

APROFITAMENTS HIDROELÈCTRICS EN ALTA MUNTANYA - RENOVACIÓ DE LA CANONADA FORÇADA DE LA CENTRAL DE FEDA -

Autor : Joan GRAU NAVARRO (mailto : jgrau.feda@andorra.ad)
FORCES ELÈCTRIQUES D'ANDORRA - AV. DE LA BARTA, S/N. - ENCAMP - PTAT. D'ANDORRA

1. DESCRIPCIÓ DEL SALT

FEDA és una societat parapública que desenvolupa les activitats de producció, transport i distribució d'energia elèctrica al Principat d'Andorra.

El salt hidràulic en qüestió fa part dels actius que el Govern d'Andorra va comprar l'any 1988 a l'antiga societat concessionària FHASA.

FEDA disposa d'una sola central hidràulica situada a peu de la Carretera General núm. 2 (Pk2,9) amb 2 grups de 15 MW cadascun. L'aigua prové de dues captacions principals :

⇒ **al riu Valira d'Orient :**

- Presa i cambra de càrrega a Ransol
- Galeria soterrània de 11 km de longitud, pendent 1⁰/₀₀ i capacitat de transport de 4,5 m³/seg.
- Captacions auxiliars sobre els torrents laterals.

⇒ **al riu Madriu :**

- Presa i cambra de càrrega a Ràmio
- Galeria soterrània de 3 km de llargada, pendent 1% i capacitat de transport de 2 m³/seg.

Les dues galeries aporten aigua al llac d'Engolasters amb una capacitat útil de 600.000 m³ que fa funcions d'emmagatzemament i de cambra de càrrega de la Central.

LLACS D'ALTA MUNTANYA

Per emmagatzemar aigua de la fosa de la neu per l'hivern :

- JUCLAR 5.000.000 m³
- CABANA SORDA 200.000 m³
- ILLA 1.500.000 m³
- VALL DEL RIU 500.000 m³

LA CANONADA FORÇADA

Aporta l'aigua del llac d'Engolasters fins la Central :

- Cabal nominal 10 m³/seg.
- Desnivell 487 m
- Longitud total 1.264 m
- Tram aeri 1.006 m en 6 trams rectilinis
- Pendent mitjana 48,5 % (Pmax = 77,5 % en el tram 3)
- Diàmetres 1.900 mm a dalt
1.400 mm a baix

2. EL PROJECTE DE LA NOVA CANONADA

Raons del canvi :

L'antiga canonada es va construir entre els anys 1932 i 1934. La tecnologia de fabricació consistia en soldar xapes longitudinals enrotllades i soldades a la forja ("gas à l'eau"). Les soldadures circulars utilitzaven la mateixa tècnica. El marge de seguretat d'aquestes soldadures és desconegut.

Dues campanyes de control van detectar la presència de defectes. A més a més l'anàlisi del material va demostrar que es tractava d'un acer de poca resiliència a baixes temperatures.

Vista la responsabilitat de la instal·lació es va decidir de posar en marxa un projecte de renovació completa de la instal·lació amb els materials i les soldadures conformes a la tecnologia i a la normativa actual.

Objectius :

El projecte es va desenvolupar en diferents fases, sent els objectius essencials :

- ⇒ **Tècnics** : solucions actuals (materials, control de soldadures, juntes de dilatació, suports lliscants, etc.)
- ⇒ **Econòmics** : Reduir al màxim les pèrdues de producció
- ⇒ **Seguretat** : No s'haurien de produir ni danys a tercers, ni accidents laborals durant el període de treball.

Estratègia adoptada :

Per tal de reduir les pèrdues d'explotació es va decidir la solució eix paral·lel, és a dir construir el tram aeri nou a la plaça de la via del funicular, paral·lelament a la canonada antiga. Això permetria de reduir a 4 mesos la indisponibilitat de la central (pèrdua de producció) sobre 27 mesos de treballs. La canonada vella es desmuntaria quan la nova entrés en funcionament.

Solucions adoptades :

- ⇒ Renovar la totalitat de la canonada, llevat del tram enterrat entre el llac d'Engolasters i el massís núm. 1 (250 ml, pendent 2,5 %, e = 8mm)
- ⇒ Mateix cabal que la canonada vella (10 m³/seg.) i amb les mateixes característiques geomètriques (diàmetres : 1.900/1.400 m)
- ⇒ El valor de càlcul de la sobrepressió s'incrementa al 15 %.
- ⇒ La renovació completa del tram inferior comporta el tall de la carretera general. Desviament del trànsit pel viaducte.
- ⇒ Preveure un giny de transport per l'obra (el funicular es desmuntarà).
- ⇒ Realitzar un estudi d'anàlisi de riscos i dels mitjans de prevenció a implantar.
- ⇒ Renovar al mateix temps les vàlvules de peu de canonada construint un local adossat.
- ⇒ Preveure una campanya de reparació de 4 mesos del canal Valira coincidint amb la parada de la central.

Organització del projecte :

El projecte i la direcció de l'obra van ser realitzats per EDF-CIH. Els treballs es van dividir en un lot d'obra civil i un lot mecànic. El procés de licitació de l'obra es va organitzar amb una preselecció seguida de concurs restringit. Es va demanar un agrupament solidari d'empreses d'obra civil i mecàniques, resultant adjudicatari el format per les empreses :

SPIE CITRA (obra civil) / **SESO** (obra civil) / **SAVCO** (mecànica) / **GIOVANOLA** (mecànica)

Altres característiques de la nova canonada :

- ⇒ **Material** Acer NS-A36.506 (AFNOR P355 normalitzada)
- ⇒ **Gruixos** 12 mm tram superior
24 mm tram inferior
30 mm col·lector
- ⇒ **Tipus de massissos** 4 oberts + 3 tancats
- ⇒ **Suports intermigs** 80 (cada 12 ml)
- ⇒ **Pes canonada + col·lector** :..... 813 t
- ⇒ **Pèrdua de càrrega** a 10 m³/seg - 10 mca

3. TREBALLS D'OBRA CIVIL

Els punts més significatius són :

- ⇒ **Suports intermigs** : Cada 12 m entre massís i massís s'ha construït el suport (autoestable) de formigó armat adaptat a la naturalesa del terreny (roca, tartera).
- ⇒ **Massissos de bloqueig** : Hi han 7 massissos al llarg de la canonada, situats als indrets de canvi de pendent. Les juntes de dilatació es troben a aquestos indrets. La canonada nova incorpora massissos oberts autoestables per subjectar els colzes. Aquesta solució comporta també avantatges en el manteniment (tractament anticorrosió).
- ⇒ **Excavacions** : S'han realitzat amb pala-aranya. Amb les fortes pendents del terreny s'han tingut que situar sota l'excavació proteccions conseqüents. La pala sempre estava fixada amb un cable de seguretat. L'evacuació de la runa es feia amb el telefèric.
- ⇒ **Punts particulars** :
 - **El massís M401** va presentar una duresa molt elevada (sílex) i la seva excavació va requerir la utilització d'explosiu (tirs de microcàrregues i vigilància amb detectors de velocitat)
 - **El passatge pel túnel 2** és un altre punt singular doncs es va reomplir tot el forat del túnel amb el massís. Disseny especial, ancoratge a tot el perímetre rocós.
 - **El pont de Tresoles** : el posicionament de les juntes de dilatació fa que no resulti sobrecarregada la seva estructura. També es va refer la llosa per evitar les filtracions.
- ⇒ **Embrancaments superior i inferior** : Aquestes dues obres van ser les que van marcar el temps de parada obligatòria de la Central.
 - **L'embranchement superior** va comportar l'adaptació del tram no renovat (250 m de traçat pràcticament horitzontal) amb el nou traçat. Es va enderrocar l'antic massís amb una pala-aranya de 10 t i es va reconstruir un nou massís tipus tancat. Es va aprofitar per situar-hi una trapa de visita (forat d'home).
 - **L'embranchement inferior** va resultar molt més complex doncs implicava el tall de carretera i la construcció del local de vàlvules. Tota la part posterior de l'edifici de la central va resultar afectada. El desmunt entre carretera i fons de rasa era d'uns 10 metres. El massís núm. 7 (sota la carretera) té un disseny especial amb una llosa sobre l'antiga canonada, constituint un sol bloc de formigó armat d'unes 900 t, capaç d'aguantar els esforços de fondo. El col·lector, a peu de central, té una llargada de 30 ml i 22 t de pes. A la fi de l'obra es van refer els murs i el baixador d'accés al pont.
- ⇒ **Dificultats generals** : Treball en fortes pendents (77,5 % en el tram 3) al costat d'una canonada en servei.

4. TREBALLS MECÀNICS

- ⇒ **Fabricació** : Als tallers de SAVCO a Saverdun (França).
La llargada dels tubs (12 ml) estava fixada per criteris de transport i de manipulació a l'obra (capacitat màxima del telefèric 12 t). El repartidor per l'embranchament inferior es va fabricar a Monthey (Suïssa) als tallers de l'empresa GIOVANOLA.
- ⇒ **Muntatge** : Un cop ancorat el colze al seu massís, amb l'ajut del telefèric se situaren els tubs un a continuació de l'altre, realitzant-se en aquest moment les soldadures circulars. En la major part dels trams es construïa de baix a dalt. No obstant en els trams 3 i 5 van construir de baix a dalt per raons de programa.
- ⇒ **Soldadures** : Al taller es van utilitzar procediments de soldadura automàtica amb flux. A l'obra amb elèctrodes revestits EE111. A banda dels controls propis dels fabricants, el control de soldadures va ser realitzat per APAVE amb procediments d'EDF-DTG.
- ⇒ **Pintura** : Protecció anticorrosió de dos tipus :
- **Interior** : Sorrejat + Epodux (50 µ) + resina Epoxy (450 µ amb 2 capes)
 - **Exterior** : Sorrejat Epodux (50 µ) + Ferrocate (160 µ amb 2 capes) Poliuretà (60 µ amb 1 capa)
- El tractament es va realitzar una part al taller i l'altra a l'obra.

5. GARANTIA DE QUALITAT

Es va establir un pla per garantir la qualitat, constituït per tres documents :

- ⇒ **Un pla general** amb un annex mecànic al començament de l'obra.
- ⇒ **Procediments d'execució** establerts a mesura que avançaven els treballs.
- ⇒ **Documents de control i de seguiment** de l'execució (controls interns).

El pla general determina els punts següents :

- la descripció de l'organització dels treballs
- la gestió de la qualitat
- els procediments d'organització
- les notes d'operació.

Els procediments d'execució defineixen les fases i les tècniques d'execució :

- **p.e, obra civil** : implantació general de l'obra, utilització del telefèric, protecció canonada existent, excavació dels massissos, treballs al pont de Tresoles, etc.
- **mecànic** : procediments de muntatge dels tubs, dels repartidors, colzes, procediments de soldadura, assaigs hidràulics, desmuntatge canonada vella, etc.

Els documents interns pel lot d'obra civil consisteixen en els controls dels formigons i les fitxes tècniques dels productes emprats. **Pel lot mecànic**, certificats de materials, controls dimensionals, controls de soldadures, aixecaments topogràfics, control de gruixos, etc. A més a més, la direcció d'obra va establir punts de control particular relatius a :

- Fitxes de control de manteniment del telefèric
- Control dels suports intermigs
- Control dels massissos
- Control de soldadures (recepció de reports interns + DTG)
- Control de pintura

6. SEGURETAT

Generalitat :

La seguretat ha estat una preocupació constant de FEDA durant una obra de la complexitat i risc com aquesta i no es van escatimar esforços per tal de garantir-la.

Durant la fase de licitació es va incorporar una empresa de suport per la seguretat i la protecció del personal. L'empresa ELYFEC va resultar adjudicatària de la tasca que va pivotar sobre tres eixos :

- ⇒ Integració dins dels plecs de bases d'un pla general de coordinació.
- ⇒ Implantació de plans particulars de seguretat a totes les empreses i subcontractants abans de començar els treballs.
- ⇒ Verificació a peu d'obra de que es compleixin les regles de seguretat (reunions mensuals i visites imprevistes).

Pla general de coordinació :

Defineix les mesures de coordinació de l'obra imposades per la direcció de l'obra i el coordinador de seguretat. Té en compte els riscos lligats a l'activitat de l'obra, l'entorn etc. de cara a la protecció de tots els que intervenen a l'obra.

Organització dels socors i evacuació del personal :

Al començament de l'obra es va confeccionar un pla amb el departament de bombers d'Andorra que es va repartir a tots els participants.

Es van senyalitzar els camins d'accés des de la carretera general. Es van donar consignes particulars pels treballs a proximitat de la canonada en servei (cas de xoc o de ruptura).

Plans particulars :

Es van desenvolupar per tots els que van intervenir i les tasques realitzades, p.e. muntatge i desmuntatge del telefèric, excavacions, soldadures, pintura, etc.

Seguretat activa a l'obra, mitjançant les accions següents :

- ⇒ El coordinador de seguretat participava a les reunions mensuals d'obra i controlava si les seves recomanacions es respectaven.
- ⇒ Diàriament la D.O. i els responsables de les empreses controlaven si s'havien dut a terme les recomanacions de seguretat.
- ⇒ Degut al risc que comportava el telefèric es realitzava 1 control setmanal de tota la instal·lació. A més a més el constructor feia una visita cada 4 mesos.
- ⇒ A més a més, també es verificaven sovint els dispositius d'aixecament.

Balanc :

Després de 27 mesos d'obra i malgrat totes les precaucions es van registrar 2 ferits lleus (un cop a un genoll per la caiguda d'un roc i un dit pinçat en una operació de manipulació de material).