin canal de derivación.	Caudales, vegetación, fauna, paisaje, usos del suelo, actividades recreativas, normativa territorial y ruido.
T7. Pequeñas centrales de pie de presa.	Ruidos, paisaje.
T8. Pequeñas centrales sin azud.	Caudales, paisaje, actividades recreativas y ruidos.
T9. Pequeñas centrales que utilizan caudales de otros servicios.	Ruidos, paisaje.

FIGURA 6. Aspectos medio ambientales a considerar para cada tipo de minicentral.



Hay que tener especialmente en cuenta el posible impacto sobre el régimen del agua, que es la sustancia de trabajo y la materia que mantiene la vida vegetal y animal en el lugar de emplazamiento. El agua es, sin duda alguna, el factor más crítico de todos los que intervienen, ya que la instalación va a incrementar las demandas de fluído precisamente en los períodos en que la aportación es menor. La escasez de agua puede determinar el que la minicentral deba cerrarse varios meses del año, cuando el caudal es insuficiente para atender a los diferentes usos y al mantenimiento de la vida en el cauce.

En el proyecto deben definirse suficientemente los impactos del azud y del canal de derivación sobre el medio en el que se actúa, los cuales pueden ser severos durante el período de construcción de no adoptarse medidas correctoras.

Cuando el lugar de emplazamiento de la minicentral es singularmente pintoresco, debe cuidarse especialmente su impacto sobre el paisaje. En este sentido, el tendido de conexión a la red eléctrica puede tener un impacto muy negativo.

Puesto que cada elemento de una instalación puede influir sobre diferentes factores del medio, la evaluación del impacto ambiental suele hacerse por medio de una representación denominada matriz de impactos. En ella, las filas representan las diferentes acciones y las columnas los factores del medio afectados. En cada casilla se recoge la importancia de la acción sobre el efecto considerado, valorando su intensidad y el grado de permanencia en el tiempo.

Las alteraciones detectadas obligan a adoptar las correspondientes medidas de protección. La adecuada valoración de los impactos de construcción, requiere tanto la reducción de ese período en la medida de lo posible, como el que la obra se realice en la época del año en la que produzca menor perturbación sobre el medio. Este aspecto debe ser tenido en cuenta en la programación temporal de las sucesivas fases para la puesta en servicio de una minicentral.

Una vez puesta en marcha la instalación, deberá ejecutarse un plan de vigilancia, cuyos elementos habrán quedado definidos en el estudio de impacto ambiental. El plan de vigilancia debe prestar especial atención a que se respeten los caudales ecológicos y de servicios durante los períodos de escasez de agua.

La normativa legal aplicable está recogida en lo fundamental en la Ley de Aguas y el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, por lo que se refiere a las concesiones, y en la Ley de Conservación de la Energía y

los Decretos sobre autoprodutores eléctricos en pequeñas instalaciones, en lo relativo a los aspectos energéticos y económicos. En la referencia (4) puede encontrarse una revisión de la normativa aplicable a las minicentrales.

El procedimiento actual permite que se conceda provisionalmente un caudal para una minicentral sin que se haya efectuado un estudio de impacto ambiental completo. Parece que la normativa debería revisarse de modo que la concesión se otorgue sólo en el caso de que los costos ambientales y sus medidas de corrección puedan ser asumibles, y no antes de conocerlos, como ahora sucede.

Es importante también el realizar una cuidada valoración de la rentabilidad económica de la instalación empleando alguno de los criterios al uso, tal y como se discute en (6), por ejemplo.

#### 4. CARACTERISTICAS DE LA COMARCA.

Las principales características físico - naturales y socioeconómicas de la Comarca de Béjar, han sido descritas en un trabajo anterior (7), por lo que aquí se señalarán únicamente algunos de los aspectos que guardan relación con la instalación de minicentrales y con el modelo de promoción por entes locales que se propone en esta comunicación.

La posición periférica de la comarca respecto a la capital de la provincia y su emplazamiento próximo a la frontera portuguesa, junto con una infraestructura de comunicaciones muy accidentada y deficiente han sido causas determinantes de su subdesarrollo económico. Además, su posición distante respecto de la capital autonómica, por estar esta Comarca en el límite con la Comunidad de Extremadura, influye en que las expectativas de reanimación no sean muy brillantes.

Consecuencia de ello ha sido la fuerte emigración sufrida por los pueblos de esta zona meridional de la provincia de Salamanca, que en la actualidad se manifiesta por la proliferación de "minimunicipios" de menos de 250 habitantes con una estructura de población muy envejecida, que puede llegar a ser incapaz de garantizar una mínima presencia humana en buena parte de ese territorio.

El único centro de actividad digno de señalar es la ciudad de Béjar, que está muy seriamente afectada por la recurrencia de las crisis de su industria textil y sufre una tasa de paro muy elevada. Se están poniendo grandes esperanzas en un desarrollo turístico que debe comenzar por una mejora de las infraestructuras, claramente inadaptadas para ese propósito. Además, la promoción turística debe integrarse en un plan de desarrollo integral, que incluya la potenciación de los demás recursos de la Comarca,

para que pueda posibilitar la superación de la actual situación económica.

Las rentas por habitante en la mayoría de los municipios de la Comarca de Béjar figuran entre las más bajas de la provincia. En muchos municipios es mayor la cantidad que se recibe por pensiones que la generada por actividades económicas. Es también frecuente que el Ayuntamiento, a través de programas de infraestructura financiados por la Diputación Provincial y/ o por la Junta de Castilla y León, a veces con el apoyo de fondos estructurales de la Comunidad Europea, sea el principal empleador de la localidad. Por tratarse de una Zona de Agricultura de Montaña, tienen alguna importancia las indemnizaciones compensatorias que se reciben por diversos conceptos, especialmente por la cría de ganado.

Así pues, el ritmo de actividad económica es muy poco dinámico y las condiciones de operación se parecen poco a las de libre mercado. Por ello, conviene prestar atención a los entes locales, que pueden contribuir a la revitalización de esta poco próspera economía. Un papel importante puede corresponderle a las cooperativas, de las que existen varias en la Zona para la comercialización de productos agrícolas, principalmente vino, aceite y fruta. También los Ayuntamientos pueden intervenir, bien por sí mismos o a través de la creación de empresas mixtas.

Por lo que se refiere a las posibilidades de explotación minihidráulica, una pluviosidad media - alta, del orden de los 1000 mm anuales, junto con la topografía accidentada de las Sierras de Francia y Béjar, constituyen los dos factores básicos para el posible éxito de estas instalaciones.

##### 5. RECURSOS MINIHIDRAULICOS DE LA COMARCA DE BEJAR.

Los ríos de esta Comarca tienen por aprovechar aún buena parte de su potencial energético. De hecho, el único que ha venido siendo explotado con este fin desde hace muchos años es el Cuerpo de Hombre, especialmente en su tramo más próximo a la ciudad de Béjar. Además, en el momento actual existen sobre este río siete instalaciones en diferentes etapas de construcción y tramitación.

Con objeto de valorar el potencial hidroenergético de la Comarca explotable mediante minicentrales, se ha realizado recientemente un estudio ya citado (4), cuyas líneas más destacadas se comentan seguidamente. Se han identificado unos 15 posibles emplazamientos con una potencia instalable de más de 15000 kW, en plantas de más de 250 kW (excepto en un caso), sobre la base de una propuesta cuyas características principales son:

1. Aprovechamiento integral de los tramos de río ocupados, basada en una previsión científica de los caudales disponibles.

2. Toma en consideración solamente de aquellas instalaciones con mínimo impacto ambiental, sin embalses, trasvases o saltos de más de 100 m.

3. Ubicación de las minicentrales en altitudes inferiores a 1200 m, para no actuar sobre los ecosistemas de montaña.

4. Máximo respeto a las singularidades de un entorno natural valioso, como el que se tiene en las sierras de Francia y Béjar.

#### 6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DE LOS ENTES LOCALES EN LA PROMOCIÓN DE LAS MINICENTRALES.

En nuestro país la mayoría de las minicentrales son de promoción privada, siendo comparativamente escasas las que existen por iniciativa de organismos oficiales. Típicamente las minicentrales se promueven por inversores privados, que se constituyen en pequeños productores, o bien por empresas filiales de las grandes compañías eléctricas.

En cualquiera de esos casos, la empresa realiza un estudio de las posibilidades de explotación y, cuando cree haber encontrado un emplazamiento económicamente rentable, solicita una concesión de agua a la Confederación Hidrográfica correspondiente, siguiendo un procedimiento específico para minicentrales.

Puesto que, como se ha señalado antes, se trata de una Zona económicamente deprimida, parece razonable el esperar que la explotación de este recurso energético produzca beneficios directos en ella. Para ello se propone la intervención de entes locales, como Ayuntamientos, mancomunidades y cooperativas, en la promoción y explotación de las minicentrales. Esta intervención podrían hacerla directamente, mediante empresas públicas, o mediante la constitución de sociedades mixtas, con capital público y privado.

Puede ser especialmente interesante en este contexto la iniciativa LEADER de las Sierras de Francia y Béjar, aprobada recientemente por la Comunidad Europea, una de cuyas líneas de actuación es, precisamente, la promoción de los recursos minihidráulicos de la Zona.

En este campo de actividad, innovador por la implicación de entes locales en la creación de riqueza por la explotación de recursos naturales, el Ayuntamiento de Béjar ya tiene una minicentral en construcción y otra en

trámite de concesión, ubicadas ambas en su término municipal. Otro caso singular, es el de los Ayuntamientos de Céspedes de Tormes y de Santibáñez de Béjar, que han firmado su participación con una empresa privada para la explotación de una mincentral sobre el río Tormes.

Los demás Ayuntamientos y otros entes locales de la Zona, con capacidades financieras y de gestión mucho menores que las del Ayuntamiento de Béjar, precisarían apoyos legales, técnicos y económicos de la Diputación Provincial y de la Junta de Castilla y León, organismos que podrían asesorar y promover la constitución de empresas públicas y mixtas para la explotación de las mincentrales de la Comarca de Béjar.

Las principales ventajas del esquema propuesto, son:

- Reinversión en la Comarca de los ingresos, todos o en parte, producidos por la venta de electricidad.
- Mayor sensibilidad de los residentes a los problemas medio ambientales que pudieran presentarse.
- Publicidad sobre las características de las instalaciones, con mayores garantías de salvaguardia de derechos pre-existentes al agua.
- Mejor aceptabilidad de las instalaciones por los lugareños.
- Posible influencia para la adopción de las soluciones más aceptables en términos medio ambientales.

Las entidades locales no tienen experiencia en construcción y explotación de mincentrales y pueden encontrarse con problemas para la valoración del proyecto, para su ejecución y puesta en marcha en los plazos previstos, y para mantener y explotar la instalación con la máxima rentabilidad. Para resolver estos problemas pueden recurrir a una Empresa de Servicios Energéticos (ESE), cuyo modo de operación se esquematiza en la Figura 7.

Estas empresas (véase (6)) aportan la ingeniería y el capital, asumen los riesgos y cobran a partir de la producción obtenida, de modo que al cabo de unos años han obtenido el retorno de su inversión y los beneficios esperados y dejan la instalación en manos del propietario. Por todo ello, tienen el mayor interés en asegurarse de la viabilidad económica del proyecto y en optimizar el rendimiento, por lo que la firma del contrato por una de esas empresas puede tomarse como una probable garantía de éxito.

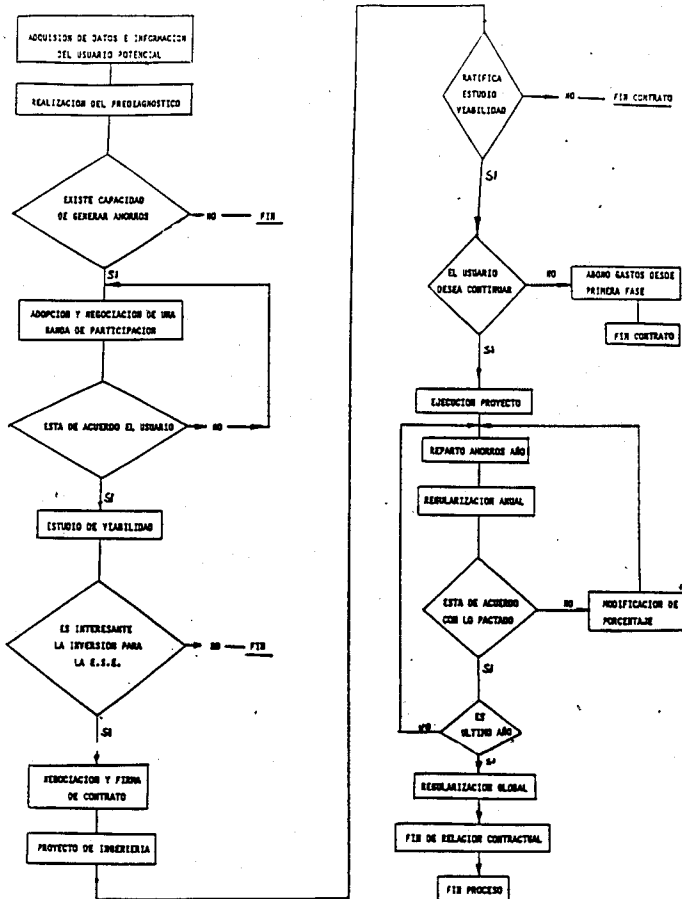


FIGURA 7. Esquema de operación de una ESE.

**Nota de agradecimiento.** La realización de este trabajo ha sido posible gracias a una subvención de la Consejería de Economía y hacienda de la Junta de Castilla y León.

**REFERENCIAS**

(1) ANONIMO, Plan Energético Nacional 1991- 2000. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Madrid (1991).

(2) Estadística Energética. Publicación Trimestral. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Castilla y León.

(3) AVELLANER, J. y LAVANDEIRA, J.C., Las Energías Renovables en Castilla y León. Consejería de Economía y Hacienda, Valladolid (1992).

(4) DOMINGUEZ, U. (Dir.), Estudio Preliminar de Prospección del Potencial Minihidráulico en la Comarca de Béjar. Departamento de Física General y de la Atmósfera, Béjar, Feb y Dic (1991).

(5) ANONIMO, Guía Metodológica de Evaluaciones de Impacto Ambiental en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. IDAE, Madrid (1989).

(6) FERRANDO, F., Análisis Económico de Alternativas Energéticas Renovables, en Energías Renovables y Medio Ambiente (DOMINGUEZ, U., (Ed.)). Eds. Universidad de Salamanca, Salamanca, en prensa.

(7) DOMINGUEZ, U., La Ciudad de Béjar y su Entorno Geográfico. Salamanca. Revista Provincial de Estudios, 26, 43 (1990).