

# UNA VISIÓN GLOBAL DE LA HIDROELECTRICIDAD EN CATALUÑA

---

Joan Carles ALAYO MANUBENS

Universitat Politècnica de Catalunya, Càtedra UNESCO de Tècnica i Cultura.

jc.alayo@enginyers.net

Sant Jordi, 37 - 08172 Sant Cugat del Vallès

## Resumen

En Cataluña la generación de energía eléctrica de origen hidráulico no llega al 15% y en años secos ni al 10%, sin embargo tuvo un papel preponderante en la implantación de la electricidad como vehículo de desarrollo económico e industrial.

Se presenta el resultado de un trabajo basado en una investigación histórica y el reconocimiento de las instalaciones actuales que se encuentran en funcionamiento: estudio y localización de proyectos de aprovechamientos hidroeléctricos, las concesiones obtenidas y los proyectos realizados.

En el trabajo se han analizado y descrito más de 350 instalaciones de generación hidráulica, de todas las medidas, desde la mayor con 446.000 kW de potencia instalada hasta la más pequeña con 15 kW.

Palabras clave: Central eléctrica, Cataluña.

## A global view of hydroelectricity in Catalonia

The generation of hydroelectric energy in Catalonia does not reach 15% and in dry years less than 10%, nevertheless it played a substantial role in the establishment of electricity as a motor of economic and industrial development.

It presents the result of a work based on historical research and the recognition of the current facilities that are in operation: study and location of hydroelectric projects, concessions obtained and projects carried out. It is structured by an analytical and descriptive content of more than 350 hydraulic power plants, of all sizes, from the largest with 446.000 kW of power to the smallest with 15 kW.

Key words: Power plant, Catalonia, .

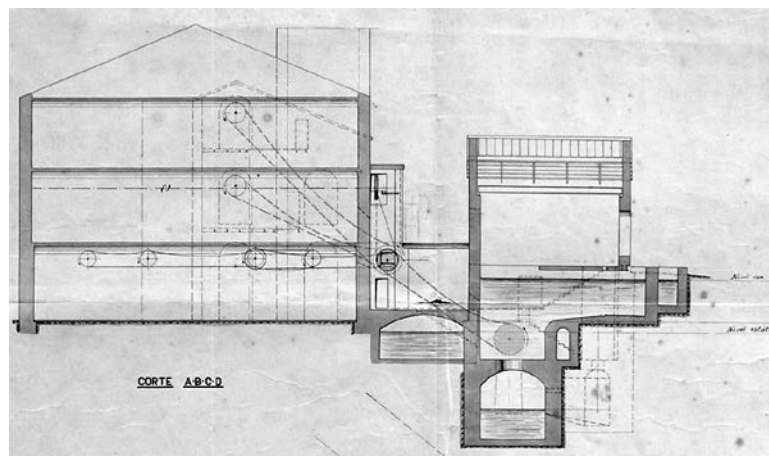
## Presentación

Hace 10 años y como resultado de años de dedicación al mundo de la electricidad, y de su conocimiento exhaustivo, se publicó “L'Electricitat a Catalunya. 1875-1935” que englobaba todo un conjunto de actividades que desarrolló la industria eléctrica desde sus inicios. Como consecuencia de aquel primer trabajo, se ha desarrollado el que se presenta, focalizado únicamente en la actividad de generación y más concretamente en la generación hidráulica, que en los orígenes de la electrificación fue más utilizada que la generación térmica.

Cuando se empezó, el planteamiento inicial era trabajar aquellas instalaciones hidráulicas más interesantes o más importantes, pero al irnos adentrando en el mismo, se ha visto que era mejor transformarlo en un trabajo más amplio, como finalmente ha sido. Un trabajo integral, donde se reflejan las características técnicas más relevantes de todas las centrales hidroeléctricas que se encuentran funcionando actualmente en los ríos catalanes, incorporando también una visión histórica del aprovechamiento del río donde se encuentran implantadas, y otro aspecto que nos ha parecido importante, su imagen gráfica.

Así pues nos referiremos a todas las centrales, las que iniciaron su actividad, desde principios del siglo XIX, dando movimiento a industrias ubicadas expresamente en los cursos fluviales para aprovechar la energía del agua, como las que se plantearon, a finales del siglo y durante todo el siglo XX, exclusivamente como centrales eléctricas.

Para empezar exponemos con un ejemplo de las primeras. En la figura 1 se presenta un plano de una fábrica de Santa Cecilia de Vilafruns, fechado en 1922, donde se refleja la turbina y los pozos de entrada y salida del agua. De la turbina un sistema de correas conecta con cada una de las plantas para dar movimiento a las máquinas allí instaladas. En la fecha del plano, hacía tiempo que la fábrica tenía alumbrado eléctrico, en la sala de turbinas disponía de un alternador, aunque en el plano no se refleja. La fuerza motriz siguió transmitiéndose directamente de la turbina a las ruedas de transmisión de las distintas naves hasta por lo menos los años 1940, cuando se electrificó toda la industria.



**Figura 1: Plano alzado de las naves de Vilafruns.**

Como la fábrica citada, se han conocido muchas otras, todas con una historia detrás que nos ha interesado conocer, buscando como se originó el aprovechamiento y que pautas siguió de uso. En las que nacieron vinculadas directamente a la generación eléctrica, usualmente los emplazamientos son más sencillos, no hay naves de fábrica, solo el edificio de la central, y su referencia histórica tiene otra evolución. Para las dos tipologías, y durante el transcurso del trabajo se han ido examinando, según iban concretándose las visitas a las instalaciones de generación, los detalles constructivos y propios de cada una de las mismas.

Como referencia previa, la mayor parte de las centrales que tienen una potencia superior a 500 kW (680 CV), fueron proyectadas desde su inicio para obtener generación eléctrica y fueron construidas durante el siglo XX. Dentro de estas, hemos diferenciado a las grandes centrales, es decir aquellas que consideramos mayores de 3.000 kW (4.076 CV), que comenzaron a ser construidas en 1914, y fueron las grandes empresas eléctricas creadas para esta finalidad e implantadas en Cataluña: Energía Eléctrica de Cataluña, SA, Riegos y Fuerza del Ebro, S.A., Catalana de Gas y Electricidad, S.A. Con el transcurso de los años aparecieron otras: Fuerzas Eléctricas de Cataluña, S.A. Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana, S.A., Hidroeléctrica de Cataluña, S.A., o Fuerzas Hidroeléctricas del Segre, S.A. Actualmente casi todas son propiedad de Endesa Generación, S.A.

Para facilitar la comprensión, dentro del espacio que permite la publicación, las instalaciones se han presentado separadas. Por un lado todas las grandes centrales y por otra del resto. Se hace para que se entienda mejor el relato de su estructura hidráulica.

También hay que indicar que las instalaciones que han estado ligadas a una fábrica -que en el caso de Cataluña han sido fábricas mayoritariamente textiles-, al ser más antiguas, en general, han sufrido mayor evolución, unas veces renovando la turbina, que en su origen era tipo Fontaine, por otras tipo Francis. Otras veces se ha renovado totalmente para poder utilizar mayor salto y/o mayor caudal, lo que requería obtener una ampliación de la concesión. Sin embargo las que se proyectaron en el siglo XX y estaban destinadas a central eléctrica, en general, se han mantenido sin demasiados cambios a lo largo de los años, fruto de un mayor análisis de la situación de la cuenca y de la mejor capacidad tecnológica de los equipos.

En lo que refiere a tecnología utilizada, hay que constatar que en las centrales medianas y pequeñas, fue la industria de material eléctrico catalana y española tuvo un papel importante en la instalación de todo el equipamiento, mientras que en las grandes centrales, ha sido la industria exterior la que lo ha aportado todo.

Cuando se visita una central, del tamaño que sea, a veces lo que atrae más la atención son las dimensiones de la presa, en otras la maquinaria como la turbina o el generador, que se encuentran en el interior del edificio, incluidos los elementos de control y maniobra. Por fuera encontraremos el equipamiento hidráulico: el canal de entrada, las tuberías por donde baja el agua, las compuertas de maniobra o la salida del agua de las turbinas.

El libro recoge la descripción de todas las centrales. Se basa en las instalaciones que se encontraban referenciadas en "Datos de Producción Eléctrica" situadas dentro de las "Estadísticas Energéticas de Cataluña. Instalaciones en Régimen Ordinario e instalaciones en Régimen Especial". La última edición correspondiente al año 2012, aportaba un total de 333 instalaciones. También se han incorporado las centrales de la Noguera Ribagorzana que se encuentran ubicadas dentro de Aragón y también la central

de Mequinzenza por su vinculación con la red eléctrica catalana. La lista ha sido ampliada con las últimas instalaciones puestas en marcha hasta el otoño de 2015.

| Tabla 1. Instalaciones de generación |                     |                    |                     |                |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Año 2012                             | Régimen Ordinario   |                    | Régimen Especial    |                |
| Provincia                            | Numero de centrales | Potencia(KW)       | Numero de centrales | Potencia(KW)   |
| Barcelona                            | 5                   | 65.710,0           | 116                 | 53.256         |
| Girona                               | 6                   | 102.636,0          | 86                  | 43.399         |
| Lleida                               | 44                  | 1.614.698,0        | 72                  | 148.125        |
| Tarragona                            | 2                   | 305.320,0          | 2                   | 28.000         |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>57</b>           | <b>2.088.364,0</b> | <b>276</b>          | <b>272.780</b> |

El trabajo de campo también ha incluido la investigación efectuada para conocer el origen y desarrollo de estas instalaciones. Como participaron en la electrificación de Cataluña. Otro tema ha sido identificar y vincular los aprovechamientos con sus concesiones administrativas correspondientes, una información indispensable para conocer la referencia de inicio del aprovechamiento, y a veces no ha sido tarea fácil principalmente en aprovechamientos industriales nacidos a mediados del siglo XIX, porque los cambios sufridos a lo largo de los años, nos han hecho dudar sobre cuál era la concesión original. Para aclarar esto nos hemos dirigido a las correspondientes administraciones que guardan la documentación adecuada: Agència Catalana de l'Aigua y Confederación Hidrográfica del Ebro.

El trabajo identifica todas las instalaciones: presas, azudes, canales, centrales, y conjuntos industriales. Lo hemos hecho analizando y filtrando toda la información recibida de las diversas fuentes consultadas: las concesiones administrativas, las fuentes estadísticas, las fuentes económicas, los estudios técnicos que hemos localizado y los estudios históricos publicados. Finalmente hemos intentado localizar a los propietarios de las instalaciones y les hemos pedido que aceptaran aportar los datos que nos faltaban, que nos facilitaran imágenes, o que nos permitieran visitar la instalación.

La base cartográfica utilizado ha sido la actual, excepto cuando se presentan planos antiguos, y el interés se ha centrado en la descripción de unas instalaciones técnicas con el máximo rigor, a pesar de las discrepancias en valores numéricos que a veces hemos encontrado y que siempre hemos tratado de aclarar. No se trataba sólo de mostrar las instalaciones, sino dejarlas documentadas con informaciones de diferentes fuentes; verbales, visuales o documentales y con esta premisa la descripción de cada instalación ha sido la combinación de todas.

En el trabajo, el conjunto hidroeléctrico catalán se presenta separado por las diferentes cuencas hidrográficas que hay en Cataluña, y dentro de cada cuenca las centrales se encuentran ordenadas por su posición que ocupan desde el nacimiento del río. Solo las grandes centrales se han expuesto separadas, no sólo para destacar su importancia, sino también para entender mejor su función. En resumen, se ha intentado recuperar, a fondo, la historia del aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos catalanes.

## El estudio histórico

Para exponer el alcance del trabajo en lo que se refiere al estudio histórico efectuado, se exponen a continuación algunos ejemplos del mismo.

En uno de los apartados, se ha trabajado la utilización de la electricidad en su inicio. En concreto en las fábricas instaladas en los cursos fluviales, donde se habrían incorporado junto a la turbina que daba movimiento a las máquinas, dinamos o alternadores. Aquí se presenta el caso del Ter en el año 1903.

| Tabla 2. Fábricas del Ter. Las 10 más importantes con generación eléctrica para alumbrado propio. Año 1903. |                           |                        |                  |
|---|---------------------------|------------------------|------------------|
| Municipio   | Propietario               | Producción anual (kWh) | Industria        |
| Salt  | Coma, Clivillés y Clavell | 45.030                 | Filats i teixits |
| Manlleu   | Rusiñol Hermanos          | 39.600                 | Filats i teixits |
| Les Lloses  | Edmundo Bebié             | 26.460                 | Filats           |
| Ripoll  | Prat, Carol y Cia         | 24.654                 | Filats i teixits |
| Bescanó   | Grober y Cia              | 23.944                 | Botons i trenes  |
| Sant Joan de les Abadesses  | J.M.Llaudet               | 20.210                 | Filats           |
| Masíes de Voltregà  | Castellà, Pons y Cia      | 19.950                 | Filats i teixits |
| Masíes de Roda  | Rómulo Bosch Alsina       | 19.800                 | Filats i teixits |
| Manlleu   | Hijos de V.Casacuberta    | 18.975                 | Filats           |
| Anglès  | Burés y Salvadó           | 18.585                 | Filats i teixits |

Relacionado con la generación eléctrica, se han localizado estudios que reflejan la importancia de determinados ríos aquellos momentos. En la tabla 2 se detalla la potencia instalada en el río Llobregat y sus afluentes, según un estudio efectuado por Lluís Creus en 1935, la tabla 3 indica lo mismo para el río Ter, los dos han sido los principales ríos en los que se asentó la industria manufacturera catalana.

| Tabla 3. Potencia instalada en 1935 |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| Rio                                 | Potencia instalada |
| Llobregat                           | 20.741 CV          |
| Cardener                            | 6.427 CV           |
| Bastareny                           | 1.704 CV           |
| Anoia                               | 973 CV             |
| Calders                             | 915 CV             |
| Afluentes pequeños                  | 963 CV             |
| <b>Cuenca del Llobregat</b>         | <b>31.723 CV</b>   |

| Tabla 4. Potencia instalada en 1935 |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| Rio                                 | Potencia instalada |
| Freser                              | 17.976 CV          |
| Ter                                 | 11.607 CV          |
| Riera d'Osor                        | 1.128 CV           |
| Riera d'Amer                        | 463 CV             |
| Riu Terri                           | 299 CV             |
| Riu Ritort                          | 183 CV             |
| Riera de Malatosca                  | 181 CV             |
| Resto de afluentes                  | 28 CV              |
| <b>Cuenca del Ter</b>               | <b>31.865 CV</b>   |

Se han trabajado las curvas de caudal de algunos ríos, principalmente los más característicos, ya que una de las condiciones de cualquier río para que sea utilizable energéticamente es que su caudal sea adecuado y suficiente. La figura 2 muestra la curva de caudales del río Ter en dos puntos: uno de ellos está en su parte inicial a su paso por la población de Sant Joan de les Abadesses y otro en su parte central, a su paso por Manlleu, antes de los embalses de Sau y Susqueda, que regulan el caudal aguas abajo.

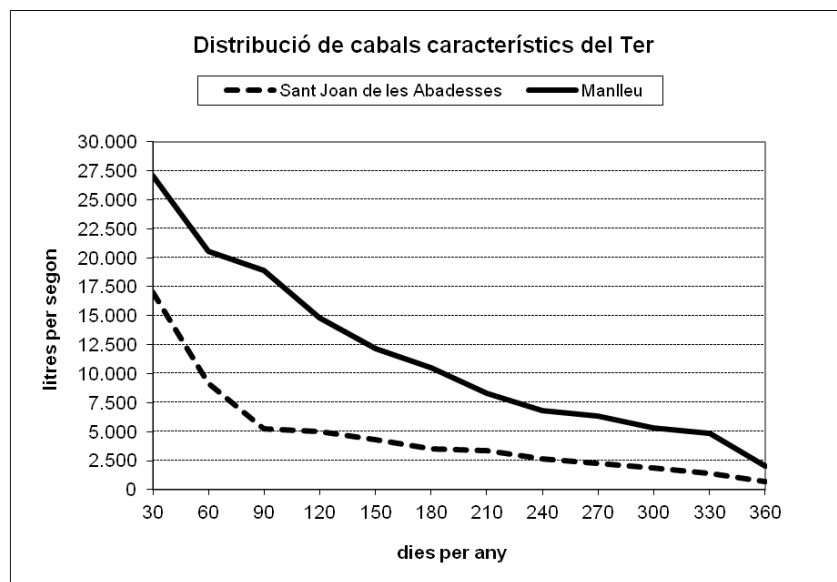


Figura 2: distribución del caudal medio en los 365 días al año del río Ter.

Pese a ser el Llobregat y el Ter los ríos industriales por excelencia, exceptuando el río Ebro, que tiene solo una parte pequeña, aunque la más caudalosa, de su curso fluvial en Cataluña, el río más importante de Cataluña es el río Segre.

En el Segre, se han estudiado las actuaciones para obtener energía eléctrica proyectadas desde finales del siglo XIX. En la tabla 5 se destacan los aprovechamientos en el año 1908. Todos tenían su concesión aprobada por la administración, pero hasta aquel momento, ninguno había sido construido, ni tan solo empezado. Lo cual pone de relieve las dudas y incertidumbres que pesaban en la decisión de acometer las inversiones, y que se disiparon bastante con la llegada de los inversores extranjeros.

| Tabla 5. Aprovechamientos en el Segre medio, proyectados al comenzar el siglo XX |                 |               |           |
|--|-----------------|---------------|-----------|
| Indret   | Projecte        | Concessió     | realitzat |
| Coll de Nargó  | Oliva - Fiter   | desembre 1897 | no        |
| Congost dels Esplovins   | Ferrer - Medir  | maig 1897     |           |
| Oliana   | Ferrer - Bosque | desembre 1904 |           |
| Basella-Clúa   | Ferrer - Medir  | Gener 1902    |           |
| Tiurana  | Salvia          | març 1898     |           |
| Ponts  | Biosca - Soler  | gener 1897    |           |

Y es que el Segre, pese a su gran caudal, ha sido uno de los ríos que más ha tardado en ser utilizado energéticamente. Otros de menor capacidad, entre los que se encuentran sus afluentes, como la Noguera Pallaresa, lo fueron antes.

Hoy el Segre tiene tres embalses que ocupan una pequeña parte de su recorrido

| Tabla 6. Los embalses del Segre |                 |  |                       |                      |      |
|---------------------------------|-----------------|--|-----------------------|----------------------|------|
| Embalse                         | Superficie (ha) | Levantamiento del nivel del río sobre su lecho (m) | Capacidad total (hm3) | Capacidad útil (hm3) | Año  |
| Sant Llorenç de Montgai         | 131             | 20   | 9,54                  | 3,3                  | 1930 |
| Oliana                          | 443             | 90   | 101                   | 78,38                | 1956 |
| Rialb                           | 1.505           | 76   | 402,8                 | 401,00               | 2006 |

Otro de los ríos utilizados de forma extraordinaria ha sido la Noguera Ribagorzana, que además se encuentra en el límite entre Cataluña y Aragón. Estudiado desde principio del siglo XX no se puso en marcha la construcción de los aprovechamientos hasta casi la década de los años 1950

El primer proyecto de la Noguera Ribagorzana estaba ligado a un proyecto de ferrocarril eléctrico que no prosperó y los distintos saltos proyectados quedaron sin efecto, hasta que en los años 1920 se volvieron a considerar, con otro planteamiento para generar electricidad y transportarla a otros lugares.

| Tabla 7. Saltos para alimentar un FFCC eléctrico, tramo pirineos - Noguera Ribagorzana. |          |                      |                   |           |               |
|---|----------|----------------------|-------------------|-----------|---------------|
| Provincia   | Salto nº | Lugar de la toma     | Caudal (litres/s) | Salto (m) | Potencia (CV) |
| Lleida  | (1)      | Cascada de Conangles | 1.000             | 154       | 1.651         |

|        |                |  |       |       |       |
|--------|----------------|--|-------|-------|-------|
| Lleida | (2)            | A 935,6 m de la descàrrega del salt anterior | 1.800 | 59,8  | 1.148 |
| Huesca | La Tallada (3) | Aneto (700 m aigua avall del pont de fusta)  | 2.000 | 79,4  | 2.177 |
| Huesca | Aneto (4)      | Aneto (a l'indret anomenat "la Tallada")     | 2.600 | 96,62 | 3.349 |

En este segundo proyecto también se suscitaron las dudas correspondientes, las de la pròpia empresa que debía invertir en su construcción y la de si la energia puesta a disposición de los usuarios seria consumida, en un momento de saturación del mercado de la oferta de electricidad.

## El trabajo de campo

El planteamiento del trabajo, como se ha indicado anteriormente, ha sido conocer y documentar la totalidad de las instalaciones de producción eléctrica. Una vez terminado el mismo vemos que no ha podido ser en su totalidad, por varias razones.

El proceso constaba de 5 fases:

1. localización de todos los emplazamientos.
2. conocimiento de la propiedad y contacto.
3. documentación previa de cada instalación.
4. realización de la visita a la instalación.

En la fase 1 se ha contado con la colaboración de la administración autonómica, que ha facilitado los datos públicos que permitían su definición y localización. Con el uso de la cartografía del ICGC se han localizado todos, sin excepción.

En la fase 2 nos hemos encontrado que un pequeño porcentaje de propietarios no se han localizado.

En la fase 3 nos hemos encontrado distinto grado de documentación en cada instalación. necesitando ampliar las fuentes y acudir a organismos de la administración, pero finalmente casi todas las instalaciones tiene su pequeña historia.

En la fase 4 algunos propietarios no han facilitado información o imágenes.

Para facilitar la recopilación de datos, se diseñó una ficha tipo que situaba todas las características que nos habíamos propuesto:

|  |
|--|
| Tabla 8. ficha tipo para el trabajo de campo |
| <b>Nombre de la Central</b>                  |
| Propiedad                                    |
| Fecha de Concesión                           |
| CAUDAL de la concesión (l/s)                 |
| SALTO BRUTO (m)                              |
| potencia registrada (kW)                     |
| <b>Termino municipal del azud o presa</b>    |
| tipo de presa                                |
| cota de coronación                           |



|  |
|--|
| longitud coronación y altura sobre lecho del río (m)                     |
| Altura sobre cimientos (m)   |
| Características destacables de la presa                                  |
| longitud del canal (m) (a cielo abierto/ subterráneo)                    |
| medidas ancho x profundidad (m)  |
| longitud de la tubería forzada (m)                                       |
| diámetro ext o int. (max-min) de la tubería forzada (m)                  |
| longitud del canal de salida (m)   |
| medidas ancho x profundidad (m)  |
| <b>Término municipal de la central</b>                                   |
| <b>n° de Turbinas .....</b>  |
| turbina n° .....   |
| tipo turbina, constructor y año de construcción/instalación              |
| Potencia (CV o kW) y velocidad de giro (rpm)                             |
| unión turbina-alternador (rígida/correas/engranajes)                     |
| tipo alternador, constructor y año fabricación / instalación             |
| Potencia, tensión y velocidad de giro del alternador (kVA) / (V) / (rpm) |
| Constructor del regulador de velocidad. Actual y antiguo (si había)      |

Y además de los datos técnicos, descriptivos de la instalación hidráulica: presa, canal, turbina, desguace, y de la instalación eléctrica: alternador, sistema eléctrico de la central y conexión con la red eléctrica exterior, también se ha considerado su diseño dentro del valle fluvial, las etapas de construcción y los aspectos más destacables.

Con los datos obtenidos se han podido elaborar las listas iniciales con las que se ha trabajado. Confeccionar tablas como la tabla 9 ha permitido situar los dos puntos principales de los aprovechamientos: presa y central. La tabla 10 utilizada para el estudio del canal de Pinyana, ha permitido tener una mejor idea del salto mediante el conocimiento del tipo de turbina utilizada.

| Tabla 9. Saltos del Fluvià |                          |                          |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nombre                     | Municipio de la presa,   | Municipio de la central  |
| Can Sabata                 | Vall de Bianya           | Vall de Bianya           |
| Molí d'en Daina            | Vall de Bianya           | Vall de Bianya           |
| Molí Juvinyà               | Sant Joan Les Fonts      | Sant Joan les Fonts      |
| Molí Fondo                 | Sant Joan Les Fonts      | Sant Joan les Fonts      |
| La Sebastiana              | Sant Joan Les Fonts      | Sant Joan les Fonts      |
| Can Gridó                  | Sant Joan Les Fonts      | Castellfollit de la Roca |
| Castellfollit              | Castellfollit de la Roca | Castellfollit de la Roca |
| Xaudiera                   | Montagut                 | Montagut                 |
| Barri de Fluvià            | Montagut                 | Montagut                 |
| Can Sorribes               | Montagut                 | Sant Jaume de Llierca    |
| Can Brutau                 | Sant Jaume de Llierca    | Sant Jaume de Llierca    |

|                  |            |              |
|------------------|------------|--------------|
| Can Carlot       | Argelaguer | Argelaguer   |
| Molí Nou         | Argelaguer | Sant Ferriol |
| Can Surós- Molí  | Besalú     | Besalú       |
| Serinyà          | Serinyà    | Serinyà      |
| Martís           | Esponellà  | Esponellà    |
| Esponellà        | Esponellà  | Esponellà    |
| Travy            | Esponellà  | Esponellà    |
| Orfes            | Vilademuls | Vilademuls   |
| Calabuig         | Bàscara    | Bàscara      |
| Arenys d'Empordà | Garrigàs   | Garrigàs     |
| Sentmenat        | Sant Mori  | Sant Mori    |

| Tabla 10. Saltos del Canal de Pinyana |                         |         |                          |
|---------------------------------------|-------------------------|---------|--------------------------|
| Central                               | Municipio de la central | Turbina | Potencia registrada (kW) |
| Castillonroy                          | Castillonroy            | FR      | 2.880                    |
| Hilaturas Casals                      | Alfarràs                | FR      | 505                      |
| Alfarràs                              | Alfarràs                | FR      | 520                      |
| Alguaire                              | Alguaire                | FR      | 396                      |
| Almenar                               | Almenar                 | KA      | 332                      |
| Salt Canet                            | Alpicat                 | KA      | 380                      |
| Moli de Serra                         | Rosselló                | KA      | 136                      |
| Alier, Sa                             | Rosselló                | FR      | 180                      |
| Al-Kanis                              | Rosselló                | FR      | 410                      |
| Ull Roig                              | Torrefarrera            | KA      | 742                      |
| Ull Roig                              | Torrefarrera            | KA      | 100                      |
| Molinot                               | Vilanova del Segrià     | KA      | 150                      |

En su conjunto se han documentado un total de 360 centrales, de las cuales se han visitado, obtenido imágenes propias, recopilado información o recibido imágenes un total de 326 centrales, es decir, el trabajo se ha realizado con un conocimiento mínimo del 90 % del parque de generación estudiado.

| Tabla 11. Grandes centrales        |                          |                            |                      |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------|
|                                    | documentadas y visitadas | documentadas y sin visitar | <b>Total general</b> |
| Reversibles                        | 3                        | 0                          | <b>3</b>             |
| Con embalse, en cabecera de cuenca | 13                       | 0                          | <b>13</b>            |
| Con embalse                        | 11                       | 5                          | <b>16</b>            |
| Agua Fluyente                      | 14                       | 9                          | <b>23</b>            |
| <b>Total</b>                       | <b>41</b>                | <b>14</b>                  | <b>55</b>            |

| Tabla 12: Centrales medianas y pequeñas |                     |                          |                                 |               |
|---|---------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------|
| RIO                                     | aportación de datos | documentadas y visitadas | Menos documentadas (sin visita) | Total general |
| Ter                                     | 14                  | 38                       | 10                              | <b>62</b>     |
| Llobregat                               | 16                  | 35                       | 4                               | <b>55</b>     |
| Cardener                                | 9                   | 19                       | 2                               | <b>30</b>     |
| Fluvià                                  | 3                   | 19                       |                                 | <b>22</b>     |
| Freser                                  |                     | 21                       |                                 | <b>21</b>     |
| Canal d'Urgell                          |                     | 11                       | 1                               | <b>12</b>     |
| Canal de Pinyana                        | 2                   | 5                        | 5                               | <b>12</b>     |
| Segre                                   |                     | 9                        | 2                               | <b>11</b>     |
| Canal Aragón y Catalunya                | 10                  |                          |                                 | <b>10</b>     |
| Bastareny                               |                     | 7                        |                                 | <b>7</b>      |
| Flamisell                               | 3                   | 2                        | 1                               | <b>6</b>      |
| Aigua de Valls                          |                     | 2                        | 2                               | <b>4</b>      |
| Noguera Pallaresa                       |                     | 4                        |                                 | <b>4</b>      |
| Ritort                                  |                     | 4                        |                                 | <b>4</b>      |
| Valira                                  |                     | 4                        |                                 | <b>4</b>      |
| Anoia                                   |                     | 3                        |                                 | <b>3</b>      |
| Malatosca                               | 1                   | 2                        |                                 | <b>3</b>      |
| Sta Magdalena                           |                     | 3                        |                                 | <b>3</b>      |
| Resto de ríos con 2 o 1 central         | 12                  | 18                       | 7                               | <b>37</b>     |
| <b>Total general</b>                    | <b>65</b>           | <b>206</b>               | <b>34</b>                       | <b>305</b>    |

## El resultado

Es obvio que en un trabajo de estas características, cuya duración ha llevado un largo tiempo de ejecución se haya expuesto la información de forma totalmente atrayente para el lector.

Como se ha indicado al principio se trabajan de forma independiente las grandes centrales del resto.

Para las grandes centrales se inicia su descripción con tablas en las que se exponen los parámetros más importantes: presas, turbinas, canales, etc. La tabla nº 12, se refiere a las grandes presas que configuran el conjunto hidroeléctrico. En la misma aquí se han colocado las tres presas más importantes, como ejemplo.

Tabla 12. Las grandes presas catalanas, superiores a 50 metros de altura total.

| Presa    | Rio                 | Año de construcción | Altura sobre cimentación (m) | Longitud (m) | Capacidad nominal (hm <sup>3</sup> ) | Tipo de presa |
|----------|---------------------|---------------------|------------------------------|--------------|--------------------------------------|---------------|
| Canelles | Noguera Ribagorzana | 1960                | 150                          | 210          | 567                                  | Arco          |
| Susqueda | Ter                 | 1968                | 135                          | 510          | 233                                  | Arco          |
| Escalles | Noguera Ribagorzana | 1955                | 125                          | 200          | 154                                  | Gravedad      |

Cada una de las 55 instalaciones de generación descritas se presentan con esta tabla de encabezamiento.

| Tabla 13. Datos principales del sistema hidráulico de Molinos |                            |
|---|----------------------------|
| Aportación  | Flamisell                  |
| Caudal máximo de la concesión                                 | 7 m <sup>3</sup> /s        |
| Salto bruto máximo  | 273 m                      |
| Municipio de la presa   | La Torre de Cabdella       |
| presa principal   | azud                       |
| Altura total de la presa                                      | 3 m                        |
| Longitud de la coronación                                     | 15,8 m                     |
| Longitud del canal de entrada                                 | 6.881 m (subterránea)      |
| Municipio de la central                                       | La Torre de Cabdella       |
| Año de puesta en marcha                                       | 1919                       |
| Nº de máquinas actuales                                       | 3 Pelton de eje horizontal |
| Potencia instalada en turbinas                                | 13.500 kW                  |

Continúa con una descripción histórica del proyecto y su evolución hasta su puesta en marcha:

*"El origen del aprovechamiento viene de la concesión solicitada en 1906 por Pere Trepàt y Galceràn desde Espui. Antes de ser concedido en adquirieron los derechos primer Josep Alegre y luego este lo traspasó a Cristóbal Massó. Se concedió en marzo de 1911 con un caudal de 3.500 litros y la presa se situaba 200 metros aguas abajo de la confluencia de los ríos Flamisell y Riquierna, e iba hasta una central que se situaría en el lugar de "Molinos" en el término de Mont-ros. Los molinos que había en este tramo de río, en la Torre de Cabdella y Espui, fueron adquiridos por Massó para facilitar la concesión.*

*En agosto de 1912 se transfirió el aprovechamiento a Energía Eléctrica de Cataluña, S.A. En diciembre de 1918 se concedía una ampliación del caudal de 3.500 litros / s a 7.000 litros / s y fue esta empresa quien lo construyó. Los trabajos comenzaron en 1915 y la central se puso en marcha en 1919, aunque las obras no se consideraron terminadas hasta el otoño de 1921.*

*La central de Molinos toma el agua con una esclusa situada aguas arriba de la central*

*de Cabdella, situada en la cota 1.275, según la base cartográfica del ICGC (1.170,5 m es la referencia cartográfica antigua). La esclusa tiene 15,8 metros de largo y 2 metros de altura sobre lecho de río y unos 3 metros sobre cimientos, con dos compuertas de limpieza y aliviadero de labio fijo. Al caudal recogido por la esclusa se añade el de la propia central de Cabdella, que es conducido por un canal de 6.881 m de longitud excavado en roca en su totalidad, con 1,07 m de altura, que está situado en el margen derecho. De la cámara de aguas situada al final del canal, casi de las mismas dimensiones del canal, pero que puede acumular 5,8 dm<sup>3</sup>, sale una tubería forzada de 607 metros de longitud y de 1.500 mm de diámetro interior en la parte alta y 1.400 mm y 1.300 mm a medida que baja hasta la central. El agua cuando sale de la descarga de la central, en la cota 976 es conducida por un canal hacia la central de La Plana.*

*La central está equipada con tres turbinas Pelton de eje horizontal de doble inyector, de 6.700 CV construidas por Escher Wyss & Cie, que giran a 375 rpm y que se encuentran acopladas directamente cada una en generador síncrono Westinghouse de 6.250 kVA a 6.000 V. los grupos 1 y 2 comenzaron a funcionar en mayo de 1919 y el grupo 3 agosto del mismo año."*

y se complementa con un conjunto de imágenes, de la que se expone una de ellas:



**Figura 3. Descarga de la central de Cabdella y toma de Molinos. (Autor)**

Siguiendo el mismo esquema anterior, en el caso de las 304 centrales de mediana o baja potencia, la estructura de la exposición es más condensada, como se muestra a continuación.

| Tabla 14. Datos principales del sistema hidráulico de Can Tarrés, en el río Ter |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Origen del aprovechamiento  | 1857- fábrica textil              |
| Caudal  | 5.000 litros/s                    |
| Salto   | 3,04 m                            |
| Municipio de la presa   | Les Masies de Voltregà -Torelló   |
| Datos de la presa   | 1,8 m d'altura i 90 m de longitud |
| Longitud del canal de entrada   | 10 m (cubierto)                   |

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Longitud del canal de salida | 550 m  |
| Municipio de la central      | Torelló  |
| Año de puesta en marcha      | 1857   |
| Nº de máquinas actuales      | 1 Francis de eje vertical i 1 Kaplan inclinada |

complementado igualmente con la información histórica documentada y la técnica de base del aprovechamiento:

*"Se conoce que en 1861 los Tarrés: Ramón Tarrés Saderra y Josep Tarrés Baucells que ya tenían la propiedad del molino de Cervià agrandaron la fábrica de tejidos y el aprovechamiento. La primera turbina que tuvo la instalaron Planas, Junoy y Cia, era de eje vertical, tenía 50 CV y utilizaba un salto de 2,6 m. Fue construida alrededor de 1864-65.*

*En 1866 será José Espona quien hace funcionar la fábrica hasta el año 1899. Después será ocupada por otras sociedades todas dedicadas al textil.*

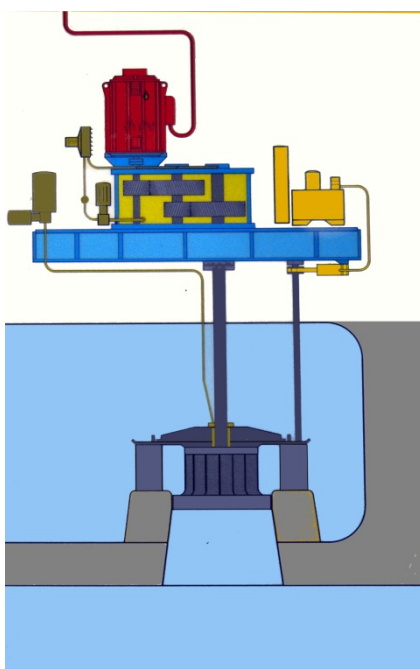
*La presa, situada poco después del río Ges, es de gravedad y la central está al lado mismo, casi no existe canal de entrada y tiene 8 metros de ancho y 2,5 metros de profundidad, en cambio para ganar salto el canal de salida es largo y también tiene las mismas dimensiones.*

*En los años ochenta aún mantenía la turbina vertical instalada por Planas, Junoy y Cia, que al aumentar el salto podía dar unos 85 CV.*

*Actualmente mantiene una turbina Francis de cámara abierta y eje vertical fabricada por Escher Wyss & Cie hace muchos años, con una potencia de 180 CV y un caudal de 5.000 litros/s que se encuentra acoplada por medio de un engranaje multiplicador a un motor Indar vertical de 200 kVA.*

*También tiene instalada una turbina semi Kaplan de eje inclinado, situada dentro de la tubería, que está acoplada a un generador asíncrono Marelli de unos 100 kVA."*

E igualmente con imágenes de la instalación.



**Figura 4. esquema de la turbina vertical i el generador asíncrono. (Autor)** **Figura 5. Presa de Can Tarrés. (Autor)**

## En resumen

De la forma que se ha presentado la central de Molinos, se han descrito las 55 grandes centrales con toda clase de datos e imágenes.

Desde la primera gran central hidroeléctrica de Cataluña construida como central de cabecera de cuenca, la central de Cabdella, iniciada en el año 1912 y finalizada en el año 1914, que utilizó varios de los lagos naturales de la cuenca del Flamisell, que como dato característico, combinaba esta particularidad de poder utilizar el agua embalsada en los lagos, con el gran salto que ofrecía la morfología del valle en el lugar denominado Sallente, topónimo que tiene que ver con la existencia de un salto natural, que utilizó la instalación.

Hasta la última central construida en Cataluña, la del embalse de Rialb, que de hecho se desglosa en dos distintos montajes dentro de la misma instalación. Que de hecho su planteamiento vendría originado, aunque de otra forma, desde el año 1905. En lo que se refiere a la presa se inició su construcción en el año 1992 y finalizó en el año 2000. Y la central se puso en marcha en 2006.

| Tabla 15. Grandes centrales descritas en la publicación |              |                    |
|---|--------------|--------------------|
| Cabecera de cuenca                                      | Con embalse  | Fluyentes          |
| Aiguamoix   | Camarasa     | Balaguer           |
| Arties  | Canelles     | Baliera            |
| Baserca   | Escales      | Benós              |
| Cabdella  | Flix         | Boí                |
| Caldes  | La Torrassa  | Bossost            |
| Esterri   | Mequinenza   | Espot              |
| La Baells   | Oliana       | Gavet              |
| Llavorsí  | Pasteral I   | Joeu               |
| Sant Joan de Toran                                      | Rialb        | Lleida             |
| Sant Maurici  | Riba-roja    | Llesp              |
| Tavascan Inferior                                       | Sant Llorenç | Molinos            |
| Tavascan Superior                                       | Santa Anna   | Pobla              |
| Unarre  | Sau          | Pont de Montanyana |
|   | Susqueda     | Pont de Rei        |
|   | Talarn       | Pont de Suert      |
|   | Terradets    | Senet              |
|   |              | Serós              |
|   |              | Termens            |

|  |  |          |
|--|--|----------|
|  |  | Varradós |
|  |  | Vielha   |
|  |  | Vilaller |
|  |  | Xerta    |

Incluyendo las tres centrales reversibles de Montamara, Estany Gento-Sallente y Moralets-Baserca.

En lo que se refiere a las 304 centrales de mediana y pequeña dimensión se han agrupado en sus distintas cuencas. Ya sean antiguas fábricas o edificios destinados a central eléctrica, muchas aún mantienen elementos de la instalación que vienen de su origen.

Dentro de este grupo se encuentran las primeras centrales eléctricas catalanas. la primera de todas, la que se instaló en Girona, en el molino de la ciudad, y comenzó a funcionar en 1886 con una potencia de 45 CV (33 kW) y se utilizó para el alumbrado público de la ciudad. Tenía un salto de 3,2 metros y un caudal máximo de 1.500 litros por segundo. Un salto pequeño si lo comparamos con los actuales, pero en ese momento era una potencia bastante normal por el uso que se daba a los aprovechamientos hidráulicos, como eran los molinos.

| Tabla 16. Cuencas de la hidrografía catalana |                  |
|--|------------------|
| Cuenca de la Muga                            | 2 descripciones  |
| Cuenca del Fluvià                            | 24 descripciones |
| Cuenca del Freser                            | 22 descripciones |
| Cuenca del Ter                               | 74 descripciones |
| Cuenca de la Tordera                         | 3 descripciones  |
| Cuenca del Llobregat                         | 71 descripciones |
| Cuenca del Cardener                          | 36 descripciones |
| Cuenca del Segre                             | 68 descripciones |
| Cuenca del Garona                            | 5 descripciones  |

Todo este trabajo se complementa con cuatro apéndices que contienen una información substancial para seguir el proceso de utilización de los ríos catalanes desde su inicio hasta la actualidad.

Apéndice 1: Los saltos hidráulicos en los ríos catalanes a partir de las turbinas construidas por la casa Planas de Girona hasta 1910.

Apéndice 2: Los aprovechamientos hidráulicos en los ríos catalanes en 1920-23, a partir de la información de la Cámara de Comercio de Barcelona.

Apéndice 3: El aprovechamiento hidráulico de los ríos catalanes a partir de los estudios efectuados en el año 1934.

Apéndice 4: Situación de los aprovechamientos hidráulicos en los ríos catalanes en



1983.

Además exhibe más de 1.900 figuras, entre imágenes antiguas y modernas, captadas expresamente para esta edición, gráficos, cartografía antigua y moderna.

En definitiva se trata de un trabajo que intenta ser global y completo, que ofrece un conjunto de información acerca de la utilización de la energía hidráulica en Cataluña como no se había presentado anteriormente.

## **Bibliografía**

ALAYO, Joan Carles. *L'Electricitat a Catalunya*. Lleida: Pagès Editors. 2007. 944 p.

ALAYO, Joan Carles. *Aigua i Energia*. (en preparación, estimado 2017). unas 930 p.