



PROJECTE BÀSIC I ESTUDI DE VIABILITAT D'UNA MINICENTRAL HIDROELÈCTRICA A TRAVÉS D'UNA SMART GRID A RIVERT, PALLARS JUSSÀ

Grau en Enginyeria de la Construcció
(Autor)

Tutoritzat per:
Daniel Niñerola Chofini
Carme Hervada Sala



1. TÍTOL DE LA IDEA

Projecte bàsic i estudi de viabilitat d'una minicentral hidroelèctrica a través d'una smart grid a Rivert, Pallars Jussà.

2. RESUM DEL PROJECTE

El futur energètic mitjançant energies renovables pot semblar un concepte utòpic. La tecnologia ja existeix però s'ha parlat poc de quina és la millor manera d'aplicar-la. Les *smart grids* és un nou concepte d'aplicació d'aquestes energies renovables per tal de fer-les més a l'abast a la societat. Gràcies aquestes, seria factible descentralitzar la generació d'energia i augmentar la competitivitat del teixit agroempresarial tot reduint costos, de manera que es preveu que al 2020 un 35% de l'energia europea provingui de fonts renovables. A Catalunya les característiques del territori fan que el 70% del mateix tingui oportunitats per desenvolupar activitats relacionades amb l'energia que cal aprofitar.

Aquest projecte tracta justament de la construcció d'una minicentral hidroelèctrica a un poble Pallarès tot aprofitant l'energia que es pot generar al propi territori, reflectint com amb projectes locals i a través de l'electrificació rural pot millorar la situació global. La infraestructura s'ha dissenyat tenint en compte els criteris de les *smart grids* i per això s'ha estudiat la viabilitat pel que fa als aspectes socials, ambientals, econòmics, i a més a més les responsabilitats socials corporatives. Per projectar la minicentral hidroelèctrica i treure'n tot el potencial energètic s'ha adaptat de la millor manera possible al territori a partir de l'estudi d'aquests condicionants a través de tres estudis d'alternatives realitzats. Amb tot això, s'ha pogut concloure que la minicentral hidroelèctrica a Rivert és viable i que a més a més repercutiria de manera molt positiva amb una reducció fins a 600 vegades l'impacte ambiental d'altres fons de generació elèctrica. El projecte demostrar així a la societat com desenvolupar el territori i superar la competència, tot renovant el sector rural.

3. DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

3.1 Introducció

En els últims anys, l'encariment de les matèries fòssils ha provocat un increment del preu de l'energia. Això s'ha traduït en què des del 2003 paguem un 68% més de llum. És conegut que els combustibles fòssils s'esgotaran tard o d'hora i que la solució passa indubtablement per la sostenibilitat. De fet, mentre que les energies fòssils són cada cop més cares, les renovables són cada cop més barates a més a més dels beneficis que comporten des d'un punt de vista ambiental. El vector energètic és bàsic en el

desenvolupament de la societat i per això aquest canvi cap a les energies renovables comporta trobar un nou model social i econòmic compatible, i que per tant transcendeix molt més enllà de la simple implementació d'aquestes fonts d'energia.

Tot i que el futur energètic mitjançant energies renovables se n'hagi parlat molt, pot semblar un concepte utòpic. La tecnologia ja existeix però s'ha parlat poc de quina és la millor manera d'aplicar-la. Les smart grids és un nou concepte d'aplicació d'aquestes energies renovables per tal de fer-les més a l'abast a la societat. Aquestes representen l'evolució del sistema elèctric cap a la fusió tecnològica amb les telecomunicacions (TIC) a través de xarxes elèctriques i de comunicacions intel·ligents. Aquestes xarxes, gràcies a les TIC, permeten interconnectar múltiples agents consumidors i generadors distribuïts en el territori i gestionar els fluxos d'energia en temps real. Així s'assoleix la màxima eficiència energètica al menor cost, augmentant la fiabilitat i la seguretat en la producció, en el subministrament i en el consum.

Els beneficis d'aquest tipus de xarxes són múltiples i afecten tant als productors d'energia (per controlar la generació en funció de la demanda real de la línia) com als distribuïdors (per fer un ús més racional de les seves instal·lacions) i als consumidors (per tenir més control de l'energia i optimitzar-la). A més a més, aquest canvi en el model energètic comportarà un benefici principalment per la descarbonització, per tal de reduir la dependència energètica dels hidrocarburs o la importació de l'energia o per créixer d'una manera sostenible (*green growth*).

Gràcies aquestes, segons la Plataforma Tecnològica Europea per a les Xarxes d'Electricitat del Futur es preveu que al 2020 un 35% de l'energia europea provingui de fonts renovables i que la descarbonització total de l'energia sigui factible al 2050. Les xarxes intel·ligents són imprescindibles per treure partit de les potencialitats que es preveu que el 70% del territori català té i així descentralitzar la generació d'energia i augmentar la competitivitat del teixit agroempresarial tot reduint costos. És l'oportunitat d'alinear-nos amb els països més avançats del nostre entorn i preparar-nos per a un escenari de recursos energètics escassos i d'increment del seu preu. Per aquest motiu ara és necessari que es comencin a portar a terme projectes arreu del continent per llançar així un missatge a la societat del potencial que es té, per tal que el model es vagi estenent.

Aquest projecte tracta justament de la construcció d'una minicentral hidroelèctrica a Rivert, un petit poble del Pallars Jussà, tot aprofitant l'energia que es pot generar al propi territori, reflectint com amb projectes locals i a través de l'electrificació rural es pot millorar la situació global. Concretament, a Rivert hi ha una de les surgències d'aigua més importants del Prepirineu segons l'Agència Catalana de l'Aigua que permetria aquest aprofitament hidroelèctric i que en certa manera serviria per exemplificar el potencial que tenen altres poblacions de muntanya properes. El concepte de smart grid és present en la

pròpia definició del projecte però a més a més, la infraestructura s'ha dissenyat tenint en compte els conceptes d'aquestes xarxes intel·ligents tant a nivell tècnic com social. Això vol dir dimensionar-la compatibilitzant no només en els aspectes socials, ambientals o econòmics que es tenen en compte en un projecte enginyeril sinó que també en referència a les responsabilitats socials corporatives. D'aquesta manera s'ha aconseguit maximitzar l'impacte social i econòmic de la zona, per tal de fer més factible el projecte.

Per assolir l'objectiu de dimensionar la minicentral hidroelèctrica i treure'n tot el potencial energètic, s'ha determinat un segon objectiu que ha consistit en l'estudi de viabilitat del infraestructura a través de diversos estudis annexos. Aquests no només han condicionat la viabilitat tècnica o a nivell d'impacte social, sinó que també han permès conèixer l'abast, el risc o les limitacions de l'aprofitament energètic i adaptar-la així de la millor manera possible al territori fent possible una minimització dels costos econòmics. Posteriorment, es va procedir a la determinació del projecte enginyeril.

3.2 L'ESTUDI DE VIABILITAT

L'estudi de viabilitat del projecte respon a la fase de disseny de la infraestructura. En el disseny d'una aprofitament hidroelèctric intervenen múltiples factors i agents que fan que la sol·lució sigui complexa. Estudiant i tenint en compte els per tal de trobar una sol·lució el màxim compatible amb aquests condicionants. Per això la metodologia d'estudi ha consistit en una simplificació del projecte a través de diversos estudis que han donat lloc a un model simplificat de l'obra. D'aquesta manera s'ha pogut entendre amb profunditat el projecte per tal adaptar-lo de la millor manera possible a les condicions de contorn, aconseguint una millor viabilitat.

Aquests estudis han fet referència, d'una banda, als aspectes tècnics i econòmics que s'han agrupat en 3 apartats: l'estudi topogràfic, els estudis per quantificar les aportacions d'aigua de Rivert, i a altres condicionants. D'altra banda, a estudis referents als aspectes medioambientals, socials i pel que fa a les responsabilitats socials corporatives. Finalment, tots aquests condicionants s'han recollit i avaluat en l'estudi d'alternatives, que donarà pas a la concreció de la solució del projecte constructiu.

3.2.1 Aspectes tècnics i econòmics

3.2.1.1 Estudi Topogràfic

A través de la base topogràfica del Consell Comarcal del Pallars Jussà, s'ha analitzat la problemàtica de la falta d'espai a Rivert degut a l'encaixament de la població entre 3 barrancs i el riu objecte de l'aprofitament hidroelèctric. Aquesta limitació condiona

l'emplaçament dels diferents elements de la central i per tant el tipus de central hidroelèctrica. En concret, l'element més important i condicionant és l'embassament de la central. Per estudiar les opcions considerades, s'ha complementat la base topogràfica amb uns aixecaments topogràfics mitjançant mètodes planimètrics per tal de precisar millor els elements del plànol. A més a més també s'ha incorporat la topografia de la cova de la surgència del riu de Rivert obtinguda de les exploracions espeleològiques. Aquesta ha sigut d'utilitat per l'estudi hidrològic i geològic i per tal de valorar com es podrien millorar les prestacions de la central a través d'un pla d'ampliació, descrit en el projecte constructiu.

En base de l'estudi de les alternatives i càlculs realitzats, s'ha optat per una central fluent degut a aquesta manca d'espai que impossibilita construir un embassament prou gran per una central de presa.

Finalment, per minimitzar l'impacte social especialment pel que fa a les possibles expropiacions i a l'impacte visual d'aquests s'han ubicat els elements de la central principalment en zones públiques alhora que fent compatible mesures per corregir l'impacte visual principalment de la canonada forçada.

3.2.1.2 Estudi de les aportacions d'aigua a Rivert

a) Estudi Geològic i Geotècnic

La surgència de Rivert prové d'un sistema càrstic i per tant l'anàlisi de les aportacions respon a la hidrologia subterrània. Per aquest motiu, és bàsic una identificació dels unitats i elements geològics de la zona que serveixi tant de base per l'estudi hidrogeològic com per determinar els aspectes geotècnics del terreny de cara la fase constructiva. La metodologia d'estudi ha consistit en contrastar la informació dels mapes geològics de la zona amb l'observació al camp de la zona, complementant-ho amb imatges satèl·lit, etc.

Rivert es troba en el contacte discordant entre uns estrats conglomeràtics oligocens permeables i unes unitats margoses (margues de Salàs, del grup Areny) impermeables situades a sota dels conglomerats. La composició calcària dels estrats conglomeràtics ha donat lloc a formacions càrstiques que fan de magatzem de l'aigua. El carbonat càlcic dissolt en l'aigua a l'interior del massís conglomeràtic precipita al sortir l'aigua a l'exterior i entrar en contacte amb la llum i forma el travertí o tosca, una roca porosa, de baixa consistència i que forma un sòl de tipus granular. El travertí de vessant precipita al llarg del llit del riu i amb els anys ha arribat a formar una petita carena sobre la qual s'assenta el poble. El travertí representa una formació superficial, per sobre dels quals hi trobem una formació superficial de vessant provinent de la meteorització dels conglomerats. Ambdós sòls tenen composició granular i poc cohesiva. Per sota d'aquests sòls es troben

els estrats de margues que formen un sòl cohesiu.

Les cimentacions, excavacions i talussos de desmunt i terraplè s'han dimensionat d'acord amb les característiques geotècniques dels materials del substrat al llarg de la construcció.

b) Estudi Hidrogeològic i Hidrològic

En base a l'estudi geològic, s'ha pogut explicar el funcionament hidrològic del sistema subterrani del riu de Rivert de manera qualitativa. En concret, les conclusions a les que s'ha pogut arribar han sigut les següents:

- Rivert es troba en un punt altimètricament baix en el contacte entre els conglomerats de la Serra de Gulp i les margues del grup Areny. L'aigua circula a través d'aquests conglomerats (que també actuen com a reservori) fins a arribar al contacte amb les argiles impermeables. En aquest punt, l'aigua discorre pel pla de contacte d'aquests dos materials fins a aflorar a la superfície arreu del massís conglomeràtic.
- A la surgència de la Font d'Amont de Rivert s'hi pot constatar un sistema de falles que de fet és present arreu de tot el massís i conecta amb la cova de Cuberes, a la Vall de Serradell. Aquest sistema càrstic és el més gran de Catalunya i dels més grans d'Europa en conglomerats. Aquestes falles controlen el sistema hidrològic del massís, de tal manera que suposen un conducte principal de drenatge.
- Estudiant el cabussament i orientació dels plans de contacte, de falles i dels diferents estrats conglomeràtics on podria també circular l'aigua, s'ha obtingut que les línies de flux són favorables a que drenin per la surgència de Rivert de manera predominant. Per aquest motiu i pels dos motius plantejats anteriorment, es pot entendre la gran capacitat de drenatge del riu de Rivert gràcies a la important zona de recàrrega que té
- S'ha determinat una elevació del grup Areny al Sud de Rivert i a l'Oest de la població de Santa Engràcia que faria que es pugui traçar un contorn impermeable (a efectes hidrològics) en aquesta zona del massís. D'aquesta manera es pot limitar de manera més precisa la zona de recàrrega del sistema càrstic de Rivert.
- S'aproxima que la quantitat de reservori podria comprendre's en uns 0,4 Hm³.

c) Estudi Hidràulic

Per quantificar l'aigua de Rivert s'han fet medicions del seu cabal durant 19 mesos. Amb aquestes s'ha obtingut la corba de cabals classificats en la que s'ha pogut determinar que el cabal mig tenint en compte els períodes de pluja és d'uns 400 L/s. D'aquesta manera s'ha pogut obtenir el potencial hidràulic tenint en compte els càlculs del cabal ecològic

pertinents.

A més a més s'han realitzat altres càlculs però que corresponen al projecte constructiu tal i com s'explicarà a continuació.

d) Estudi Climatològic

A través de les dades de cabal, de la valoració qualitativa de l'estudi hidrològic, s'ha correlacionat amb les dades de precipitació. D'aquesta manera s'ha pogut obtenir, entre altres, 3 escenaris diferents de precipitació en funció si es tracta d'un any més sec, mig o humit i així estudiar la viabilitat de la central en les diferents situacions.

També s'ha pogut quantificar el risc d'ocurrència de plujes: al tractar-se d'un riu que prové d'un sistema hidrològic subterrani, el cabal d'aquest és manté molt constant fins i tot quan fa uns 30 dies que no plou. Amb els càlculs realitzats, s'ha pogut determinar que amb un 91,15% de probabilitats seran vàlids els càlculs del potencial hidràulic del projecte i per tant de la viabilitat de la minicentral.

3.2.1.3 Altres condicionants

A més a més dels condicionants citats, s'han tingut en compte d'altre com l'estudi de demanda energètica de Rivert. En aquest, concretament, s'ha valorat quantitativament la demanda tant de l'enllumenat públic com el consum privat. S'ha considerat aquest estudi ja que s'ha valorat l'opció d'autoconsum energètic per la població de Rivert. Així s'ha pogut determinar que en els períodes de més demanda energètica, l'opció de central escollida pot abastir-les.

També s'han tingut en compte altres condicionants encara que no s'han inclòs en cap estudi en concret. Aquests estan recollits en l'estudi d'alternatives

3.2.2 Aspectes medioambientals

Per valorar els condicionants ambientals, s'ha realitzat l'estudi d'impacte ambiental del projecte constructiu, posant especial émfasi en el valor ecològic del riu de Rivert i la fauna autòctona que en depen. A més a més s'han seguit les directives europees per tal de minimitzar l'impacte ambiental en la construcció d'una minicentral hidroelèctrica i s'han calculat els cabals ecològics específics pel riu de Rivert.

3.2.3 Aspectes socials i referents a les RSC

Un dels condicionants que afecten més a la viabilitat de la infraestructura és l'acceptació social d'aquesta. Per aquest motiu, a través d'unes enquestes realitzades a la població de Rivert i de la pròpia comunicació personal de l'autor amb la població, s'han pogut valorar aquests condicionants socials. A més a més, per tal d'obtenir una millor impacte social de la minicentral, s'han tingut en compte les responsabilitats socials corporatives. Aquestes afecten directament a la acceptació i per tant a la viabilitat de la infraestructura, a més de reduir-ne el cost al poder comptar amb m'a d'obra propera a la població, augmentant fins i tot així el teixit agroempresarial de la zona.

3.2.4 Estudi d'Alternatives

Amb els estudis realitzats, s'ha pogut comparar com la construcció de la minicentral hidroelèctrica a Rivert és possible i per tant viable tècnicament. També, com s'ha explicat, tots els estudis realitzats s'han recollit i avaluat en l'estudi d'alternatives a través d'un anàlisi multicriteri, el qual degut a la seva importància, se li ha volgut posar molt èmfasi. Concretament s'han realitzat 3 anàlisis multicriteri: en referència a quina és la millor energia renovable a Rivert (a part de la hidràulica), en referència a les alternatives d'emplaçament dels elements de la central, i pel que fa a l'elecció dels materials i components de la central (canonada i turbina).

En total s'han analitzat 60 condicionants en els tres anàlisis, i 3 alternatives d'energies renovables, 9 de traçat, 3 tipus de canonada i 3 de turbina diferents a escollir. Les alternatives escollides que han donat la major puntuació han donat lloc a la concreció de la sol·lució constructiva.

Així, s'ha optat per un aprofitament hidroelèctric com a millor opció, mitjançant una central fluent. La càmera de càrrega de la central s'ubica en la mateixa surgència de Rivert i la turbina estaria sota el cingle del poble, aconseguint així la mínima longitud de canonada tot i obtenint 52,5 metres de salt brut. La canonada forçada seguiria per arreu del poble afectant tant sols un terreny privat. La col·locació d'aquesta seria senzilla i s'adaptaria perfectament al traçat gràcies a la canonada escollida sense tornilleria ni soldadures i amb juntes flexibles del fabricant Duktus.

D'altra banda, la turbina escollida seria de tipus cross flow o de flux creuat, del fabricant Ossberger, ja que sobretot presenta millors rendiments tècnics pel cas estudiat. A més a més, tant la canonada com la turbina podrien ser instal·lades i mantingudes per tècnics no qualificats, com els habitants locals, afavorint així la població en termes de les responsabilitats socials corporatives.

3.3. EL PROJECTE CONSTRUCTIU

Un cop concretada la sol·lució a nivell qualitatiu, s'han dimensionat cada un dels elements constructius necessaris per la seva construcció i s'han confeccionat uns plànols pel seu correcte enteniment. Aquests es resumeixen en els següents apartats:

3.3.1 Càlculs hidràulics

A partir dels càlculs ja realitzats i explicats anteriorment, a través de l'extrapolació de les dades obtingudes en funcions polinòmiques de tendència, s'ha integrat les funcions que determinen el potencial hidràulic del riu així com la capacitat màxima i mínima que pot turbinar la central, tenint en compte a més a més el cabal ecològic respectiu. D'aquesta manera s'ha obtingut el cabal trubitable mig i el model més adequat de turbina, a partir del qual es pot evaluar el potencial energètic real.

D'altra banda, s'ha calculat el diàmetre necessari de la canonada en funció del cabal obtingut anteriorment. Aquest càlcul s'ha portat a terme mitjançant mètodes numèrics per tal de precisar el diàmetre amb exactitud i que a la vegada serveixen per determinar amb molta precisió les pèrdues totals de la minicentral.

3.3.2 Elements constructius

a) Càmera de càrrega

A partir dels càlculs hidràulics i estructurals, s'ha dimensionat una petita presa on assegurar un cabal continu d'aigua. En concret, es tracta d'un mur de formigó armat in situ cobert amb pedra autòctona per tal de pal·liar l'impacte visual. En aquest s'hi disposaria un mesurador de cabal i s'hi connectaria la canonada.

b) Canonada forçada

La canonada forçada connectaria la càmera de càrrega amb la central. Aquesta discorreria en el primer tram soterrada, seguint el curs del riu i posteriorment travessant la plaça del poble a través d'una excavació amb entibació. En el segon tram, aquesta seguiria el barranc de Rivert fins la central. Cal destacar la simplificació de l'obra que suposa la instal·lació de la canonada escollida per la seva fàcil instal·lació i per no requerir de daus de formigó que sí son necessaris en les canonades convencionals. De la mateixa manera, tampoc cal disposar d'elements annexos per contrarestar els efectes del cop d'ariet.

c) Central trubinatge

La central ubicada en la confluència dels dos barrancs principals de Rivert, s'ha

dimensionat amb un petit habitacle de maons de fàbrica, recolzats sobre una solera de formigó in situ segons els càlculs estructurals realitzats. En aquesta s'hi disposarien tant la turbina com els autoamatismes necessaris. De la mateixa manera, s'han tingut en compte els elements necessaris així com el traçat de la connexió elèctrica amb la xarxa.

3.3.3 Estudi econòmic

Un cop concretats cada element constructiu s'ha elaborat un pressupost detallat que ascendeix als 236.998,88€. A partir de la venda d'electricitat, s'ha calculat que s'obtindrien de mitjana 28.626,20€ bruts de benefici i que, suposant un 2% del cost de l'obra en manteniment, s'aconseguirien menys de 10 anys d'amortització, amb un TIR del 10,05% i un 12,41% TAE. Aquests números demostren la viabilitat de la minicentral.

3.3.4 Estudi de la demanda energètica

Alhora de dimensionar l'aprofitament hidroelèctric, s'ha tingut especial en compte la demanda energètica de Rivert ja que:

- I. Permet quantificar quina és la demanda energètica la qual hauria de suplir com a mínim la central. Com s'ha esmentat en l'anàlisi d'alternatives i en els càlculs hidràulics, aquesta demanda ha sigut un dels condicionants alhora de dimensionar la solució plantejada.
- II. Perquè permet distingir si la instal·lació hidroelèctrica seria factible funcionant de manera aïllada de la xarxa elèctrica i per tant desconnectada per tal de funcionar per autoconsum.

Amb l'estudi s'ha analitzat de manera exhaustiva el consum de l'enllumenat públic i de diferents cases del poble i gràcies amb la correlació en l'estudi hidràulic s'ha pogut determinar el rang de cabals mínims perquè la central pogués funcionar com en règim d'autoconsum per Rivert. També, sabent l'hidrograma del riu de Rivert es pot determinar amb molta exactitud quanta energia es podria produir en relació amb el consum del poble.

3.3.5 Altres estudis i annexos realitzats

Al tractar-se d'un projecte constructiu, en la redacció del projecte s'ha inclòs els pertinents estudis de seguretat i salut, d'impacte ambiental, de planificació de l'obra (en que es determina una durada aproximada de 233 dies), pla d'ampliació de la minicentral, justificació de preus, reportatge fotogràfic, plec de prescripcions tècniques, i plànols, a més a més dels ja inclosos en diferents apartats.

3.4. CONCLUSIONS

Gràcies als estudis realitzats en el projecte tractant amb especial detall els condicionants que afectaven de manera molt directe a la central, com son la topografia, la geologia, la hidrologia o la hidràulica, ha permès teoritzar i quantificar la procedència de la surgència de l'aigua de Rivert, de la qual no se'n sabia gairebé res. A partir dels càlculs hidràulics realitzats, també s'ha pogut quantificar la viabilitat de la central en diversos escenaris possibles plantejats. En definitiva, així s'ha aconseguit escollir la millor solució tècnica i un estudi de viabilitat el més realista possible. En aquest sentit, per tal de fer el projecte el més real possible, s'ha comptat amb la participació de diferents empreses i industrials, a més a més de l'utilització de diverses guies i publicacions a nivell internacional de referència durant el disseny de la minicentral.

Amb tot això, s'ha pogut concloure que la minicentral hidroelèctrica a Rivert és viable i que a més a més repercutiria de manera molt positiva tant a nivell social, econòmic com ambiental. En aquest sentit, la generació d'energia a través d'aquesta central, suposaria 40 vegades menys contaminació que altres fonts d'energia renovable i una mitjana de 600 vegades menys pel que fa a altres fonts d'energia convencional. També, amb el projecte es pretén llençar un missatge a la societat del potencial que es té, desenvolupant el territori i superant la competència i renovant el sector rural.

4. IMPACTE AMBIENTAL

Gràcies a l'estudi d'impacte ambiental realitzat, s'ha pogut concloure que l'impacte ambiental és compatible amb la infraestructura dissenyada. En aquest sentit cal destacar que el projecte s'ha dimensionat per un cabal ecològic molt superior al que estableix la normativa, per tal de preservar la fauna de l'entorn.

En general, s'han tingut present dos importants aspectes especialment significatius per l'estudi de l'impacte ambiental:

- La localització de Rivert es troba molt aprop de l'Espai Xarxa Natura 2000 de la Serra de Sant Gervàs - Vall Alta de Serradell - La Terreta. De fet, aigües avall del riu de Rivert objecte de l'aprofitament hidroelèctric, l'espai protegit avarca fins al mateix riu, amb la qual cosa, malgrat la central no afecti directament a aquest espai, sí que ho fa de manera indirecta. Al final de l'annex, s'ha inclòs un plànol de l'espai protegit per tal d'entendre millor l'abast de la importància d'aquest respecte la localització de Rivert.
- L'existència al riu de Rivert d'una població no menyspreable de Tritons Pirinencs (Calotriton Asper), per l'elevada qualitat de l'aigües segons el que s'ha esmentat en l'annex d'estudi hidrològic i hidrogeològic. Aquesta població es motiu de plns de protecció local i fins i tot de reclam turístic

A més a més, com a projecte constructiu, està sotmès a la legislació específica sobre avaluació d'impacte ambiental. Concretament ha de complir la Llei d'avaluació d'impacte ambiental de projectes segons el Reial Decret Legislatiu 1/2008, de 11 de gener, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'avaluació d'impacte ambiental de projectes (BOE núm. 4986, de 26.01.08), així com per la Llei 6/2010, de 24 de març, de modificació del text refós de la Llei d'Avaluació d'Impacte Ambiental de projectes, aprovada pel Reial Decret Legislatiu 1/2008, d'11 de gener (BOE núm. 73, 25.03.10). En el corresponent annex s'ha detallat l'anàlisi dels diferents elements per tal de complir amb aquestes legislacions.

D'altra banda, per l'elaboració de l'estudi s'ha emprat el Manual de gestió ambiental dels aprofitaments hidràulics, versió del Gener del 2007 i publicada per Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya. De la mateixa manera, també ha estat de referència la guia publicada per la IDAE en el "Manual de Energías Renovables - Minicentrales hidroeléctricas", en el que també s'avalua la gestió dels impactes ambientals.

Així, i d'acord amb els aspectes esmentats, s'ha dissenyat i dimensionat el projecte en relació amb aquests criteris ambientals, aportant solucions constructives i tècniques per tal de pal·liar els efectes de la minicentral en el medi. D'aquestes cal destacar l'estudi de cabals ecològics proposats i la solució pel fet de tractar-se d'una central fluent i no amb

presa d'aigües, que suposaria un impacte ambiental considerablement major.

Els beneficis socials són múltiples en el projecte i s'han estudiat especialment en l'estudi d'anàlisi d'alternatives amb l'afectació social i sota el concepte de les responsabilitats socials corporatives. Aquestes fan referència a la idea de retornar a la societat allò que se li ha concedit en beneficis econòmics (entre d'altres) i, de fet, estan incloses en el concepte de smart grids. Com succeeix en les empreses, en la vida útil d'un projecte ha d'haver un equilibri entre els costos econòmics, socials i medioambientals. Això vol dir, per tant, anar més enllà en els condicionaments esmentats en el territori i que aquest no sigui només el substrat on fixar la infraestructura encara que tingui l'acceptació social o mediambiental.

Típicament, el factor amb més pes és l'econòmic i després la resta s'adapta a aquest, cosa que produeix una certa desigualtat. A més a més, si bé és cert que els criteris bàsics d'una estructura poden estar inclosos en els aspectes econòmics, sumar tots els condicionants fa que l'equilibri en global sigui molt petit i sovint tan complex que acaba sent impossible. Per tal d'aconseguir un millor equilibri, s'ha dimensionat el projecte minimitzant els costos econòmics i maximitzant la implicació social, de manera que la solució adoptada compleixi els següents condicionaments al màxim possible:

- Simplificació de cada un dels elements per restar complexitat a l'obra
- Reducció de la mà d'obra especialitzada (principalment en la col·locació de la canonada forçada i en menor mesura en la turbina)
- Implicació ciutadana en les fases de construcció, explotació i manteniment, oferint llocs de treball.

D'aquesta manera, el projecte es beneficiaria socialment:

- Perquè els habitants són els beneficiaris i protagonistes del canvi, a més a més de d'allotjar la infraestructura en la seva població. Aquest concepte entra en la pròpia definició de les smart grids.
- Per proporcionar una rendibilitat assegurada als habitants disposats a invertir en el projecte.
- A més a més, per donar importància als condicionants mediambientals, s'han considerat:
 - Utilització de materials reciclables
 - Utilització de materials de llarga vida útil i per tant viable en el temps.



- Mesures pal·liatives per l'impacte visual i ambiental
- Matèries primeres de Km 0, o si més no minimitzar al màxim el transport d'aquestes
- Beneficis ambientals en la pròpia definició del projecte, per tractar-se d'un aprofitament hidroelèctric

Aquestes consideracions com s'explicarà estan recollides en l'anàlisi d'alternatives (directament o indirectament a partir d'altres condicionants) i influiran per tant en la presa de la solució adoptada. Tot i així, la solució adoptada no és de fàcil elecció i malgrat hagi estat al màxim consensuada amb els actors actius, no acontentarà mai a tothom. En el present projecte s'ha volgut donar importància a les responsabilitats socials encara que en empreses de mercat lliure aquesta responsabilitat la regula en part el propi mercat amb la competència. En empreses públiques, l'estat intervé per tal de regular les responsabilitats de L'Empresa amb la societat, per tal que l'empresa no tregui un profit abusiu.

En el sector energètic, malgrat sigui de lliure competència, l'empresa fins ara pública ENDESA encara aprofita la seva condició ja que fins fa poc tenia el monopoli. La societat té una repercussió important en les empreses però no tant en l'Estat, d'aquí també la importància de la RSC. En aquest sentit, el present projecte ha tingut en compte les directius proposades per la Càtedra Victoriano Muñoz Oms, de la Universitat Politècnica de Catalunya.



5. ESTUDI ECONÒMIC

A continuació es presenta un resum del pressupost del projecte. Els detalls del pressupost estan inclosos en el document no4 referent al Pressupost del present projecte.

PRESSUPOST D'EXECUCIÓ PER CONTRACTE

Pressupost d'execució material (PEM)!	164.593,98 €
13% Despeses generals sobre 164.593,98 €!	21.397,22 €
6% Benefici industrial sobre 164.593,98 €!	9.875,64 €

Subtotal 195.866,84 €

21% IVA sobre 119.000 €!.....41.132,04 €

TOTAL PRESSUPOST PER CONTRACTE !..... 236.998,88 €

Aquest pressupost d'execució per contracte puja a la quantitat de:

(DOS-CENTS TRENTA-SIS MIL NOU-CENTS NORANTA-VUIT EUROS AMB VUITANTA-VUIT CÈNTIMS)

6. VIABILITAT DE LA SOLUCIÓ

Tal i com s'ha demostrat en l'anàlisi econòmic i el que s'ha exposat en els beneficis socials, queda palès que la infraestructura és del tot viable. A més a més, en el corresponent annex, es van recollir les idees sorgides durant la fase creativa i de concreció en l'estudi d'alternatives i que, degut al seu major cost o a les limitacions pel que fa a la falta de dades per poder-les dimensionar amb seguretat.

També, amb aquest pla d'ampliació es proposa fer una primera construcció de la minicentral hidroelèctrica tal i com està dissenyada per després anar-la millorant successivament a partir del retorn del capital gràcies a la venda d'energia. Sovint s'espera que la solució tècnica sigui perfecte i, mlagrat aquest hagi sigut el primer objectiu alhora de dimensionar-la, cal entendre que és millor començar per alguna cosa i després anar-la millorant amb el temps a partir de l'experiència que se'n adquireixi. Val a dir que la cosntrucció per fases ha sigut estudiada en l'anàlisi d'alternatives.



7. REFERÈNCIES

Per l'estudi de viabilitat i el disseny de tot aquest projecte, s'ha emprat normatives i manuals de referència a nivell nacional i internacional referents a projectes de smart grids i d'aprofitaments hidroelèctrics a petita escala. Aquests a la vegada fan referència a les normatives nacionals i internacional del tractament dels problemes de disseny, explotació etc de l'aprofitament hidroelèctric. A més a més s'han tingut en compte les normatives, lleis i Reials Decrets esmentats en cada respecte annex.

I. Referents al disseny de la minicentral (nacionals i internacionals)

- Manual de gestió ambiental dels aprofitaments hidràulics, versió del Gener del 2007 i publicada per Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- Guia publicada per la IDAE "Manual de Energías Renovables - Minicentrales hidroeléctricas", any de publicació: 2008.
- Ente Vasco de la Energía (EVE). 1995. Minihidráulica en el País Vasco. División de Investigación y Recursos. EVE. Bilbao. 71 pp.
- ESHA. 2004. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. Versió actualitzada de Penche, 1998.
- ARE (Alliance for Rural Electrification). "Hybrid Mini-grids for rural electrification. Lessons Learned". Renewable Energy House, 2013.
- ARE (Alliance for Rural Electrification). "Rural electrification with renewable energy. Technologies, quality standards and bussiness models". Renewable Energy House, 2013
- ARE (Alliance for Rural Electrification). "Hybrid power systems based on renewable energies: A suitable and cost-competitive solution for rural electrification". Renewable Energy House, 2011.
- "Design of High Efficiency Cross-Flow Turbine for Hydro-Power Plant". Bilal Abdullah Nasir. Ossberger trubines.
- "Walsh river micro-hydro trubine construction guide". Planetary Power. Ossberger trubines.
- Manual tècnic, "Tubería de fundición dúctil para conducción de agua a presión". Construtec S.A.
- A.Harvey, "Micro Hydro design manual, A guide to small scale water power schemes,



Intermediate technology Publications, London, 1993, ISBN 1-85339-103-4

- El Pallars il·lumina Catalunya, 100 anys d'hidroelèctriques al Pirineu. Museu Nacional de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya (mNACTEC). Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Ajuntament de Tremp i de Barcelona.

II. Referents al aspectes concrets dels estudis realitzats

- Guia tècnica - Recomanacions tècniques per estudis d'induïbitat d'àmbit local. Departament de Medi Ambient. Agència Catalana de l'Aigua
- Càlcul de cabals ambientals i validació biològica en trams significatius de la xarxa fluvial de Catalunya Barcelona, 4 de juny del 2008
- Penche, C. (ed.) 1998. Manual de Pequeña Hidráulica Como llevar a buen fin un proyecto de minicentral hidroeléctrica. ESHA (European Small Hydropower Association). Programa Altener. 282pp.
- Agència Catalana de L'Aigua. 2006. Protocol d'avaluació de la qualitat Hidromorfològica dels Rius. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. 158pp.
- Hidrogeología: conceptos básicos de hidrología subterránea / Editor: Comisión docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea: Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, 2009 , 768 p. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (Barcelona)