

# EL TÚNEL FERROVIARI DE L'ARGENTERA

**JOSEP SURIOL CASTELLVÍ**

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERS DE CAMINS,  
CANALS I PORTS, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

*jose.suriol@upc.es*

Paraules clau: *túnel, ferrocarril, excavació*

---

The railway tunnel of the Argentera

*Summary: The railway tunnel of Argentera has a length of 4.044 m. This construction was directed by civil engineer Eduard Maristany i Gibert between April, 1887 and March, 1890 being at the time the largest in Spain. The tunnel is included into the project of the railway line from Madrid to Barcelona and it crosses a difficult area, especially under the section mountain pass of «portell del Peiró». The present communication tries to show the innovation that was implied at that time perforation system with Ferroux type drilling machine which working with compressed air. The coal was used as a generic power source to obtain vapor and move machinery.*

Key words: *tunnel, railway, excavation*

---

## **1. Introducció**

La Llei general de ferrocarrils de l'any 1855 recull un acord entre el Govern i les companyies ferroviàries per tal de situar el ferrocarril en una modalitat de transport preferent a Espanya; es preveien inversions notables i calia harmonitzar els interessos de l'Estat amb els de les companyies ferroviàries. En aquest sentit, el túnel de l'Argentera, amb un sol sentit de circulació i amb una longitud de 4.044 m, i situat a la línia de ferrocarril Madrid-Saragossa-Barcelona entre les estacions del Pradell-Fontaubella (el Priorat) i de l'Argentera-Duesaigües (el Baix Camp), va resoldre el problema de connexió des de la vall de l'Ebre

cap a Reus i Barcelona. Cal assenyalar que a l'actualitat el túnel forma part d'una branca secundària on circulen trens regionals que van i vénen de Saragossa passant per Casp; també hi circulen alguns trens de mercaderies.

L'any 1864 es va proposar un avantprojecte a càrrec dels enginyers de camins Carlos M<sup>a</sup> Castro, Calixto Santa Cruz, Jacobo González Arnao i Gabriel Rodríguez; l'estudi va quedar apartat atesa la complexitat de l'obra i el cost previsible. A l'any 1881 es va proposar un túnel entre Capsanes i Prasdip amb una longitud de 7.700 m, però la proposta va quedar desestimada. Va ser a l'any 1882 quan la Compañía de Ferrocarriles Directos Madrid - Zaragoza - Barcelona (CFDMZA) va esdevenir concessionària del projecte de túnel entre la Torre de Fontaubella i l'Argentera, amb una longitud prevista de 2.735 m. A l'any següent, però, es va replantejar el traçat amb un túnel de 4.050 m. Cal indicar que al 1882 va proposar-se una alternativa pel coll de la Teixeta i al 1884, una altre pel coll d'Alforja. Finalment, després de l'elevat nombre de projectes desestimats, la CFDMZA va iniciar les obres el 27 d'octubre de 1883 amb el projecte de túnel de 4.050 m. La CFDMZA havia obtingut un primer crèdit el 10 de març de 1883 del Crédito Español a favor de Ramón Miralles per a tots els túnels de la línia. Les incongruències financeres per tal de valorar el treball realitzat i poder fer els pagaments necessaris van obligar a redactar un nou crèdit a l'any 1885 amb la mateixa societat financera i a favor del mateix Miralles. De tota manera, nous problemes financers van fer aturar les obres a l'any 1887.

Atesa la importància del projecte, l'Estat va rescindir el contracte i va atorgar una altra concessió, en aquest cas, a la Compañía de Ferrocarriles Tarragona - Barcelona - Francia (CFTBF), que va subscriure un crèdit amb el Crédito Español l'1 d'abril de 1887. Al novembre del mateix any es va subscriure un contracte amb el Sr. Garavetti que es va rescindir el gener del 1888. Finalment, es va subscriure un nou contracte, ja definitiu, amb el mateix Crédito Español. També van signar-se altres contractes, entre els quals destaca el subscrit amb la Maquinista Terrestre y Marítima (MTM) per a la instal·lació de calderes i màquines de vapor.

Des de l'abril de 1887 fins al març de 1890 l'obra va ser dirigida per l'enginyer de camins Eduard Maristany i Gibert, i va donar peu a la publicació, als anys 1891-92, d'un text que ha esdevingut clàssic en la construcció de túnels i que va ser traduït a diversos idiomes. Es tracta d'*El túnel de la Argentera. Tratado de construcción de túneles*. Maristany va esdevenir una autoritat en ferrocarrils, va arribar a ser director general de la Compañía de Ferrocarriles Madrid - Zaragoza - Alicante i, a instàncies d'un nombre elevat de persones lligades al ferrocarril, l'any 1918 va ser nomenat marquès de l'Argentera pel rei Alfons XIII (Suriol, 2000: 98).

## 2. Definició del traçat

El traçat es va decidir a partir dels condicionaments de la línia i de la geologia del terreny en vista que l'excavació fos al més eficient possible i amb un cost raonable. Va iniciar-se una campanya d'estudis sobre el terreny amb un conjunt de reconeixements geològics i geotècnics. El per-

fil longitudinal del túnel quedava caracteritzat pels materials següents, des de la boca d'entrada (estació del Pradell - Fontaubella) fins la de sortida (estació de l'Argentera - Duesaigües):

1. Un tram de 1.210 m de roca calcària tova amb margues i argiles.
2. Un tram de 315 m d'arenassa vermella.
3. Un tram de 330 m d'esquistos de quars.
4. La resta, de 2.185 m, de granit dur amb inclusions de quarsites molt dures.

Cal assenyalar que l'homogeneïtat del terreny té una importància decisiva a l'hora d'eleger el sistema de perforació, atès que cada canvi en el tipus de terreny comporta una readaptació dels mitjans de perforació i d'excavació. Un altre aspecte molt important és la presència d'aigua al subsòl, atès que si el túnel s'ha de fer per sota o per sobre del nivell freàtic és quelcom que condiciona els mitjans d'excavació. En el cas de filtracions importants d'aigua cap a la galeria, cal estimar el cabal que s'infiltra i, en conseqüència, calcular el sistema de drenatge i de bombeig, si és el cas.

El traçat adoptat per la CFTBF va ser pràcticament el mateix que ja havia iniciat la CFDMZB. Pel que fa a les alineacions, es poden resumir en:

1. Corba de 1.000 m de radi al llarg de 52 m a partir de la boca d'entrada.
2. Tram recte de 3.908 m.
3. Corba de 600 m de radi al llarg de 80 m fins la boca de sortida.

Quant a les rasants:

1. Boca d'entrada: 349,63 m.
2. Tram horitzontal des de la boca d'entrada fins als 1.149,52 m de longitud.
3. Portell del Peiró: 648,08 m (cobertura màxima de 317,34 m).
4. Tram amb un pendent de l'1,5 % des del punt anterior fins a la boca de sortida.
5. Boca de sortida: 308,98 m

Tal com s'ha indicat, abans que Maristany es fes càrrec de l'obra ja s'havien realitzat diversos treballs a càrrec de la CFDMZA, que va treballar-hi al llarg de 1.253 dies. A la taula 1 es presenta un resum de l'activitat realitzada per l'esmentada companyia (Maristany, 1891: I, 12 i s.).

Taula 1. Resum dels treballs realitzats al túnel de l'Argentera entre 1883 i 1887 per la CFDMZA

Treballs	Galeria (m)	Destrossa (m)	Revestiment (m)
Boca d'entrada	383	376	85
Boca de sortida	287	283	67
Total	670	659	152
Avanç/dia (túnel)	0,534	0,525	0,171
Avanç/dia (boca)	0,267	0,262	0,060

Quant al procediment d'excavació del túnel de l'Argentera, i tenint en compte els aspectes geològics i constructius, es va planificar amb els condicionants següents:

1. Atacar la perforació per les boques, una a l'entrada i una altra a la sortida. De forma paral·lela s'excavarien pous verticals per atacar, des del fons dels mateixos, en direcció a les boques.

2. La perforació es realitzaria amb una galeria d'avançament de 6 m<sup>2</sup> de secció. Tot seguit es faria la destrossa fins arribar a la secció completa de 35 m<sup>2</sup>. Després es faria el revestiment en tota la longitud; de tota manera, quan la roca ho permetés se'n prescindiria.

3. Els pous verticals s'atacaven amb una secció rectangular de 2 × 4 m, excepte el núm. 5 que seria d'1,5 × 3 m. Calia apuntalar la paret de l'excavació revestint-la amb totxo. A banda de la geologia i topografia de la zona, l'elecció de la situació dels pous va fer-se en base al mínim cost d'extracció del material excavat i a la garantia d'una ventilació apropiada.

4. Els sistemes de perforació emprats van ser el manual i el mecànic. Amb la perforació manual l'avançament es faria mitjançant una galeria superior (a la clau del túnel), mentre que amb la perforació mecànica es faria mitjançant galeria inferior (a la solera del túnel).

Segons Maristany (1891: I, 91) el manteniment de les alineacions previstes no va resultar especialment complicat atès que se situaven marques dins del túnel i, a més, hi havia el referent dels pous que connectaven l'exterior amb el sostre de la perforació. La cobertura mitjana del terreny sobre la clau del túnel se situa prop dels 150 m. La figura 1 mostra el perfil longitudinal del túnel, on es pot apreciar la fondària dels pous i el repartiment d'aquests al llarg de l'excavació.

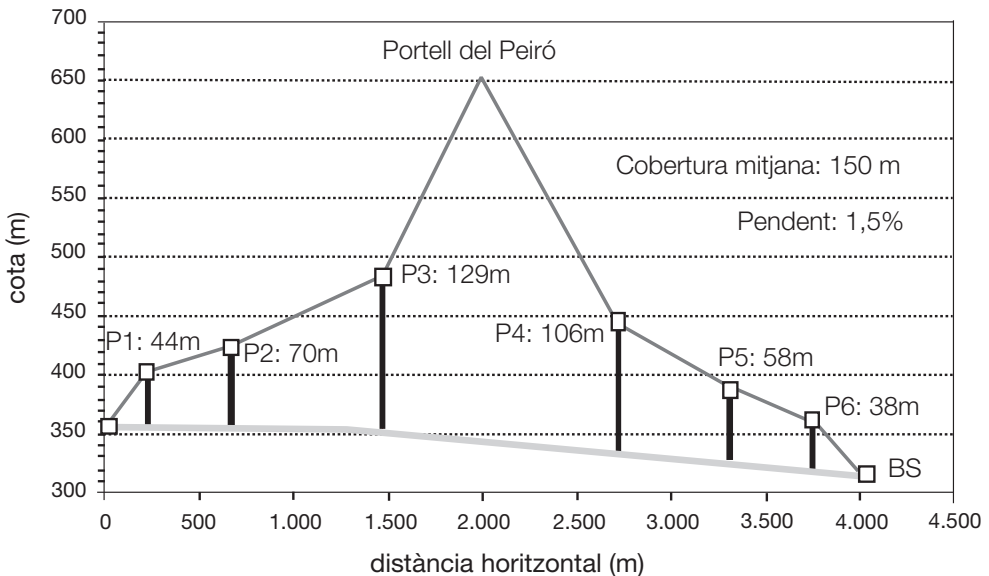


Figura 1. Perfil longitudinal de l'excavació on es percep la situació dels pous respecte de la traça.

### 3. Sistema de perforació

Tal com era habitual en la construcció de túnels d'una certa longitud, s'extreia una part del material excavat per la galeria d'avançament i l'altra mitjançant un sistema de pous que connectaven la clau del túnel fins l'exterior. Els pous podien ser verticals o bé inclinats; la decisió depenia de les diverses condicions geològiques i pràctiques; a l'època, i amb la tècnica disponible, es considerava factible arribar de forma satisfactòria a una profunditat de 300 m. Cal considerar que els pous contribuïen decididament a la ventilació del túnel i permetien una major eficiència en l'avanç, atès que es disposava, aleshores, de diversos punts d'atac al llarg del túnel que permetien treballar en paral·lel. En la decisió de situar els pous es va tenir en compte especialment la part central del traçat, atesa la cobertura de terreny que hi havia al portell del Peiró.

Quant als recursos energètics disponibles per tal de realitzar l'excavació, les fonts primàries utilitzades poden resumir-se en:

1. Força humana: barrinadors, picadors, carregadors, etc.
2. Bestiari: cavalls i mules que movien les vagonetes dins del túnel a través de rails provisionals col·locats a la solera.
3. Carbó mineral per a la producció del vapor per tal de moure els compressors d'aire, ventiladors, elevadors utilitzats als pous, dinamos, etc.
4. Dinamita, encara poc utilitzada a Espanya, en forma de petards que es feien explotar amb un sistema de tret elèctric.

Per tal de garantir la seguretat de l'obra i dels treballadors, el projecte havia previst la utilització d'apuntalaments al llarg de la secció del túnel durant la perforació. Es feien servir punts de fusta o bé metàl·lics; de tota manera, la qualitat global del material extret feia preveure una raonable estabilitat de la perforació i, per tant, pocs problemes amb el sosteniment del terreny. Tan sols de manera puntual van produir-se desprendiments al primer tram de l'excavació.

El sistema d'avanç consistia essencialment a perforar la roca amb barrines, col·locar-hi els petards de dinamita i provocar explosions controlades; els picadors i els carregadors retiraven el material, s'excavava la galeria d'avanç i després es feia la destrossa fins arribar a secció completa. Es van utilitzar perforadores mecàniques accionades amb aire comprimit del tipus Ferroux, ja utilitzada l'any 1874 en la perforació del túnel del Sant Gotard (14.920 m) que connecta Itàlia i Suïssa a través dels Alps.

La perforadora Ferroux estava formada per un carro que contenia sis barrines orientables; el carro disposava d'un dipòsit d'aire comprimit que s'alimentava des de l'exterior; la pressió de l'aire era de 400 kPa. El sistema d'accionament de les barrines que es va fer servir era el de rotació; a l'època hi havia sistemes de percussió, però al túnel de l'Argentera no es van utilitzar. Es va pensar a utilitzar perforadores del tipus Humboldt (de la mateixa casa que els compressors d'aire) però es van preferir les Ferroux. Cal destacar el fet que durant la utilització de les barrines el nombre d'avaries era molt elevat i calia tenir un taller de re-

paració a l'obra mateixa. També estaven previstes les barrines de tipus Bornet accionades manualment, en les quals hi havia un sistema, també manual, que permetia aplicar una pressió normal a la perforació per tal de facilitar la penetració de la barrina.

Cal esmentar que amb les perforadores mecàniques del tipus Ferroux es feia un avanç mensual de 72 m i amb les manuals, de 36 m; Maristany no fa constar, quan calcula el cost de la perforació, la partida corresponent a les barrines manuals atès que, segons ell, no es van fer servir pràcticament. Al túnel del Sant Gotard la relació era de 20 m d'avanç en les manuals i 95 m en les mecàniques. Òbviament, en aquest tipus de comparacions caldria tenir en compte les condicions de l'obra i el tipus concret de maquinària, atès que al túnel del Sant Gotard s'havien fet servir altres tipus de perforadores mecàniques. De tota manera, cal reiterar que les perforadores mecàniques tenien moltes avaries i això comportava una mà d'obra al taller que calia comptabilitzar. Una opció alternativa eren les perforadores en què les barrines eren mogudes amb aigua comprimida; aleshores el problema estava a desfer-se de l'aigua que s'acumulava a la galeria.

Pel que fa a l'extracció del material excavat cap a l'exterior, d'una banda es feia per les boques mitjançant cavalleries que tiraven dels vagons al llarg d'una via provisional situada a la solera i, de l'altra, pels pous amb el sistema de politja que, moguda amb una màquina de vapor, pujava els vagons fins la superfície; el mateix sistema permetia pujar i baixar els obrers. En aquest sentit, és interessant indicar que al túnel del Sant Gotard, un referent per al de l'Argentera, en lloc de cavalleries s'havia emprat una locomotora de 12 CV que funcionava amb aire comprimit a 700 kPa i que portava un dipòsit d'aire de 16 m<sup>3</sup> (ROP, 1876: 91 i s.).

Un aspecte important era el d'estimar la temperatura dins de l'excavació abans d'iniciar l'obra. Es van fer diversos estudis previs basant-se en dades geològiques sobre l'evolució de la temperatura en profunditat; els resultats permetien considerar els valors acceptables per al treball humà. Al llarg de la perforació es va registrar una temperatura mínima de 16 °C al març de 1888 i una màxima de 24 °C a l'octubre de 1889, confirmant-se aleshores el rang de les previsions inicials.

#### **4. Instal·lacions accessorïes**

Una obra amb la complexitat de la del túnel de l'Argentera necessita un seguit d'instal·lacions auxiliars que contribueixin a la tasca principal: la perforació del túnel. Dins de les instal·lacions imprescindibles es troben els camins d'accés des de les poblacions properes. En aquest sentit es van gestionar diversos contractes amb empreses i particulars per tal de garantir l'accés, especialment als pous 3 i 4. Els accessos havien de garantir tant el pas de les persones que treballaven a l'obra com dels materials necessaris.

Pel que fa a la maquinària d'ús generalitzat a l'obra, com ara calderes de producció de vapor, màquines de vapor, compressors d'aire, dinamos, entre d'altres, calia construir coberts per tal de garantir un bon funcionament. D'altra banda, materials com ara el carbó, la dinamita i l'oli per a les làmpades de mà havien d'estar resguardats. També es va construir un ta-

ller per a la reparació de les màquines, especialment les barrines que, com s'ha indicat, s'espatllaven sovint. Es van construir casernes per a les diverses necessitats dels treballadors i un hospital de campanya per tal d'atendre els ferits i aplicar primers auxilis en els casos d'accident, atès que la zona poblada era relativament lluny. La figura 2 mostra una vista de les instal·lacions al pou núm. 4.



Figura 2. Vista general de les instal·lacions al pou núm. 4 (Maristany, 1892a: III, làmines).

El sistema de ventilació era mogut amb màquines de vapor de 15 CV a 1.000 rpm. L'aire fresc es transportava a les galeries mitjançant una conducció forçada on s'anaven empalmant canonades de palastre estanyat de 2 mm de gruix, 40 cm de diàmetre i 6 m de llargada. També es comptava, segons Maristany, amb l'aire comprimit que deixaven anar les barrines; de tota manera al túnel del Sant Gotard es considerava que aquesta possibilitat només calia emprar-la en casos extrems atès que, òbviament, l'aire estava contaminat amb vapors d'oli procedents dels compressors (ROP, 1876: 106).

Pel que fa al sistema d'enllumenat amb làmpades de combustió i atesa la poca salubritat dels gasos de la combustió, es va optar per fer servir, de forma complementària, làmpades elèctriques d'arc voltaic del tipus Puydt que s'alimentaven amb dues dinamos del tipus Gramme mogudes amb màquina de vapor i situades a les instal·lacions del pou núm. 4. Cal assenyalar que, per tal d'il·luminar el pou núm. 3, va caldre passar un cable elèctric per sobre del portell del Peiró. Malgrat que el sistema elèctric d'il·luminació per arc voltaic era aleshores conegut i ja hi havia hagut diverses experiències al nostre país, les dificultats per tal d'aplicar-lo a una obra subterrània presenten interès en l'àmbit dels estudis històrics sobre la tècnica.



Cal fer èmfasi a un dels problemes habituals en excavacions subterrànies, que és el d'extreure l'aigua que brolla del terreny cap a la galeria. En el cas del túnel de l'Argentera aquest problema va arribar a ser important especialment als pous 3 i 4; així, a una fondària d'uns 100 m calia esgotar un cabal d'aigua que arribava a ser de 300 m<sup>3</sup>/dia. L'aportació era deguda al règim hidrològic de la zona i es manifestava visible als punts on hi havia petites falles que connectaven els aquífers amb la galeria del túnel. L'esgotament de l'aigua es feia a través de bombes mogudes amb màquines de vapor de 15 CV construïdes per la Maquinista Terrestre i Marítima. Puntualment també s'utilitzaven les vagonetes per tal d'enviar l'aigua a l'exterior barrejant-la amb el material de l'excavació.

Durant la construcció, i mentre s'estava realitzant la perforació del túnel, es va presentar un problema d'instabilitat a la vessant esquerra de la boca d'entrada, al costat de la futura estació de Pradell - Fontaubella. La causa del problema es va associar al tipus de terreny argilós que, en tenir un angle de fregament intern baix, provocava esllavissaments al talús excavat. Així, entre els mesos de gener i agost de 1889 es van haver de retirar 146.000 m<sup>3</sup> de terreny que s'havia després. Per tal de protegir la via i no fer un talús excessivament estès, es va decidir construir un túnel a cel obert, conegut com fals túnel, de 410 m de longitud; cal precisar que en aquest cas el túnel a cel obert actua mecànicament com un gran mur de contenció. Dins del fals túnel es va preveure fer-hi doble via per tal que una d'elles servís d'aparcament en el cas d'una eventual reparació de trens (Maristany, 1896: 355-359).

## 5. Treball personal i cost de l'obra

La perforació del túnel de l'Argentera va suposar per a la zona d'influència una autèntica convulsió, en el sentit que molts pobles van veure augmentada la seva població de forma notable. Tot es va esdevenir amb una certa improvisació, calia allotjar els obrers sense família i aquells que en portaven. Els diferents serveis, com ara sanitat i ensenyament, van haver de ser reforçats. Un cop acabada l'obra, la zona va tornar a la seva ruralia tradicional.

El nombre de persones que van treballar a l'obra rondava el mig miler i s'anaven tornant per tal que l'obra pogués estar enllestida en el termini previst. El director de l'obra, Eduard Maristany, va organitzar-la de forma que el personal que hi operava es dividís en diverses seccions, tant a les galeries com als pous. En particular, i molt especialment als pous números 3 i 4, la logística va ser un centre d'atenció permanent. A cada secció s'organitzaven brigades i, atenent a la tasca que calia realitzar, s'estructuraven en base a:

1. Un cap de secció amb un ajudant i un sobreestant.
2. Un inspector de maquinària.
3. Quatre vigilants i un ordenança.
4. Un enginyer de manteniment de la Maquinista Terrestre i Marítima.
5. Un capatàs per a cada brigada. El nombre d'operaris de cada brigada variava segons les diferents tasques: barrinadors, picadors, carregadors, transportistes, etc.



Maristany presenta un estudi sobre el nombre de jornals emprats a l'obra en les diverses tasques realitzades. A la distribució següent es pot apreciar la magnitud de la mà d'obra:

1. Capatassos: 27.239 jornals
2. Cavadors: 225.031 jornals
3. Paletes: 51.238 jornals
4. Ferrers i fusters: 19.617 jornals
5. Barrinadors i minadors: 241.678 jornals
6. Auxiliars: 41.455 jornals
7. Maquinistes i fogners: 14.676 jornals
8. Transportistes: 38.103 jornals

Això suposa un total de 662.067 jornals i equival a 163,88 jornals per metre lineal de túnel excavat. Cal remarcar, de forma especial, que al túnel de l'Argentera van coexistir dues tecnologies força diferenciades: d'una banda la tradició, caracteritzada per la utilització de molta mà d'obra, i de l'altra la modernitat, caracteritzada per la utilització de maquinària moguda amb el vapor obtingut a les calderes a partir del carbó.

Pel que fa al cost de l'obra realitzada per la CFTBF, es pot sintetitzar en les dades següents (en pessetes):

1. Cost de la perforació: 3.550.940 ptes. (3.380,50 m × 1.080 ptes./m)
2. Cost del revestiment: 348.378,25 ptes. (1.266,83 × 275 ptes./m)
3. Modificació de les rasants: 12.000 ptes.
4. Dues façanes a les boques: 4.000 ptes.
5. Cost del material pel P1: 33.900 ptes.
6. Cost del material pel P2: 22.100 ptes.
7. Cost del material pel P3: 123.750 ptes.
8. Cost del material pel P4: 176.670 ptes.
9. Cost del material pel P5: 22.100 ptes.
10. Cost del material pel P6: 18.250 ptes.

El cost total de l'obra va ser, en conseqüència, de 3.915.318,25 ptes. Si s'hi suma la part gastada en els treballs de perforació realitzats prèviament per la CFDMZB, la quantitat ascendeix a un total de 4.945.650,41 ptes. Es pot deduir que el cost és d'aproximadament unes 1.200 ptes./m.

En tota obra de complexitat com la del túnel de l'Argentera hi havia riscos, i era probable l'aparició d'accidents deguts a situacions difícils de preveure i també, en ocasions, a badades dels responsables de la tasca a realitzar. Segons Maristany (1891: III, 31), es van comptabilitzar 31 accidents en els quals va haver-hi morts i ferits. A la taula II es mostra una comparació amb el túnel del Sant Gotard; hom pot ponderar l'accidentalitat al túnel de l'Argentera.

Taula 2. Distribució de persones accidentades al túnel de l'Argentera i al del Sant Gotard

Túnel	Longitud (m)	Núm. de morts	Núm. de ferits
Argentera (1887-1890)	4.044	14	177
Sant Gotard (1872-1881)	14.920	10	403

## 6. Resum i conclusions

1. La línia de ferrocarril Madrid - Barcelona era, al darrer terç del segle XIX, una prioritat en la connexió entre ambdues ciutats. El túnel de l'Argentera era un punt estratègic per tal de connectar la vall de l'Ebre amb Reus i Barcelona.

2. L'empresa CFDMZB va excavar 659 m en el període 1883-1887 però, a causa de problemes tècnics i financers, es va rescindir el contracte. Es va atorgar una nova concessió a la CFTBF que va acabar l'obra en el període 1887-1890, amb una longitud total del túnel de 4.044 m. El pressupost total de l'obra va ser de 4.945.650,41 ptes.

3. El sistema d'avanç es feia tot excavant una galeria de 6 m<sup>2</sup>, després a secció completa de 35 m<sup>2</sup> i, posteriorment, es revestia el túnel per tal d'evitar despreniments. En la perforació es van emprar barrines mogudes amb aire comprimit del tipus Ferroux. S'utilitzaven explosius, en concret la dinamita. L'extracció del material excavat es feia per les boques i pels pous que connectaven l'exterior amb la clau del túnel.

4. És de destacar la coexistència de la tradició, representada pel treball manual al capdavant de l'excavació, amb la modernitat, representada per la utilització de la força motriu que proporcionava el vapor i que movia compressors d'aire, ventiladors i dinamos.

## Bibliografia

MARISTANY, E. (1891), *El túnel de la Argentera. Tratado de construcción de túneles*, volums: I, II, III i IV (text), Barcelona, Imprenta de Henrich y Cía.

— (1892a), *El túnel de la Argentera. Tratado de construcción de túneles*, volums: I, II i III (làmines), Barcelona, Imprenta de Henrich y Cía.

— (1892b), «El túnel de la Argentera», *Revista de Obras Públicas*, **40**, x (6-24), Madrid, CICCOP.

— (1896), «Túneles a cielo abierto», *Revista de Obras Públicas*, **43**, II, Madrid, CICCOP.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS (1876), «El túnel de San Gotardo», *Revista de Obras Públicas*, **24**, I, Madrid, CICCOP.

SURIOL, J. (2000), *Els enginyers de camins a Catalunya a la segona meitat del segle XIX. Anàlisi històrica de la seva presència a la societat catalana*, tesi doctoral, Barcelona, UB.

