



EUROGEOTECNICA





TÚNEL DEL PONT PLA

MILLOR TÚNEL D'EUROPA 2008

MEJOR TÚNEL DE EUROPA 2008

BEST TUNNEL IN EUROPE, 2008



EUROGEOTECNICA

Disseny-Impressió / Diseño-Impresión / Design-Printing
Disseny Nova Forma, SL
D.L. B - 55.347 - 2008

Impress a Espanya / Impreso en España / Printed in Spain

Copyright©EURO GEOTECNICA, S.A.

Tota reproducció total o parcial està prohibida
sense l'autorització expressa d'EURO GEOTECNICA, S.A.

*Toda reproducción total o parcial está prohibida
sin la autorización expresa de EURO GEOTECNICA, S.A.*

Total or partial reproduction is prohibited without
the express authorization of EURO GEOTECNICA, S.A.



Euro Geotècnica, S.A.

Avgda. Corts Catalanes 5-7, 2a planta
08173 Sant Cugat del Vallès (BARCELONA)

T +34 93 583 04 80

F +34 93 583 04 83

info@eurogeotecnica.com

www.eurogeotecnica.com

AGRAÏMENTS / AGRADECIMIENTOS / ACKNOWLEDGEMENTS	4
INTRODUCCIÓ / INTRODUCCIÓN / INTRODUCTION	5
PRÒLEG / PRÓLOGO / PREFACE	6
SUPERAR EL TEMOR AL TÚNEL / SUPERAR EL TEMOR AL TÚNEL / OVERCOMING THE FEAR OF TUNNELS	6
EL TÚNEL DEL PONT PLA GUARDONAT PER L'EUROTAP EL 2008 / EL TÚNEL DEL PONT PLA GALARDONADO POR EL EUROTAP EN 2008 / PONT PLA TUNNEL WINS 2008 EUROTAP AWARD	10
VALORACIÓ DE LA SEGURETAT / VALORACIÓN DE LA SEGURIDAD / SAFETY EVALUATION	13
DESCRIPCIÓ DE L'OBRA / DESCRIPCIÓN DE LA OBRA / DESCRIPTION OF WORKS	17
MARC GENERAL / MARCO GENERAL / GENERAL OVERVIEW	17
Entorn de l'obra / Entorno de la obra / Project Environment	18
Premisses de disseny / Premisas de diseño / Design Criteria	19
Dades de l'obra / Datos de la obra / Project Data	21
Galeria d'evacuació / Galería de evacuación / Evacuation Tunnel	22
OBRA CIVIL / OBRA CIVIL / CIVIL ENGINEERING	23
Procés constructiu del túnel / Proceso constructivo del túnel / Tunnel Construction Process	23
Fase d'avanç. Galeria pilot / Fase de avance. Galería piloto / Advance Phase. Pilot Tunnel	26
Excavació a secció completa / Excavación a sección completa / Full-Section Excavation	28
Controls / Controles / Controls	30
INSTAL·LACIONS I EQUIPAMENTS DE SEGURETAT / INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTOS DE SEGURIDAD / SAFETY FACILITIES AND EQUIPMENT	31
Subministrament d'energia / Suministro de energía / Power Supply	31
Enllumenat / Alumbrado / Lighting	32
Sistema de ventilació / Sistema de ventilación / Ventilation System	33
Ventilació longitudinal / Ventilación longitudinal / Longitudinal Ventilation	34
Ventilació auxiliar SAS / Ventilación auxiliar SAS / SAS Auxiliary Ventilation	36
Sistema contra incendis / Sistema contra incendios / Fire Extinguishing System	37
Detecció d'incendis / Detección de incendios / Fire Detection	38
Sistemes de control i gestió del trànsit / Sistemas de control y gestión del tránsito / Traffic Control and Management Systems	39
PERÍODE DE PROVES / PERIODO DE PRUEBAS / TEST PERIOD	40
Prova de fums / Prueba de humos / Smoke Test	40
Simulacre d'accident / Simulacro de accidente / Accident Simulation	41
Formació dels tècnics / Formación de los técnicos / Technician Training	46
CONCLUSIÓ / CONCLUSIÓN / CONCLUSIONS	47
PARTICIPANTS / PARTICIPANTES / PARTICIPANTS	48

AGRAÏMENTS

La redacció d'aquest llibre ha estat possible gràcies a totes les persones i organitzacions que han permès la realització del Túnel del Pont Pla i a totes aquelles persones de l'empresa que han contribuït en l'equip de redacció.

EXPRESSEM EL NOSTRE MÉS SINCER AGRAÏMENT A:

- Ministeri d'Ordenament Territorial, Urbanisme i Medi Ambient del Govern d'Andorra
- Comitè de Túnel d'Andorra
- Agència de Mobilitat d'Andorra
- Equip de redacció: Carles López Carreras, Joan Altimir Planes, Octavi Alfonso Escobar i Laura López Demarbre
- Equip de Fotografia: Miquel Àngel Gómez Garrido i Bernat Ferrús Piñol
- Equip de Traducció: Edy Serra Paracuellos i Mari Conejo Árbol

AGRADECIMIENTOS

La redacción de este libro ha sido posible gracias a todas las personas y organizaciones que han permitido la realización del Túnel del Pont Pla y a todas aquellas personas de la empresa que han contribuido en el equipo de redacción del mismo.

EXPRESAMOS NUESTRO MÁS SINCERO AGRADECIMIENTO A:

- *Ministeri d'Ordenament Territorial, Urbanisme i Medi Ambient del Govern d'Andorra*
- *Comitè de Túnel d'Andorra*
- *Agència de Mobilitat d'Andorra*
- *Equipo de redacción: Carles López Carreras, Joan Altimir Planes, Octavi Alfonso Escobar y Laura López Demarbre*
- *Equipo de Fotografía: Miquel Àngel Gómez Garrido y Bernat Ferrús Piñol*
- *Equipo de Traducción: Edy Serra Paracuellos y Mari Conejo Árbol*

ACKNOWLEDGEMENTS

This book has been made possible by all the people and organizations who made the Pont Pla tunnel happen and all the members of the company who contributed to writing the book.

WE OFFER OUR MOST SINCERE THANKS TO:

- Ministeri d'Ordenament Territorial, Urbanisme i Medi Ambient del Govern d'Andorra
- Comitè de Túnel d'Andorra
- Agència de Mobilitat d'Andorra
- Editorial Team: Carles López Carreras, Joan Altimir Planes, Octavi Alfonso Escobar and Laura López Demarbre
- Photography Team: Miquel Àngel Gómez Garrido and Bernat Ferrús Piñol
- Translation Team: Edy Serra Paracuellos, Mari Conejo Árbol

INTRODUCCIÓ

EUROGEOTECNICA és una empresa d'enginyeria civil apassionada per les grans infraestructures i en especial per les obres subterrànies i la geotècnia.

Amb aquest llibre **EUROGEOTECNICA** té el plaer de presentar una de les seves realitzacions més notables, el túnel del Pont Pla en el Principat d'Andorra, que ha estat distingit com el millor i més segur d'Europa 2008 per una organització internacional de reconegut prestigi, l'EuroTAP.

La nostra voluntat amb l'edició d'aquest llibre és fer-vos arribar en quatre línies el que per a nosaltres representa el fruit de més de quinze anys d'experiència en el mercat de les obres subterrànies i aquelles vivències que hi estan associades.

El túnel del Pont Pla és un exemple de treball en equip i d'implicació per part del nostre equip humà que ha permès la realització d'una obra singular on l'empresa ha tingut l'oportunitat d'aportar el seu coneixement des del disseny del projecte fins a l'execució de les obres.

Per a nosaltres, una de les claus que ha fet que aquest Túnel sigui tan especial és l'elevat nivell de seguretat que ofereixen les seves prestacions, que s'han reflectit amb l'obtenció de les puntuacions més elevades en el rànquing de l'associació EuroTAP.

Us deixem que gaudiu de la lectura d'aquest llibre amb la il·lusió de transmetre-us la mateixa passió per les obres subterrànies i les grans infraestructures que tenim a l'empresa.

INTRODUCCIÓN

EUROGEOTECNICA es una empresa de ingeniería civil apasionada por las grandes infraestructuras y en especial por las obras subterráneas y la geotécnia.

Con este libro **EUROGEOTECNICA** tiene el placer de presentar una de sus realizaciones más notables, el túnel del Pont Pla en el Principado de Andorra, que ha sido distinguido como el mejor y más seguro de Europa 2008 por una organización internacional de reconocido prestigio, el EuroTAP.

Nuestra voluntad con la edición de este libro es hacerles llegar, en cuatro líneas, lo que para nosotros representa el fruto de más de quince años de experiencia en el mercado de las obras subterráneas y aquellas vivencias que le están asociadas.

El túnel del Pont Pla es un ejemplo de trabajo en equipo y de implicación por parte de nuestro equipo humano que ha permitido la realización de una obra singular donde la empresa ha tenido la oportunidad de aportar su conocimiento desde la fase de diseño del proyecto hasta la ejecución de las obras.

Para nosotros, una de las claves que ha hecho que este Túnel sea tan especial es el elevado nivel de seguridad que ofrecen sus prestaciones, que se han reflejado con la obtención de las puntuaciones más elevadas en el ranking de la asociación EuroTAP.

Os dejamos que disfrutéis de la lectura de este libro con la ilusión de transmitir la misma pasión por las obras subterráneas y las grandes infraestructuras que tenemos en la empresa.

INTRODUCTION

EUROGEOTECNICA is a civil engineering company with tremendous enthusiasm for large infrastructures, particularly underground and geotechnical projects.

In this book, **EUROGEOTECNICA** is pleased to present one of its most notable achievements, the Pont Pla Tunnel in the Principality of Andorra, which has been distinguished as the best and safest tunnel in Europe in 2008 by an internationally prestigious organization—EuroTAP.

The aim of this book is to provide you with a brief outline of what the fruit of more than 15 years of experience in the market of underground works and the associated events mean to us.

The Pont Pla tunnel is an example of teamwork and commitment by our team of staff that made a unique work possible, in which the company was able to contribute its knowledge from the design of the project to the execution of the construction work.

One of the key elements that made this tunnel so special for us is the high level of safety provided by the tunnel's features, resulting in the highest scores in the ranking of the association EuroTAP.

We leave you to enjoy reading this book with the enthusiasm of transmitting to you the same passion for underground works and large infrastructures that we, at the company, share.

PRÒLEG

SUPERAR EL TEMOR AL TÚNEL

L'obra civil de túnels resulta apassionant en aquests moments pel gran interès que suscita i per l'important debat que genera en diferents àmbits. Es podria dir que els túnels estan de moda en la nostra societat i provoquen tota mena d'emocions, des del desig més ardent fins al recel més emotiu i de vegades poc racional.

Tots recordem com alguns col·lectius han reclamat repetidament la necessitat de dur a terme determinades obres de túnel com a via per superar l'aïllament secular. Tenim exemples molt propers d'aquestes demandes, com poden ésser la petició reiterada de realitzar en el Túnel del Cadí com a manera de rompre la barrera d'aquesta serralada i de permetre una comunicació entre les comarques del Berguedà i la Cerdanya o la demanda dels habitants de la Vall de Vielha, sol·licitant la construcció d'un nou túnel, més ample i més segur, per unir les valls amb la resta del territori.

Però també tenim present un cert recel i, per què no, també un temor naixent que comença a arrelar vers les obres subterrànies i especialment les que se situen en àmbit urbà. Aquestes obres són vistes com incòmodes i no exemptes de riscos que l'entorn tècnic sembla no saber superar. No cal anar molt lluny per tenir exemples d'obres que s'emmarquen en aquest context anímic, com les obres de la línia 5 al Carmel o les obres de l'AVE per la Sagrada Família.

Es podria dir que la gent té la percepció que aquestes obres, sobretot en àmbit urbà, resulten insegures per definició.

Tot allò que té unes lleis físiques sòlides i que es pot calcular, per més complex que sigui, proporciona una sensació de seguretat més gran moltes vegades que la realització d'un túnel. En certa mesura el túnel personifica un cert temor a allò interior, que és fosc, tancat i que pot ser incert.

Ens fa por avançar sense conèixer bé el camí, on poden haver-hi perills no previsibles i sense defensa. Cal vèncer la por. Indicant bé el camí, que ha d'ésser net i visible, sense racons ni passos obligats i disposant de la vigilància per dissuadir els assaltants.

Cal doncs sortir d'aquesta espiral en que es troben envoltades les obres de túnel.

PRÓLOGO

SUPERAR EL TEMOR AL TÚNEL

La obra civil de túneles resulta apasionante en estos momentos por el gran interés que suscita y por el importante debate que genera en diferentes ámbitos. Se podría decir que los túneles están de moda en nuestra sociedad y provocan todo tipo de emociones, desde el deseo más ardiente hasta el recelo más emotivo y a veces poco racional.

Todos recordamos como algunos colectivos han reclamado repetidamente la necesidad de llevar a cabo determinadas obras de túnel como vía para superar el aislamiento secular. Tenemos ejemplos muy cercanos de estas demandas, como pueden ser la petición reiterada de realizar el Túnel del Cadí como forma de romper la barrera de esta cordillera y de permitir una comunicación entre las comarcas del Berguedà y la Cerdanya o la demanda de los habitantes de la Vall de Vielha, solicitando la construcción de un nuevo túnel, más amplio y más seguro, para unir los valles con el resto del territorio.

Pero también tenemos presente un cierto recelo y, por qué no, también un cierto temor que empieza a arraigar respecto a las obras subterráneas y especialmente las que se sitúan en ámbito urbano. Estas obras son vistas como incómodas y no exentas de riesgos que el entorno técnico parece no saber superar. No hay que ir muy lejos para tener ejemplos de obras que se enmarcan en este contexto anímico, como las obras de la línea 5 en el Carmel o las obras del AVE para la Sagrada Familia.

Se podría decir que la gente tiene la percepción de que estas obras, sobre todo en ámbito urbano, resultan inseguras por definición.

Todo lo que tiene unas leyes físicas sólidas y que se puede calcular, por muy complejo que sea, proporciona una sensación de seguridad mayor muchas veces que la realización de un túnel. En cierta manera el túnel personifica un cierto temor a lo interior, a lo oscuro, cerrado y que puede ser incierto.

Nos da miedo avanzar sin conocer bien el sendero, donde pueden haber peligros no previsibles y sin defensa. Hay que vencer el miedo. Indicando bien el camino, que tiene que ser limpio y visible, sin rincones ni pasos obligados y disponiendo de la vigilancia para disuadir a los asaltantes.

Hay que salir de esta espiral en que se encuentran envueltas las obras de túnel.

PREFACE

OVERCOMING THE FEAR OF TUNNELS

Tunnel construction is living an exciting moment at present due to the tremendous interest it arouses and the considerable debate it generates in different areas. It could be said that tunnels are in fashion in our society and provoke all kinds of emotions, from burning desire to the most emotional and occasionally irrational distrust.

We all remember how some groups have repeatedly insisted on the need to carry out particular tunnel works as a way to overcome secular isolation. We have examples of these demands near at hand, such as the repeated petition to carry out the Cadí tunnel as a way of breaking down the mountainous barrier and allowing communication between the counties of Berguedà and Cerdanya or the demands of the inhabitants of the valley of Vielha, requesting the construction of a new, wider and safer tunnel to join the valleys with the rest of the territory.

Yet there is also a certain mistrust and even nascent fear that is beginning to take root toward underground works, particularly in urban settings. These works are viewed as a nuisance, with risks that the technical world appears not to be able to overcome. We do not have to look very far to find examples of works in such a hostile setting, like the tunnel of the metro line 5 in El Carmel or the works to bring the high speed train through La Sagrada Família.

People would seem to view these works, particularly in an urban setting, as unsafe by definition.

Anything based on solid laws of physics and that can be calculated, no matter how complex, often provides a greater sensation of safety than the construction of a tunnel. In some way, tunnels personify a fear of the dark, closed and, perhaps, uncertain interior.

We fear to go on without knowing the path, where there may lie unforeseen dangers against which there is no defence. We must overcome this fear. We can do this by lighting the way and keeping it clean and visible, with no hidden corners or forgotten passages, and providing surveillance to dissuade attackers.

Thus, we need to escape this spiral in which tunnel works are enmeshed.

En primer lloc, cal el convenciment ferm que les obres subterrànies són necessàries perquè representen el futur i no són qüestionables.

En segon lloc, els projectes d'aquestes obres complexes han de complir tots els requisits tècnics i de qualitat. En la redacció han de participar equips tècnics amb molta experiència i altament especialitzats per evitar concepcions i dissenys inapropiats. Els projectes han de proporcionar una informació exhaustiva del terreny i han de tenir les anàlisis i avaluacions del comportament de l'obra en fase d'execució a fi de preveure les afeccions a l'entorn urbà i els sistemes d'auscultació i control que es disposaran a l'obra per controlar-la. En aquest sentit cal prosseguir amb el nivell d'exigència dels projectes redactats actualment que comporten a més auditories i assegurar uns terminis adients per a la seva redacció amb qualitat.

En tercer lloc, cal la participació a l'obra dels equips tècnics especialitzats i la realització dels controls dels moviments en fase de construcció per jutjar sobre les condicions de seguretat assolides. Aquests equips és important que siguin pluridisciplinars i amb àmplia experiència en obres similars i que siguin, si és possible, els continuadors del projecte.

En darrer lloc i potser el més important de cara a l'opinió pública, cal informar exhaustivament als diversos col·lectius, especialment als més implicats, de totes les mesures que incorpora el projecte, a fi i efecte de generar la confiança que l'obra comporta tota la seguretat necessària. I cal informar de les obres executades per generar la confiança que aquestes obres es condueixen amb seguretat.

La realització d'obres de túnel comporta un mètode, però suposa també un art o un do, com el que poden tenir determinats arquitectes o cirurgians. I és un art gran, enorme, però és interior, poc visible i moltes vegades poc comprensible per als que no poden conèixer les 'interioritats' de l'execució de les obres però de gran transcendència en definitiva.

En primer lugar, se necesita el convencimiento firme de que las obras subterráneas son necesarias porque representan el futuro y no son cuestionables.

En segundo lugar, los proyectos de estas obras complejas tienen que cumplir todos los requisitos técnicos y de calidad. En la redacción tienen que participar equipos técnicos con mucha experiencia y altamente especializados para evitar concepciones y diseños inapropiados. Los proyectos tienen que proporcionar una información exhaustiva del terreno y han de tener los análisis y las evaluaciones del comportamiento de la obra en fase de ejecución, con el fin de prever las afecciones en el entorno urbano y los sistemas de auscultación y control de que se han de disponer en la obra para controlar la misma. En este sentido hay que proseguir con el nivel de exigencia de los proyectos redactados actualmente que comportan además auditorías y asegurar unos plazos adecuados para su redacción con calidad.

En tercer lugar, hace falta la participación en la obra de los equipos técnicos especializados y la realización de los controles de los movimientos en fase de construcción para juzgar sobre las condiciones de seguridad alcanzadas. Es importante que estos equipos sean pluridisciplinarios y con amplia experiencia en obras similares y que sean, a ser posible, los continuadores del proyecto.

En último lugar, y puede que el más importante de cara a la opinión pública, hay que informar exhaustivamente a los diversos colectivos, especialmente a los más implicados en todas las medidas que incorpora el proyecto, con el fin de generar la confianza de que la obra comporta toda la seguridad necesaria. Y hay que informar de las obras ejecutadas para generar la confianza de que estas obras se conducen con seguridad.

La realización de obras de túnel comporta un método, pero supone también un arte o un don, como el que pueden tener determinados arquitectos o cirujanos. Y es un arte grande, enorme, pero es interior, poco visible y muchas veces poco comprensible para los que no pueden conocer las 'interioridades' de la ejecución de las obras pero de gran transcendencia en definitiva.

Firstly, this requires the firm conviction that underground works are necessary because they represent the future and are therefore beyond question.

Secondly, the projects for these complex works must meet all the technical and quality requirements. Drafting of these projects must involve highly specialized technical teams with plenty of experience, in order to avoid inappropriate concepts and designs. The projects must provide exhaustive information on the terrain and must contain the analyses and evaluations of the behaviour of the work in the execution phase in order to foresee any effects on the urban environment, and the appropriate sensor and control systems to monitor the works. In this regard, it is necessary to continue with the rigorous level of requirements of the projects currently drawn up, which leads to more audits, and to ensure sufficient time for them to be drawn up with the appropriate quality.

Thirdly, the works require the participation of specialized technical teams and the performance of movement monitoring in the construction phase in order to judge the safety conditions attained. It is important that these teams be multidisciplinary and have thorough experience in similar works and, if possible, that they be the teams that continue the project.

Finally, and perhaps most importantly in terms of public opinion, it is important to provide thorough information to the interested groups, especially those most involved, on all the measures incorporated in the project in order to generate the confidence that the works meet the necessary safety requirements. It is necessary to provide information on the works already carried out in order to generate the confidence that these works are being executed safely.

Tunnel construction involves method, but it also involves an art or a gift, such as that possessed by certain architects or surgeons. And while it is a great art, it is interior, invisible, and often incomprehensible to those not privy to the inside details of the construction world, yet it is transcendent.

Carles López Carreras

Director General
EUROGEOTECNICA

Carles López Carreras

Director General
EUROGEOTECNICA

Carles López Carreras

Managing Director
EUROGEOTECNICA







EL TÚNEL DEL PONT PLA GUARDONAT PER L'EUROTAP EL 2008

El túnel del Pont Pla, situat en el Principat d'Andorra, ha estat valorat enguany dins el marc del programa EUROTAP amb el màxim reconeixement a escala europea com el Millor i més Segur túnel d'Europa el 2008.

El programa EUROTAP (Programa d'avaluació de la seguretat dels túnels europeus) està avalat per 14 organitzacions europees, membres de la FIAI i l'AIT. El programa avalua des de l'any 2000 la qualitat i la seguretat de les infraestructures europees de túnels per carretera. Cada any l'EUROTAP inspecciona i avalua els túnels que es posen en servei i emet un informe sobre les condicions que reuneixen aquestes obres. Dins els 32 túnels valorats durant el 2008, el túnel del Pont Pla ha estat distingit entre els quatre túnels que han obtingut la qualificació "molt satisfactòria" i dins d'aquests quatre túnels ha

EL TÚNEL DEL PONT PLA GALARDONADO POR EL EUROTAP EN 2008

El túnel del Pont Pla, situado en el Principado de Andorra, ha sido valorado este año dentro del marco del programa EUROTAP con el máximo reconocimiento a nivel europeo como el Mejor y más Seguro túnel de Europa en 2008.

El programa EUROTAP (Programa de evaluación de la seguridad de los túneles europeos) está avalado por 14 organizaciones europeas, miembros de la FIAI y la AIT. El programa evalúa desde el año 2000 la calidad y seguridad de las infraestructuras europeas de túneles por carretera. Cada año inspecciona y evalúa los túneles que se ponen en servicio y emite un informe sobre las condiciones que reúnen estas obras. Entre los 32 túneles valorados durante el 2008, el túnel del Pont Pla ha sido distinguido entre los cuatro túneles que han obtenido la calificación "muy satisfactoria" y dentro de estos cuatro túneles

PONT PLA TUNNEL WINS 2008 EUROTAP AWARD

The Pont Pla tunnel, located in Andorra, has been awarded maximum recognition at European level this year in the framework of the EUROTAP programme, as the Best and Safest Tunnel in Europe in 2008.

The EUROTAP programme (programme for the safety evaluation of European tunnels) is backed by 14 European organizations, members of the FIAI and the AIT. Since 2000, the programme has evaluated the safety of the infrastructure of European road tunnels. Each year, EUROTAP inspects and assesses tunnels entering into service and issues a report on the conditions of the works. Of the 32 tunnels evaluated in 2008, the Pont Pla tunnel was one of the 4 tunnels to obtain a score of "highly satisfactory" and,



estat valorat finalment com el millor túnel d'Europa.

Aquesta distinció suposa un reconeixement internacional, no tan sols d'una feina ben feta per part de totes les empreses i tècnics que hi han participat, sinó també de la capacitat d'un país com Andorra en l'execució d'infraestructures.

Aquest premi s'ha aconseguit en competència amb altres estats amb gran tradició en l'execució de túnels, com ara Suïssa, Àustria o França, la qual cosa encara fa més rellevant l'esforç per aconseguir-lo i posa de manifest la capacitat tècnica i experiència dels equips de disseny i de direcció de les obres. Aquest esforç s'ha aconseguit, a més, amb un cost econòmic situat en la banda baixa del cost mitjà per quilòmetre de túnels construïts de similars característiques.

La consecució d'aquesta distinció és fruit de la implicació plena del Govern d'Andorra i de manera molt especial del Comitè de Túnels d'Andorra, prioritzant la seguretat en la seva política d'infraestructures de túnel. Aquesta política queda recollida en el Pla d'Infraestructures

ha sido valorado finalmente como el mejor túnel de Europa.

Esta distinción supone un reconocimiento internacional, no tan sólo del trabajo bien hecho por todas las empresas y técnicos participantes, sino también de la capacidad de un país como Andorra en la ejecución de infraestructuras.

Este premio se ha conseguido en competencia con otros estados con gran tradición en la ejecución de túneles, como Suiza, Austria o Francia, cosa que hace todavía más relevante el esfuerzo para conseguirlo y pone de manifiesto la capacidad técnica y experiencia de los equipos de diseño y de dirección de las obras. Este esfuerzo se ha conseguido, además, con un coste económico situado en la banda baja del coste medio por kilómetro de túneles construidos de similares características.

La consecució de esta distinció es fruit de la implicació plena del Govern d'Andorra i de manera molt especial del Comitè de Túnels de Andorra, prioritzando la seguretat en su política de infraestructuras de túnel. Esta política queda

of these 4 tunnels, it was finally ranked as the best tunnel in Europe.

This distinction means international recognition, not only of a job well done by the companies and technical personnel who took part in it, but also of the ability of a country like Andorra to carry out the building of infrastructures.

This award was won in competition with other states with a long tradition in tunnel construction, such as Switzerland, Austria and France, thus making the effort put in to achieving it even more relevant; and it highlights the technical skills and experience of the design and construction management teams. This effort was also made with an economic cost that is in the lower range of mean cost per kilometre in comparison with other tunnels of similar characteristics.

The achievement of this distinction is the result of the full involvement of the Andorran government and, particularly, the Andorra Tunnels Committee, who gave priority to safety in their infrastructure policy regarding the tunnel.



Viàries d'Andorra que marca les característiques de qualitat i seguretat de les obres del Principat. Cal remarcar que els túnels s'han de dissenyar amb una concepció global que integri tots els aspectes tècnics, tant pel que fa a la seva execució com a la seva explotació.

EUROGEOTECNICA ha adaptat el projecte segons els requisits del Pla Sectorial d'Infraestructures d'Andorra i les normatives internacionals, amb l'objectiu de prioritzar la seguretat, i ha dirigit les obres de construcció del túnel del Pont Pla en totes les fases constructives (obra civil, arquitectura i instal·lacions), la fase de proves, la integració al centre de control de l'Agència de Mobilitat d'Andorra i el seguiment en fase d'explotació. En aquesta tasca ha comptat amb la col·laboració de l'empresa andorranca EUROCONSULT i de l'empresa AZM.

Pel que fa a aquesta fase d'explotació es continua participant actualment en aquests treballs, en concret en el manteniment, en el seguiment dels plans de seguretat i salut i la formació de personal.

recogida en el Plan de Infraestructuras Viarias de Andorra que marca las características de calidad y seguridad de las obras del Principado.

Hay que remarcar que los túneles se tienen que diseñar con una concepción global que integre todos los aspectos técnicos, tanto respecto a la ejecución como a su explotación.

EUROGEOTECNICA ha adaptado el proyecto según los requisitos del Plan Sectorial de Infraestructuras de Andorra y de las normativas internacionales, con el objetivo de priorizar la seguridad, y ha dirigido las obras de construcción del túnel del Pont Pla en todas sus fases constructivas (obra civil, arquitectura e instalaciones), la fase de pruebas, la integración al centro de control de la Agencia de Movilidad de Andorra y el seguimiento en fase de explotación. En esta tarea ha contado con la colaboración de la empresa andorranca EUROCONSULT y de la empresa AZM.

Con respecto a esta fase de explotación se continúa participando actualmente en estos trabajos, en concreto en el mantenimiento, en el seguimiento de los planes de seguridad y salud y la formación de personal.

This policy is set out in the Andorra Road Infrastructure Plan that establishes the quality and safety characteristics of construction works in Andorra.

Tunnels must be designed with a global view that integrates all the technical aspects, both in execution and in operation of the tunnel.

EUROGEOTECNICA adapted the project to the requirements of the Andorra Sector Infrastructure Plan and international regulations, with the aim of giving priority to safety, and has managed the construction works of the Pont Pla tunnel in all the construction phases (civil engineering, architecture and installations), the test phase, integration with the control centre of the Andorra Mobility Agency, and monitoring in the operating phase. In this task, it has had the help and cooperation of the Andorran company EUROCONSULT and the company AZM.

It continues to participate in these works in the operating phase, specifically in maintenance, monitoring of safety plans and personnel health and training.



VALORACIÓ DE LA SEURETAT

Seguint la línia de fomentar la seguretat viària i reduir l'accidentalitat a les carreteres, el RACC (Reial Automòbil Club de Catalunya), entitat líder en l'àmbit de la mobilitat a Espanya, ha participat en l'estudi on s'ha avaluat el nivell de seguretat dels túnels europeus, dins la 10a edició del programa EuroTAP (Programa Europeu d'Avaluació de Túnels).

L'EuroTAP ressalta que el túnel del Pont Pla, de 1.260 metres i posat en servei el 2006, és modern i segur, malgrat tenir trànsit bidireccional. Aquest túnel, amb una intensitat mitjana diària d'uns 17.000 vehicles, ha registrat 60 avaries de vehicles, però no ha tingut cap accident fins a la data. El fet de no deixar-hi passar vehicles pesants i de mercaderies perilloses, de tenir unes vies prou amples, àrees d'estacionament a l'interior i la bona il·luminació són les principals raons del bon resultat de les mesures preventives. A més, hi ha telèfons i sortides d'emergència cada 160 metres, extintors cada 45 metres i àrees d'estacionament cada 310 metres.

VALORACIÓN DE LA SEGURIDAD

Seguindo la línea de fomentar la seguridad viaria y reducir la accidentalidad en las carreteras, el RACC (Real Automóvil Club de Cataluña), entidad líder en el ámbito de la movilidad en España, ha participado en el estudio donde se ha evaluado el nivel de seguridad de los túneles europeos, dentro de la 10ª edición del programa EuroTAP (Programa Europeo de Evaluación de Túneles).

El EuroTAP resalta que el túnel del Pont Pla, de 1.260 metros y puesto en servicio en el 2006, es moderno y seguro, pese a tener tráfico bidireccional. Este túnel, con una intensidad diaria de unos 17.000 vehículos, ha registrado 60 averías de vehículos, pero no ha tenido ningún accidente hasta la fecha. El hecho de no dejar pasar vehículos pesados y de mercancías peligrosas, de tener unas vías lo suficientemente anchas, áreas de estacionamiento en el interior y la buena iluminación son las principales razones del buen resultado de las medidas preventivas. Además, hay teléfonos y salidas de emergencia cada 160 metros, extintores cada 45 metros y áreas de estacionamiento cada 310 metros.

SAFETY EVALUATION

Continuing the philosophy of fomenting road safety and reducing accidents on the roads, the RACC (Royal Automobile Club of Catalonia), a leader in the field of mobility in Spain, took part in a study that evaluated the level of safety in European tunnels as part of the 10th edition of the EuroTAP programme (European Tunnel Evaluation Programme)

EuroTAP points out that the Pont Pla tunnel, which is 1260 meters long and entered into service in 2006, is modern and safe, despite having two-way traffic. This tunnel has a mean daily traffic throughput of 17,000 vehicles and has had 60 vehicle breakdowns but no accidents to date. The fact that it does not allow heavy goods vehicles and hazardous goods vehicles through, its wide lanes, parking areas inside and the good lighting are the main reasons for the good results of the preventive measures. It also has emergency telephones and exits every 160 meters, fire extinguishers every 45 meters and parking areas every 310 meters.







L'estudi europeu de túnels, on participa el RACC, ha valorat molt positivament que els incidents al túnel del Pont Pla es comuniquin de forma automàtica al comandament per enllaç de vídeo les 24 hores del dia amb personal que ha rebut una formació específica i que, en cas necessari, es pugui guiar els conductors mitjançant semàfors i senyals de trànsit. A això s'hi ha d'afegir que el comandament del túnel es pot comunicar amb els conductors mitjançant panells informatius, ràdio trànsit o un servei de megafonia.

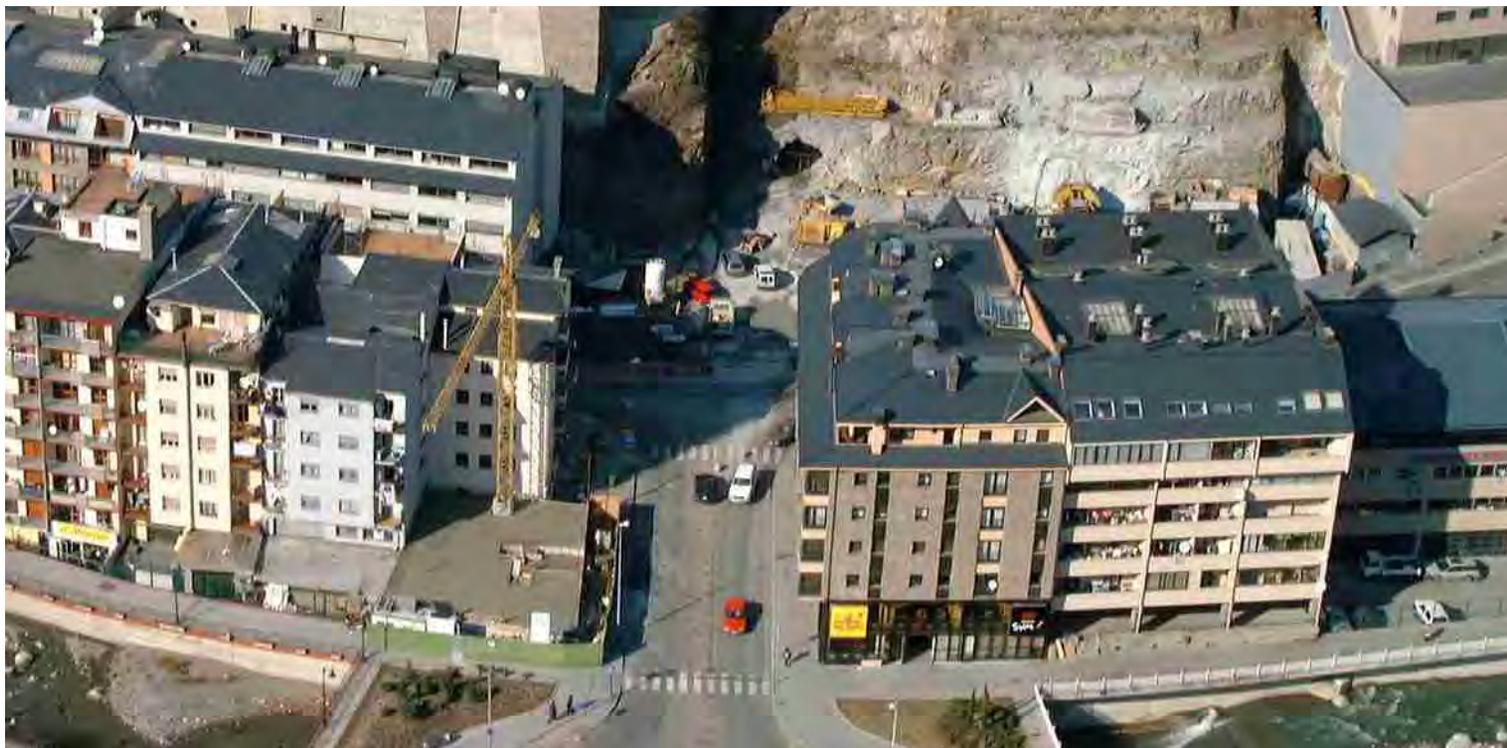
El túnel del Pont Pla és també pioner en la detecció i extinció de focs i en l'evacuació d'emergència. Els experts de l'EuroTAP asseguren que aquesta infraestructura andorrana té un bon sistema automàtic de detecció d'incendis i que la breu distància que han de recórrer els bombers i els subministrament d'aigua asseguren la lluita efectiva contra els incendis. A banda, en cas de foc dins del túnel, hi ha rutes d'evacuació ben delimitades i un sistema de ventilació eficient que assegura l'eliminació estable del fum. Tots aquests elements configuren un túnel amb un elevat nivell de seguretat.

El estudio europeo de túneles, donde participa el RACC, ha valorado muy positivamente que los incidentes en el túnel del Pont Pla se comuniquen automáticamente al centro de control mediante enlace de vídeo las 24 horas del día con personal que ha recibido una formación específica y que, en caso necesario, se pueda guiar a los conductores mediante semáforos y señales de tráfico. A esto hay que añadir que el centro de control del túnel se puede comunicar con los conductores mediante paneles informativos, radio tráfico o un servicio de megafonia.

El túnel del Pont Pla es también pionero en la detección y extinción de fuegos y en la evacuación de emergencia. Los expertos del EuroTAP aseguran que esta infraestructura andorrana tiene un buen sistema automático de detección de incendios y que la breve distancia que tienen que recorrer los bomberos y los suministros de agua aseguran la lucha efectiva contra los incendios. Además, en caso de fuego dentro del túnel, hay rutas de evacuación bien delimitadas y un sistema de ventilación eficiente que asegura la eliminación estable del humo. Todos estos elementos configuran un túnel con un elevado nivel de seguridad.

The European study of tunnels, in which the RACC took part, rated very highly the fact that incidents in the Pont Pla tunnel are automatically transmitted to the control centre by means of a 24-hour video link with personnel who have received specific training and who, if necessary, can guide motorists by means of traffic lights and signals. In addition, the tunnel control centre can communicate with motorists by means of information panels, traffic radio or a PA system.

The Pont Pla tunnel is also a pioneer in fire detection and extinguishing and emergency evacuation. The EuroTAP experts state that this Andorran infrastructure has a good automatic fire-detection system and that the short distance that the fire brigade has to travel and the water supply ensure effective fire fighting capabilities. Also, in the event of a fire in the tunnel, there are well-defined evacuation routes and an efficient ventilation system that ensures stable elimination of smoke and fumes. All these elements go to make up a tunnel with a high level of safety.



DESCRIPCIÓ DE L'OBRA

MARC GENERAL

Un dels principals problemes amb què es troben diàriament els ciutadans del Principat i els visitants és l'intens trànsit a les carreteres andorranes. El creixement de la intensitat del trànsit els darrers 10 anys ha estat d'una mitjana del 3% anual (referència a trànsit intern i extern).

L'ampliació i millora de la xarxa viària és una necessitat per al Principat, que ha d'anar a més acompanyada d'altres actuacions, com disposar de mitjans de transport alternatius i de la previsió de la construcció progressiva de noves vies de comunicació.

Actualment la part de la xarxa viària amb més intensitat de trànsit es troba disposada en "Y" amb els extrems situats als nuclis de Sant Julià de Lòria, Encamp i la Massana i el centre a Andorra la Vella – Escaldes-Engordany.

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

MARCO GENERAL

Uno de los principales problemas con los que se encuentran diariamente los ciudadanos del Principado y los visitantes es el intenso tráfico de las carreteras andorranas. El crecimiento de la intensidad del tráfico los últimos 10 años ha sido de una media del 3% anual (referencia a tráfico interno y externo).

La ampliación y mejora de la red viaria es una necesidad para el Principado, que ha de ir acompañada de otras actuaciones, como disponer de medios de transporte alternativos y de la previsión de la construcción progresiva de nuevas vías de comunicación.

Actualmente la parte de la red viaria con más intensidad de tráfico se encuentra dispuesta en "Y" con los extremos situados en los núcleos de Sant Julià de Lòria, Encamp y La Massana y el centro en Andorra la Vella – Escaldes-Engordany.

DESCRIPTION OF WORKS

GENERAL OVERVIEW

One of the main problems faced daily by the residents of Andorra and by visitors to the country is the heavy traffic on Andorran roads. The increase in traffic density in the past 10 years has been at an average of 3% per year (both internal and external traffic).

The expansion and improvement of the road network is a necessity for Andorra and must be accompanied by other actions, such as providing alternative modes of transport and the progressive construction of new communication routes.

Currently, the part of the road network with the greatest density of traffic is situated in the shape of a "Y" with the ends located in the towns of Sant Julià de Lòria, Encamp and La Massana, and the centre in Andorra la Vella – Escaldes – Engordany.



El tram Escaldes-Encamp té actualment una intensitat d'uns 23.500 vehicles/dia i el tram Escaldes-la Massana d'uns 17.000 vehicles/dia.

Dins del Pla Sectorial d'Infraestructures Viàries, elaborat pel Govern d'Andorra i que defineix les noves vies de comunicació per als propers 25 anys, figura el túnel del Pont Pla. La infraestructura neix de la necessitat de generar una alternativa a les comunicacions entre les parròquies baixes d'Andorra la Vella i Escaldes-Engordany amb les parròquies altes com la Massana i Ordino amb la pretensió de descongestionar la sortida de la C.G.3 vers la Massana, que pateix cues importants en hores punta.

Entorn de l'obra

El túnel del Pont Pla presenta una peculiaritat important pel que fa a la seva ubicació. Es tracta d'un túnel urbà, amb la boca Sud ubicada en ple centre urbà, que s'aboca a una rotonda situada a uns 120 m.

Aquesta circumstància va donar lloc a haver de prendre les màximes precaucions a l'hora

El tramo Escaldes-Encamp tiene actualmente una intensidad de unos 23.500 vehículos/día y el tramo Escaldes-La Massana de unos 17.000 vehículos/día.

Dentro del Plan Sectorial de Infraestructuras Viarias, elaborado por el Govern d'Andorra y que define las nuevas vías de comunicación para los próximos 25 años, figura el túnel del Pont Pla. La infraestructura nace de la necesidad de generar una alternativa a las comunicaciones entre las parroquias bajas de Andorra la Vella y Escaldes-Engordany con las parroquias altas como La Massana y Ordino con la pretensión de descongestionar la salida de la C.G.3. hacia La Massana, que sufre colas importantes en horas punta.

Entorno de la obra

El túnel del Pont Pla presenta una peculiaridad importante en cuanto a su ubicación. Se trata de un túnel urbano, que se aboca a una rotonda situada a unos 120 m.

Esta circunstancia dio lugar a tener que tomar las máximas precauciones a la hora de ejecutar las diferentes fases de obra. El hecho

The Escaldes-Encamp section currently has a density of 23,500 vehicles/day and the Escaldes-La Massana section has 17,000 vehicles/day.

The Pont Pla tunnel is included in the Road Infrastructure Sector Plan, drafted by the Andorran government; this plan defines the new communication routes for the next 25 years. The infrastructure arises from the need to create an alternative to the communications between the lower parishes of Andorra la Vella and Escaldes-Engordany, and the upper parishes, such as La Massana and Ordino, with the aim of decongesting the exit of the C.G.3 to La Massana, which suffers considerable traffic jams at peak times.

Project Environment

The location of the Pont Pla tunnel is of particular interest. It is an urban tunnel with the southern mouth located in the centre of the town and opening onto a roundabout at a distance of 120 m.

This circumstance meant having to take maximum precautions when executing the



d'executar les diferents fases d'obra. El fet d'haver de treballar a molt poca distància del nucli urbà, amb uns accessos reduïts i envoltats per edificacions sensibles com l'Hospital de Nostra Senyora de Meritxell, va condicionar molt el ritme d'execució de l'obra. Totes les decisions preses van estar regides per les normes UNE, amb la finalitat de minimitzar l'impacte sobre l'entorn i l'activitat diària desenvolupada a la zona.

En tractar-se d'un túnel urbà de pendent elevat (un 6,9%) s'ha limitat inicialment la velocitat màxima dins del túnel a 60 km/h, controlada per radars permanents en les dues direccions, i s'ha prohibit el pas pels vehicles de més de 3,5 tones.

Premisses de disseny

En la construcció d'aquesta infraestructura s'ha prioritzat la seguretat, en especial després de les greus conseqüències dels incendis que van tenir lloc als túnels de Mont Blanc, situat als Alps; l'accident de Tauern, a Àustria, el 1999, i més recentment, el que va succeir l'any 2001 al túnel de Saint Gotthard, a Suïssa. Després

de tener que trabajar a muy poca distancia del núcleo urbano, con unos accesos reducidos y rodeados por edificaciones sensibles como el Hospital de Nostra Senyora de Meritxell, condicionó mucho el ritmo de la ejecución de la obra. Todas las decisiones tomadas estuvieron regidas por las normas UNE, con la finalidad de minimizar el impacto sobre el entorno y la actividad diaria desarrollada en la zona.

Al tratarse de un túnel urbano de pendiente elevada (un 6,9%) se ha limitado inicialmente la velocidad máxima dentro del túnel a 60 km/h, controlada por radares permanentes en las dos direcciones, y se ha prohibido el paso de vehículos de más de 3,5 toneladas.

Premisas de disseny

En la construcción de esta infraestructura se ha priorizado la seguridad, en especial después de las graves consecuencias de los incendios que tuvieron lugar en los túneles de Mont Blanc, situado en los Alpes; el accidente de Tauern, en Austria, en 1999, y más recientemente el que sucedió en el año 2001 en el túnel de Saint

different phases of the works. Having to work very close to the town centre, with reduced access and surrounded by sensitive buildings such as the Hospital de Nostra Senyora de Meritxell strongly conditioned the rhythm of the construction works. All the decisions taken were governed by the UNE standards, with the aim of minimizing the impact on the day-to-day activity of the area.

As this was an urban tunnel with a steep slope (6.9%), the maximum speed inside the tunnel was initially limited to 60 kph, controlled by permanent speed cameras in both directions and vehicles of more than 3.5 tonnes were prohibited.

Design Criteria

Safety was given priority in the construction of this tunnel, particularly following the severe consequences of the fires that took place in the Mont Blanc tunnel in the Alps, the accident in Tauern in Austria in 1999 and, more recently, the accident in 2001 in the Saint Gotthard tunnel in Switzerland.



d'aquests fets el Parlament i el Consell Europeu van redactar la Directiva que es va publicar l'any 2004, sobre els requisits mínims de seguretat per als túnels de la xarxa transeuropea de carreteres.

Aquest document es basa en les directrius de la PIARC i la Circular interministerial francesa 2000-63, del mes d'agost de l'any 2000.

El túnel està dotat conseqüentment d'un sistema de seguretat extens i vigilància permanent, que inclou punts d'auxili, il·luminació, circuits tancats de televisió, senyalització variable, detecció de fums i incendis, ventilació, comunicació, subministrament elèctric, extintors i sortides d'emergència entre altres dispositius.

Com que no existeixen dos túnels de característiques ni condicionants idèntics, els sistemes de seguretat han d'adaptar-se a cada cas i no són tots ells extrapolables a altres túnels. El túnel del Pont Pla disposa dels sistemes avançats de seguretat i vigilància, i per això el nivell de seguretat en alguns aspectes és superior al previst en la normativa abans esmentada.

Gotthard, en Suïza. Después de de estos hechos el Parlamento y el Consejo Europeo redactaron la Directiva que se publicó en el año 2004, sobre los requisitos mínimos de seguridad para los túneles de la red transeuropea de carreteras.

Este documento se basa en las directrices de la PIARC y la Circular interministerial francesa 2000-63, del mes de agosto del año 2000.

El túnel está dotado consecuentemente de un sistema de seguridad extenso y vigilancia permanente, que incluye puntos de auxilio, iluminación, circuitos cerrados de televisión, señalización variable, detección de humos y incendios, ventilación, comunicación, suministro eléctrico, extintores y salidas de emergencia entre otros dispositivos.

Como no existen dos túneles de características ni condicionantes idénticos, los sistemas de seguridad tienen que adaptarse a cada caso y no son extrapolables a otros túneles. El túnel del Pont Pla dispone de los sistemas avanzados de seguridad y vigilancia, por lo que el nivel de seguridad en algunos aspectos es superior al previsto en la normativa antes mencionada.

Following these events, the European Parliament and Council drew up a directive that was published in 2004, on the minimum safety requirements for tunnels in the trans-European road network.

This document is based on the guidelines of the PIARC and French interministerial memo 2000-63 of August 2000.

Thus, the tunnel has an extensive safety and permanent surveillance system that includes SOS points, illumination, CCTV, variable signage, smoke and fire detection, ventilation, communication, electricity supply, fire extinguishers and emergency exits, among other facilities.

As no two tunnels have identical characteristics or conditions, the safety systems must adapt to each one and not all of them can be extrapolated to other tunnels. The Pont Pla has advanced safety and surveillance systems and so the level of safety is, in some aspects, higher than that provided for in the aforementioned regulations.



Dades de l'obra

El túnel del Pont Pla té una longitud de 1.260 m i un pendent màxim del 6,9%. Es tracta d'un túnel bidireccional amb dos carrils de 3,5 m, una mitjana central d'1,5 m, un voral per cada sentit de circulació de 0,75 m i dues voreres laterals de 0,60 m cadascuna.

El pendent important del túnel és un factor molt rellevant a l'hora d'analitzar la seva seguretat, cosa que va fer pensar al principi que podria ser l'origen d'una accidentalitat elevada.

El projecte inicial va ser objecte d'una revisió en profunditat, millorant el traçat, eliminant un tram recte de 700 m de longitud potencialment generador d'accidents i introduint un traçat sinuós per reduir la velocitat dels vehicles.

La consideració d'una mitjana central prou ampla d'1,5 m per separar adequadament les calçades ha estat un element que millora la seguretat i ha estat valorat molt positivament en els informes d'avaluació del túnel.

Datos de la obra

El túnel del Pont Pla tiene una longitud de 1.260 m y una pendiente máxima del 6,9%. Se trata de un túnel bidireccional con dos carriles de 3,5 m, una mediana central de 1,5 m, un arcén para cada sentido de circulación de 0,75 m y dos aceras laterales de 0,60 m cada una.

La pendiente importante del túnel es un factor muy relevante a la hora de analizar la seguridad del mismo, cosa que hizo pensar al principio que podría ser origen de una accidentabilidad elevada.

El proyecto inicial fue objeto de una revisión en profundidad, mejorando el trazado, eliminando un tramo recto de 700 m de longitud potencialmente generador de accidentes e introduciendo un trazado sinuoso para reducir la velocidad de los vehículos.

La consideración de una mediana central suficientemente amplia de 1,5 m para separar adecuadamente las calzadas ha sido un elemento determinante en la mejora la seguridad y ha sido valorado muy positivamente en los informes de evaluación del túnel.

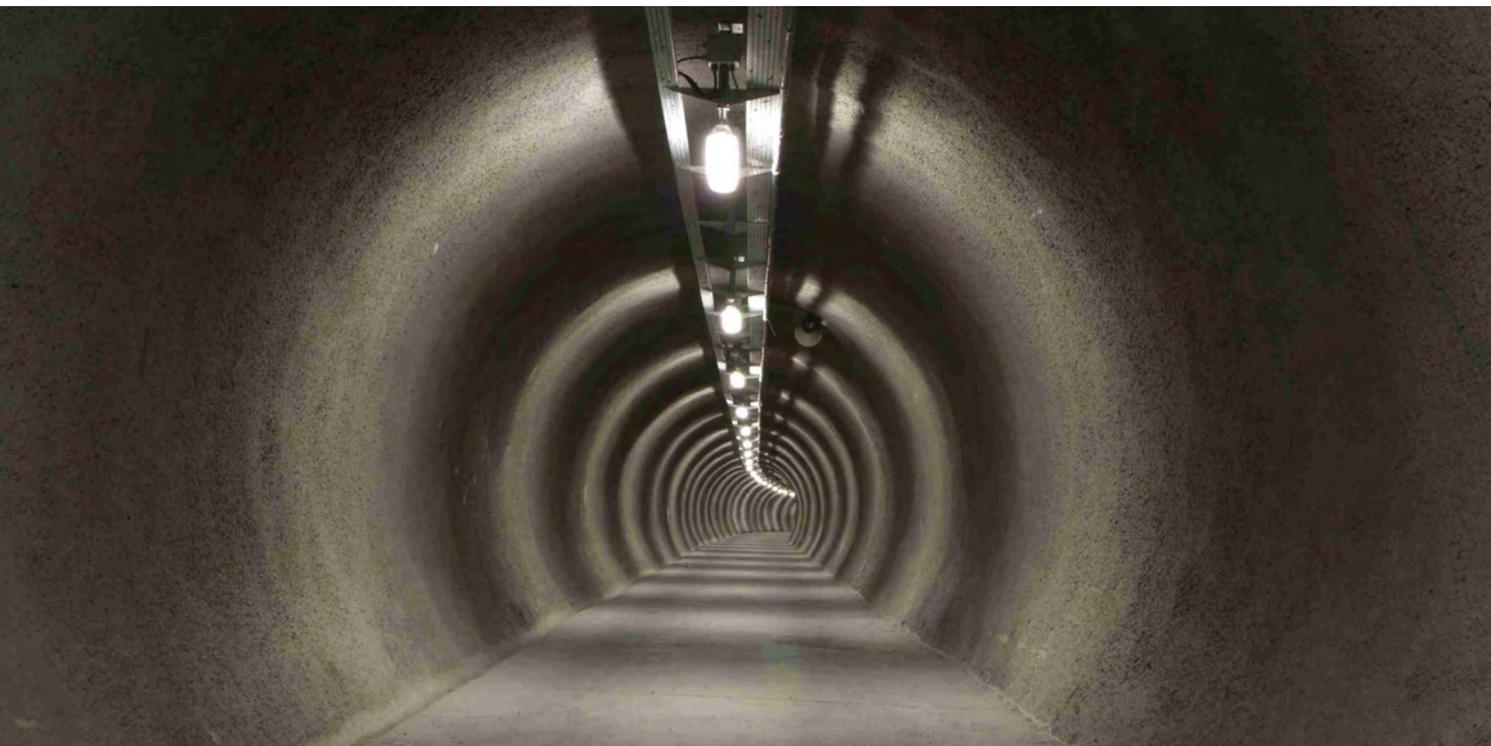
Project Data

The Pont Pla tunnel is 1260 m long and has a maximum incline of 6.9%. It is a two-way tunnel with two lanes measuring 3.5 m wide, a median measuring 1.5 m, a hard shoulder measuring 0.75 m in each direction and two side footpaths measuring 0.60 m.

The considerable slope of the tunnel is a highly relevant factor when analysing tunnel safety and initially led to the consideration that it could be the cause of a high accident rate.

The initial project was thoroughly revised to improve the trajectory and eliminate a straight of 700 m that could potentially have led to accidents; a winding trajectory was introduced to slow vehicles down.

The 1.5-m central median to properly separate the two lanes was an element that improved safety and that has been positively rated by in the tunnel's evaluation reports.



El túnel compta amb dos eixamplaments en sentit ascendent i un en sentit descendent, a més de la galeria d'interconnexió central que permet el pas de vehicles des de la galeria d'emergència que es disposa paral·lelament al túnel.

Galeria d'evacuació

El túnel disposa d'una galeria d'evacuació paral·lela de 1.225 m de longitud, de secció circular de 15 m² connectada al túnel mitjançant galeries d'escapament. En total comporta 7 galeries (cada 160 m aproximadament) degudament sectoritzades i pressuritzades, en situació d'emergència. Aquesta galeria ha estat aprofitada per disposar les instal·lacions de seguretat i les canalitzacions corresponents a FEDA (Forces Elèctriques d'Andorra) i STA (Societat de Telèfons d'Andorra). Aquesta ubicació proporciona total llibertat per modificar o reparar qualsevol instal·lació sense haver de fer tallis parcials i reduccions de calçada al túnel principal.

El túnel cuenta con dos ensanches en sentido ascendente y uno en sentido descendente, además de la galería de interconexión central que permite el paso de vehículos desde la galería de emergencia que se dispone paralelamente al túnel.

Galeria de evacuación

El túnel dispone de una galería de evacuación paralela de 1.225 m de longitud, de sección circular de 15 m² conectada al túnel mediante galerías de escape. En total comporta 7 galerías (cada 160 m aproximadamente) debidamente sectorizadas y presurizadas, en situación de emergencia. Esta galería ha sido aprovechada para disponer las instalaciones de seguridad y las canalizaciones correspondientes a FEDA (Fuerzas Eléctricas de Andorra) y STA (Sociedad de Teléfonos de Andorra). Esta ubicación proporciona total libertad para modificar o reparar cualquier instalación sin tener que hacer cortes parciales y reducciones de calzada en el túnel principal.

The tunnel has two wide sections on the climb and one on the descent, as well as an interconnecting central tunnel that allows access by vehicles from the emergency tunnel that runs parallel to the main tunnel.

Evacuation Tunnel

The tunnel has a 1225-m-long parallel evacuation tunnel with a circular section of 15 m², which is connected to the main tunnel by means of escape tunnels. There are a total of 7 escape tunnels (approximately every 160 m), duly sectorized and pressurized in emergency situations. This evacuation tunnel has been used to locate the safety facilities and FEDA (Andorra Electric Company) and STA (Andorra Telephone Company) ducting. This location allows total freedom to modify or repair any of the facilities without having to perform partial stoppages and narrowing of the lanes of the main tunnel.



OBRA CIVIL

Proces constructiu del túnel

El procediment constructiu per excavar el túnel va constar de dues fases. Una primera d'avanç, que es va realitzar mitjançant una màquina tuneladora, i una segona fase d'execució a secció completa, basada en la utilització d'explosius. La galeria d'evacuació es va excavar íntegrament amb tuneladora. De fet, en disposar de la màquina tuneladora, es va considerar oportú iniciar l'obra del túnel amb una excavació mecànica a la part central per tal de reduir l'efecte de les voladures en àmbit urbà. Posteriorment es va excavar la resta de la secció amb explosius.

El procés utilitzat en l'execució del túnel ha emprat la tecnologia i elements de construcció del Nou Mètode Austríac.

Per poder controlar les possibles deformacions, el mètode requereix la previsió d'un pla d'auscultació i de control del front que ha permès detectar aquells punts de la secció del túnel excavada on es podien produir deformacions

OBRA CIVIL

Proceso constructivo del túnel

El procedimiento constructivo para excavar el túnel constó de dos fases. Una primera de avance, que se realizó mediante una máquina tuneladora, y una segunda fase de ejecución a sección completa, basada en la utilización de explosivos. La galería de evacuación se excavó íntegramente con tuneladora. De hecho, al disponer de la máquina tuneladora, se consideró oportuno iniciar la obra del túnel con una excavación mecánica en la parte central para reducir el efecto de las voladuras en ámbito urbano. Posteriormente se excavó el resto de la sección con explosivos.

El proceso utilizado en la ejecución del túnel ha utilizado la tecnología y elementos de construcción del Nuevo Método Austriaco.

Para poder controlar las posibles deformaciones, el método requiere la previsión de un plan de auscultación y de control del frente que ha permitido detectar aquellos puntos de la sección del túnel excavada donde se podían producir deformaciones excesivas. Estos tramos requirieron

CIVIL ENGINEERING

Tunnel Construction Process

The construction process for excavating the tunnel consisted of two phases. The first, advance, phase took place using a tunnelling machine and the second full-section phase used explosives. The evacuation tunnel was excavated entirely using the tunnelling machine. Given the availability of the tunnelling machine, it was considered appropriate to commence the tunnel with mechanical excavation in the central part in order to reduce the effect of explosives on the urban environment. The rest of the section was then excavated using explosives.

The process used to build the tunnel used technology and construction elements from the New Austrian Model.

In order to control possible deformations, the method requires a sounding and monitoring plan for the front; this made it possible to detect point in the excavated section where







excessives. Aquests trams van requerir l'aplicació d'un sosteniment format per bulons, malla electrosoldada, formigó projectat i encavallades en els trams més conflictius.

Fase d'avanç. Galeria pilot

La fase d'avanç del túnel mitjançant una tuneladora va suposar grans avantatges en el decurs de l'obra:

- El fet de tenir una galeria pilot situada en posició central respecte de la secció definitiva del túnel va ajudar a disminuir considerablement la càrrega total d'explosiu utilitzada en l'arrencament del massís rocós en la fase de destrossa i es van eliminar possibles afectacions generades per les vibracions a l'entorn i l'ona aèria.
- Un aspecte a remarcar respecte de l'ús de la tuneladora és que va servir com a mètode d'exploració del massís. Aquesta informació respecte a la qualitat geotècnica del terreny va ser de gran interès per a la resta de l'obra, ja que va permetre de tenir una exploració completa a la manera d'un sondeig continu

la aplicación de un sostenimiento formado por bulones, malla electrosoldada, hormigón proyectado y cerchas en los tramos más conflictivos.

Fase de avance. Galería piloto

La fase de avance del túnel mediante una tuneladora supuso grandes ventajas en el curso de la obra:

- *El hecho de tener una galería piloto situada en posición central respecto a la sección definitiva del túnel ayudó a disminuir considerablemente la carga total de explosivo utilizada en el arranque del macizo rocoso en la fase de destroza y se eliminaron posibles afectaciones generadas por las vibraciones en el entorno y la onda aérea.*
- *Un aspecto a destacar respecto al uso de la tuneladora es que sirvió como método de exploración del macizo. Esta información respecto a la calidad geotécnica del terreno fue de gran interés para el resto de la obra, ya que permitió tener una exploración completa a modo de un sondeo continuo de grandes*

excessive deformations were a possibility. These sections required support in the form of pins, steel mesh, sprayed concrete and trusses in the most troublesome sections.

Advance Phase. Pilot Tunnel

The advance phase of the tunnel, using a tunnelling machine, provided considerable advantages over the course of the works:

- The pilot tunnel in a central position with respect to the final tunnel section helped considerably to reduce the total use of explosives used to blast the rock in the demolition phase and possible effects caused by the vibrations in the area and by the expansion waves were prevented.
- An interesting aspect of the use of the tunnelling machine was that it was used as a method of exploring the rock. This information on the geotechnical quality of the terrain was of great interest for the rest of the works as it allowed a complete exploration like a large-scale continuous



de grans dimensions. Aquesta exploració va limitar la incidència d'instabilitats i va determinar els tipus de sosteniment a aplicar a cada tram de túnel.

Aquest procediment d'avanç del túnel mitjançant tuneladora va tenir els passos següents:

- En primer lloc la tuneladora va realitzar avanços continuats, arribant a excavar fins a 20 metres els dies de màxim rendiment. Cal tenir present que les limitacions de desenrunament en àmbit urbà van limitar la capacitat d'excavació de la tuneladora.
- En segon lloc, es va valorar de manera continuada la qualitat geotècnica del massís excavat mitjançant l'estimació dels paràmetres RMR i Q de Barton.
- Finalment, en funció d'aquesta valoració es van aplicar els tipus de sosteniment més adients a cada tram consistents en malla electrosoldada, bulons i formigó projectat, amb la possible incorporació d'encavallades en zones on la qualitat del massís va resultar ser molt baixa.

dimensiones. Esta exploración limitó la incidencia de inestabilidades y determinó con mayor precisión los tipos de sostenimiento a aplicar en cada tramo del túnel.

Este procedimiento de avance del túnel mediante tuneladora tuvo los siguientes pasos:

- *En primer lugar la tuneladora realizó avances continuados, llegando a excavar hasta 20 metros los días de máximo rendimiento. Hay que tener presente que las limitaciones de desescombro en ámbito urbano limitaron la capacidad de excavación de la tuneladora.*
- *En segundo lugar, se valoró de manera continuada la calidad geotécnica del macizo excavado mediante la estimación de los parámetros RMR y Q de Barton.*
- *Finalmente, en función de esta valoración se aplicaron los tipos de sostenimiento más adecuados en cada tramo, consistentes en malla electrosoldada, bulones y hormigón proyectado, con la posible incorporación de cerchas en zonas donde la calidad del macizo resultó ser muy baja.*

sounding. This exploration limited the incidence of instability and determined the type of support to be used in each section of the tunnel.

This advance tunnel procedure using the tunnelling machine took place in the following steps:

- Firstly, the tunnelling machine made continuous progress, excavating up to 20 meters on the days of greatest progress. The limitations of rubble removal in an urban environment limited the excavation capacity of the tunnelling machine.
- Secondly, the geotechnical quality of the excavated rock was constantly assessed by estimating the RMR and Barton Q parameters.
- Finally, based on this assessment, the most appropriate type of support was applied to each section, using welded steel mesh, pins and sprayed concrete, with the occasional use of trusses in areas where the quality of the rock was very poor.



Un cop acabada l'excavació de la galeria pilot es va procedir a retirar la tuneladora pel seu interior fins a la parcel·la exterior de la boca Sud fent el recorregut invers.

El sistema de desenrunat durant aquesta fase va consistir en la col·locació d'una cinta transportadora. La runa generada al front era aprofitada al mòdul remuntador i seguidament es transportava fins a l'exterior de la parcel·la de la boca Sud i evacuada en camions a través del nucli urbà. La reduïda capacitat de l'amuntegament exterior, la limitació de trànsit en horari diürn i la saturació de vehicles en determinats moments van limitar el ritme d'execució de l'obra.

Excavació a secció completa

L'execució del túnel va comportar l'excavació a plena secció aprofitant la perforació executada prèviament per a la galeria pilot. L'entorn urbà de l'obra en la boca Sud on s'havia d'iniciar la fase de destrossa va obligar a dissenyar un sistema d'atac particular destinat a limitar en la mesura del possible les vibracions i el soroll a l'exterior de l'obra:

Una vez acabada la excavación de la galería piloto se procedió a retirar la tuneladora por el interior de la misma hasta la parcela exterior de la boca Sur haciendo el recorrido inverso.

El sistema de desescombro durante esta fase consistió en la colocación de una cinta transportadora. El escombro generado en el frente era acercado al módulo remontador y seguidamente se transportaba al exterior de la parcela de la boca Sur y evacuado en camiones a través del núcleo urbano. La reducida capacidad del acopio exterior, las limitaciones del tráfico en horario diurno y la saturación de vehículos en determinados momentos limitaron el ritmo de la ejecución de la obra.

Excavación a sección completa

La ejecución del túnel comportó la excavación a plena sección aprovechando la perforación ejecutada previamente para la galería piloto. El entorno urbano de la obra en la boca Sur donde se tenía que iniciar la fase de destrossa obligó a diseñar un sistema de ataque particular destinado a limitar en lo posible las vibraciones y el ruido al exterior de la obra:

Once excavation of the pilot tunnel was complete, the tunnelling machine was removed through the tunnel to the outside plot at the southern mouth, in reverse.

The rubble-removal system during this phase required the installation of a conveyor belt. The rubble generated at the tunnel front was taken up by an elevator module and then transported to the outside plot at the southern mouth and removed by lorries, through the town. The limited outside storage space, the limitations of daytime traffic and the saturation of vehicles at specific times limited the speed of the works.

Full-Section Excavation

Full-section excavation of the tunnel was carried out using the space excavated previously for the pilot tunnel. The urban environment at the southern mouth, where the demolition phase was to begin, required designing a specific attack system aimed at limiting vibrations and noise outside the site as far as possible:



- Una primera fase va consistir a eixamplar progressivament la secció de la galeria pilot en sentit nord. Aquest eixamplament es va produir en un punt situat a uns 100 metres de la boca Sud. L'excavació a secció variable es va realitzar en una longitud d'uns 30 metres fins a arribar a la secció definitiva del túnel.
 - En segon lloc, es va continuar amb l'excavació a plena secció durant aproximadament uns 50 metres més i seguidament es va excavar la primera galeria de connexió cap a la galeria d'evacuació per poder extreure'n la runa des de la mateixa galeria.
 - Un cop habilitat el pas cap a la galeria d'evacuació es va executar el túnel en sentit contrari, vers la boca Sud. Quan es va arribar a uns 14 metres d'aquesta boca es va iniciar l'atac des de l'exterior mitjançant una excavació exclusivament mecànica, avançant uns 8 metres. Arribats a aquest punt es va deixar d'excavar, tot i que es va construir un pas de 5 metres d'ample en el cordó de roca restant amb sosteniment provisional, i es va habilitar l'accés a l'interior del túnel.
- *Una primera fase consistió en ensanchar progresivamente la sección de la galería piloto en sentido norte. Este ensanchamiento se produjo en un punto situado a 100 metros de la boca Sur. La excavación a sección variable se realizó en una longitud de unos 30 metros hasta llegar a la sección definitiva del túnel.*
 - *En segundo lugar, se continuó con la excavación plena a sección durante aproximadamente unos 50 metros más y seguidamente se excavó la primera galería de conexión hacia la galería de evacuación para poder extraer los escombros desde la propia galería.*
 - *Una vez habilitado el paso hacia la galería de evacuación se ejecutó el túnel en sentido contrario, hacia la boca Sur. Cuando se llegó a unos 14 metros de esta boca se inició el ataque desde el exterior mediante una excavación exclusivamente mecánica, avanzando unos 8 metros. Llegados a este punto se dejó de excavar, aunque se construyó un paso de 5 metros de ancho en el cordón de roca restante con sostenimiento provisional, habilitado el acceso al interior*
- The first phase consisted of gradually expanding the section of the pilot tunnel in the northward direction. This expansion took place at a point 100 m from southern mouth. Variable-section excavation was carried out for a length of 30 m until the final section of the tunnel was achieved.
 - Secondly, full-section excavation continued for approximately 50 m and then the first side tunnel was dug to connect to the evacuation tunnel, in order to extract the rubble from the tunnel itself.
 - Once the passage to the evacuation tunnel was in place, the tunnel was built in the opposite direction, towards the southern mouth. When the works reached 14 m from this mouth, the attack from the outside began using exclusively mechanical excavation to approximately 8 m. At this point, excavation ceased, though a 5 m wide passage was built in the rock using provisional support, and access to the interior of the tunnel was enabled to



permetent el pas de camions. Finalment es va construir un portal de protecció a la boca Sud amb la funció de mitigar els efectes de l'ona aèria a l'exterior. Un cop va finalitzar aquesta fase complexa de l'excavació de l'entorn de la boca, es va prosseguir amb l'execució del túnel vers el Nord mitjançant avanços amb voladures de 3 i 4 metres. Es van utilitzar principalment detonadors electrònics, de major precisió per reduir l'efecte de les voladures.

Controls

Durant l'execució del túnel es va realitzar un control continu de la qualitat geotècnica del terreny mitjançant la descripció detallada dels fronts de manera que es pogués disposar de la informació necessària per jutjar el bon ajustament dels sosteniments.

Durant tota l'execució del túnel es van controlar les deformacions del túnel amb mesures de convergència que van revelar deformacions de petita magnitud.

del túnel, para permitir el paso de camiones. Finalmente se construyó un portal de protección en la boca Sur con el fin de mitigar los efectos de la onda aérea al exterior. Una vez finalizada esta fase compleja de la excavación del entorno de la boca, se prosiguió con la ejecución del túnel hacia el norte mediante avances con voladuras de 3 y 4 metros. Se utilizaron principalmente detonadores eléctricos, de mayor precisión para reducir el efecto de las voladuras.

Controles

Durante la ejecución del túnel se realizó un control continuo de la calidad geotécnica del terreno mediante la descripción detallada de los frentes de manera que se pudiera disponer de la información necesaria para juzgar el buen ajuste de los sostenimientos.

Durante toda la ejecución del túnel se controlaron las deformaciones del túnel con medidas de convergencia que revelaron deformaciones de pequeña magnitud.

allow lorries through. Finally, a protective door was built at the southern mouth in order to reduce the effects of the expansion waves on the outside. When this complex excavation phase around the mouth was completed, building began on the tunnel toward the north, blasting sections 3 and 4 m. Electronic detonators were mostly used as they were more accurate and reduced the effects of the blasting.

Controls

Continuous control of the geotechnical quality of the terrain was carried out during construction of the tunnel, using a detailed description of the fronts in order to provide the necessary information to determine the correct adjustment of the tunnel supports.

Throughout the construction of the tunnel, deformations in the tunnel were monitored using convergence measurements that revealed small-magnitude deformations.



INSTAL·LACIONS I EQUIPAMENTS DE SEGURETAT

El túnel del Pont Pla incorpora sistemes avançats i diversos per poder disposar d'un nivell alt de seguretat i vigilància en fase d'explotació que són fruit del treball conjunt i que recullen les pautes traçades pel Comitè de Túnel·s d'Andorra. Els aspectes més rellevants dels sistemes adoptats a l'obra es descriuen seguidament.

Subministrament d'energia

El túnel del Pont Pla disposa de doble connexió de servei amb línies de distribució de 20 kV totalment independents, però no de companyies diferents, ja que en aquesta zona d'Andorra això no és possible. Per aquest motiu es va decidir la interconnexió de les dues estacions transformadores mitjançant una línia de 20 kV per l'interior de la galeria d'evacuació. Aquesta és una commutació telecomandada, de manera que en cas d'una caiguda del

INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTOS DE SEGURIDAD

El túnel del Pont Pla incorpora sistemas avanzados y diversos para poder disponer de un nivel alto de seguridad y vigilancia en fase de explotación que son fruto del trabajo conjunto y que recogen las pautas trazadas por el Comité de Túneles de Andorra.

Los aspectos más relevantes de los sistemas adoptados en la obra se describen a continuación.

Suministro de energía

El túnel del Pont Pla dispone de doble acometida con líneas de distribución de 20 kv totalmente independientes, pero no de compañías diferentes, ya que en esta zona de Andorra esto no es posible. Por este motivo se decidió la interconexión de las dos estaciones transformadoras mediante una línea de 20 kv para el interior de la galería de evacuación. Esta es una conmutación telecomandada, de tal

SAFETY FACILITIES AND EQUIPMENT

The Pont Pla tunnel incorporates diverse advanced systems to provide a high level of safety and surveillance during the operating phase; these systems are the result of the joint work reflected in the guidelines of the Andorra Tunnels Committee.

The most relevant systems adopted in the works are described below.

Power Supply

The Pont Pla tunnel has a double supply with 20-kV distribution lines that are fully independent but not from different companies, as this is not possible in this part of Andorra. For this reason, it was decided to interconnect the two transformer stations by means of a 20-kV line inside the evacuation tunnel. This is a remote-controlled switch so that, in the event of a loss of power



subministrament elèctric d'un dels transformadors o en un dels seus anells, l'altre transformador és capaç de suportar tot el túnel.

El disseny del sistema de subministrament elèctric està plantejat amb un doble embarrat, un de normal i l'altre d'emergència, del qual penja tot allò que suporten els grups electrògens de 550 kVA cadascun d'ells, ubicats a l'exterior prop de les boques.

Igualment disposa d'un SAI's de 40 kVA, amb autonomia de 30 minuts, que suporta tots els dispositius bàsics de seguretat, inclòs un circuit d'enllumenat bàsic.

Enllumenat

El sistema d'enllumenat del túnel del Pont Pla està dissenyat per permetre a l'usuari adaptar-se als contrastos de llum entre l'interior i l'exterior. El túnel disposa dels quatre règims d'enllumenat clàssics: assolellat, ennuvolat, crepuscular i nocturn, controlats per mitjà de luminàncímetres, que permeten que els diferents nivells d'encesa

forma que en caso de caída del suministro eléctrico de uno de los transformadores o en uno de sus anillos, el otro transformador es capaz de soportar todo el túnel.

El diseño del sistema de suministro eléctrico está planteado con un doble embarrado, uno normal y otro de emergencia, del que cuelga todo aquello que soportan los grupos electrógenos de 550 kVA cada uno de ellos, ubicados en el exterior cerca de las bocas.

Igualmente dispone de un SAI's de 40 kVA, con autonomía de 30 minutos, que soporta todos los dispositivos básicos de seguridad, incluido un circuito de alumbrado básico.

Alumbrado

El sistema de alumbrado del túnel del Pont Pla está diseñado para permitir al usuario adaptarse a los contrastes de luz entre el interior y el exterior. El túnel dispone de cuatro regímenes de alumbrado clásicos: soleado, nublado, crepuscular y nocturno, controlados por medio de luminàncímetres que permiten que los diferentes

supply from one of the transformers or in one of its rings, the other transformer can supply the entire tunnel.

The design of the electric power supply system includes a double busbar, a normal busbar and an emergency one that distributes to everything supplied by the 550 kVa generators located outside, near the tunnel mouths.

It also has 40 kVa UPS with an operating time of 30 minutes, which support all the basic safety devices, including a basic lighting circuit.

Lighting

The Pont Pla tunnel lighting system is designed to allow users to adapt to the contrasts between interior and exterior lighting. The tunnel has the four classical lighting regimens: sunny, cloudy, twilight and night. These regimens are controlled by means of light meters that allow different levels of lighting that best approximate the visual field of the



s'adaptin amb major assimilació al camp de visió del conductor que s'aproxima a la boca del túnel. Aquest sistema suposa, a més, un estalvi que s'estima entre un 15 i un 20% del consum energètic anual.

Sistema de ventilació

En una primera fase de la revisió del projecte es van analitzar els possibles sistemes de ventilació per a un túnel tan singular, de curta longitud, elevat pendent i de condicions meteorològiques dispars entre les boques. Les condicions meteorològiques variables entre les dues boques i el fet d'estar situat el túnel en una vall molt tancada, determinen en alguns moments corrents d'aire de certa intensitat i canvis notables en les pressions, cosa que feia dubtar de l'eficàcia dels sistemes de ventilació en determinades circumstàncies. Es van valorar les alternatives de ventilació semitransversal i longitudinal i es va optar finalment per aquesta darrera opció amb el condicionant de disposar d'una galeria paral·lela d'evacuació molt ben connectada amb el túnel.

niveles de encendido se adapten con mejor asimilación al campo de visión del conductor que se aproxima a la boca del túnel. Este sistema supone, además, un ahorro que se estima entre un 15 y un 20% del consumo energético anual.

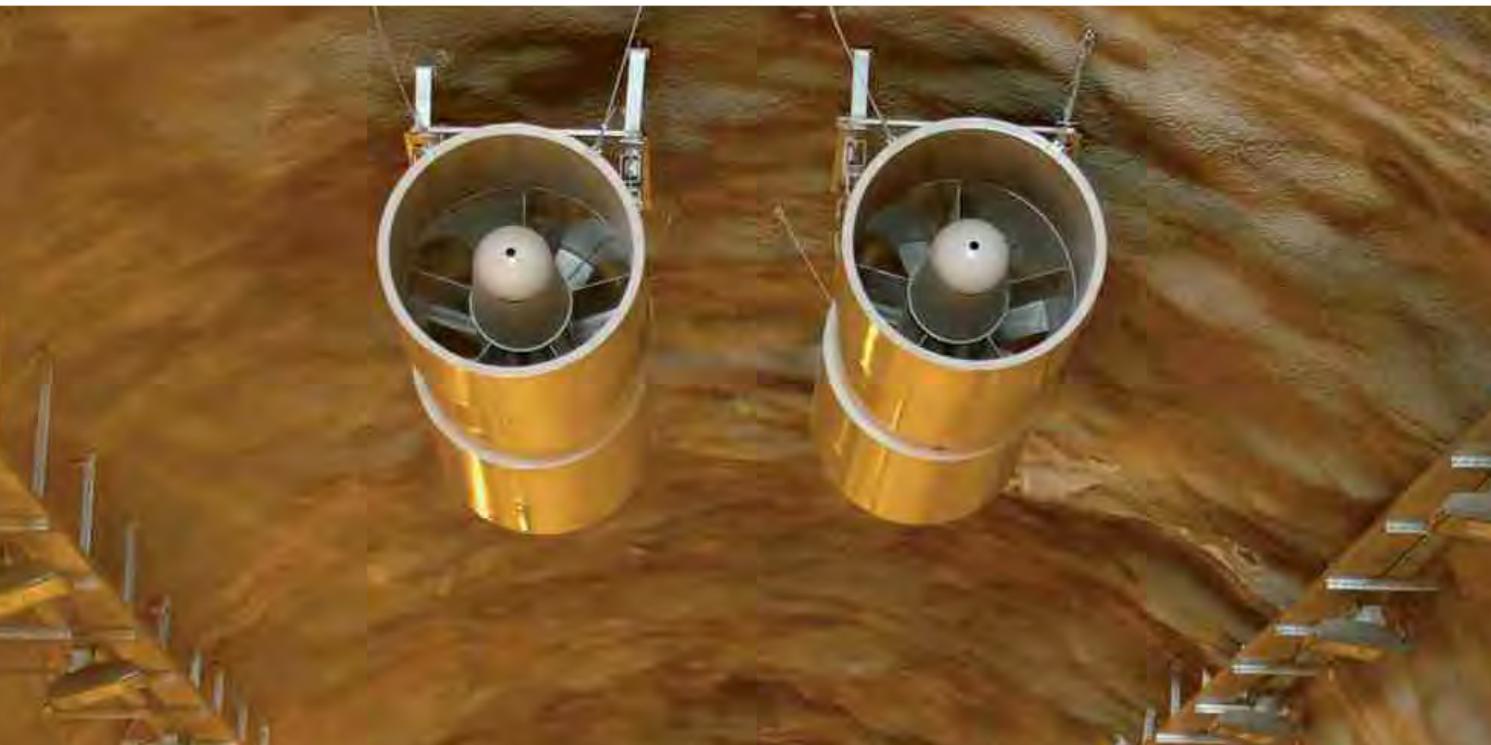
Sistema de ventilación

En una primera fase de la revisió del projecte se analizaron los posibles sistemas de ventilación para un túnel tan singular, de corta longitud, elevada pendiente y de condiciones meteorológicas dispares entre las bocas. Las condiciones meteorológicas variables entre las dos bocas y el hecho de estar situado en un valle muy cerrado, determinan en algunos momentos corrientes de aire de cierta intensidad y cambios notables en las presiones, cosa que hacía dudar de la eficacia de los sistemas de ventilación en determinadas circunstancias. Se valoraron las alternativas de ventilación semitransversal y longitudinal y se optó finalmente por esta última opción con el condicionante de disponer de una galería paralela de evacuación muy bien conectada con el túnel.

motorists approaching the mouth of the tunnel. This system also provides a saving of between 15% and 20% on annual electricity consumption.

Ventilation System

During the initial phase of the project revision, the possible ventilation systems for such a unique tunnel were analysed: a short tunnel with a steep slope and with different weather conditions at the two mouths. The variable weather conditions between the two mouths and the fact that the tunnel is located in a closed valley lead to considerable air currents at times and to notable changes in pressure; this led to doubts about the efficacy of certain ventilation systems in certain circumstances. The alternatives of semi-transversal and longitudinal ventilation were studied and it was finally decided to use the latter system, with the condition of having a parallel evacuation tunnel connected to the main tunnel.



Ventilació longitudinal

La primera restricció, per la singularitat del pendent i les limitacions de la ventilació, va ser destinar el túnel al trànsit exclusiu de vehicles lleugers en ambdós sentits de circulació, exclouent totalment el pas de vehicles pesants.

Es va projectar una instal·lació de ventilació de sistema longitudinal, mitjançant 18 ventiladors reversibles d'1,2 m de diàmetre, de 30 kW cadascun. Addicionalment, la seva orientació sud-nord en sentit ascendent permet la possibilitat de contrapressions de magnituds considerables en un i altre sentit. La intensitat del trànsit i el fet de desembocar en ple centre urbà a poca distància de la boca, incrementen el risc de col·lisions i condicionen les possibilitats d'extracció de fum. En aquest sentit, el pendent considerable del túnel i la seva secció transversal condicionen les possibilitats d'extracció de fum per l'existència d'un sentit preferent de propagació ascensional del fum a elevada velocitat que condiciona i limita les possibilitats d'actuació.

Ventilación longitudinal

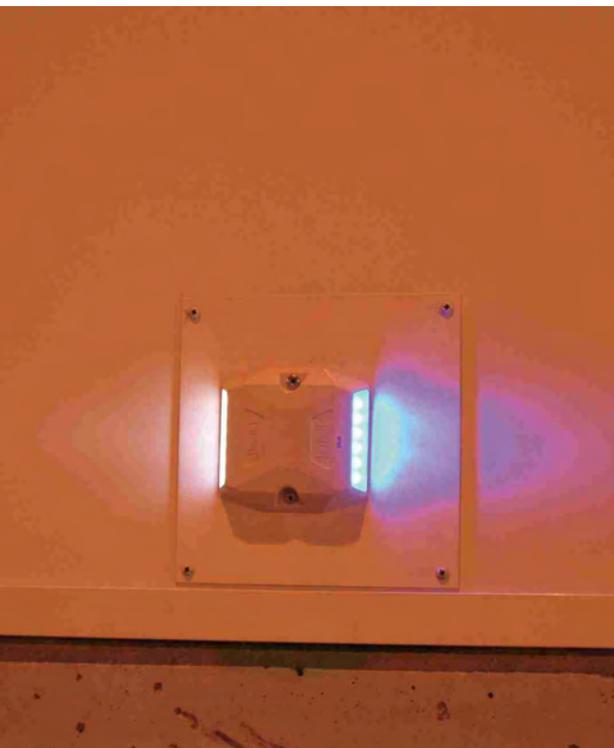
La primera restricción, por la singularidad de la pendiente y las limitaciones de la ventilación, fue destinar el túnel al tráfico exclusivo de vehículos ligeros en ambos sentidos de circulación, excluyendo totalmente el paso de vehículos pesados.

Se proyectó una instalación de ventilación de sistema longitudinal, mediante 18 ventiladores reversibles de 1,2 m de diámetro, de 30 kW cada uno. Adicionalmente, su orientación sur-norte en sentido ascendente permite la posibilidad de contrapresiones de magnitudes considerables en uno y otro sentido. La intensidad del tráfico y el hecho de desembocar en pleno centro urbano a poca distancia de la boca incrementan el riesgo de colisiones y condicionan las posibilidades de extracción de humo. En este sentido, la pendiente considerable del túnel y su sección transversal condicionan las posibilidades de extracción de humo por la existencia de un sentido preferente de propagación ascensional del humo a elevada velocidad que condiciona y limita las posibilidades de actuación.

Longitudinal Ventilation

The first restriction due to the singular nature of the slope and the limitations of the ventilation was the designation of the tunnel exclusively for light traffic in both directions, totally excluding the passage of heavy vehicles.

A longitudinal ventilation system was designed using 18 reversible fans of 1.2 m in diameter and 30 kW each. Additionally, the north-south orientation of the fans in the uphill direction meant that it was possible to achieve considerable counterpressure in both directions. The traffic density and the fact that the tunnel opens into the town centre at a short distance from the mouth increase the risk of collisions and limit the ability to extract fumes. In this regard, the considerable slope of the tunnel and its transverse section limit the ability to extract fumes due to the existence of a preferential high-speed upward direction for fume propagation that limits operating possibilities.



En moments d'intensitat elevada, l'extracció de fums per les boques en cas de sinistre pot afectar decisivament els ocupants dels vehicles, i per aquest motiu el disseny prioritza l'evacuació ràpida de les persones i posteriorment l'extracció dels fums.

La filosofia de la seguretat en el cas de sinistre pel que fa a la ventilació consisteix a controlar, tant com es pugui, el fum a l'interior del túnel, mentre s'evacua la gent amb rapidesa a través de la galeria.

La galeria paral·lela permet l'evacuació de les persones retingudes en cas d'incendi i constitueix el principal element de seguretat davant d'aquesta eventualitat. En aquest sentit, resulta primordial disposar d'aquests passos a curta distància. En el túnel del Pont Pla es va decidir realitzar 7 galeries d'interconnexió amb una separació màxima entre elles de 160 metres. Aquesta separació resulta netament inferior a la considerada habitualment fins al moment en altres túnels, per la qual cosa la seguretat d'evacuació en el túnel resulta molt elevada. Aquesta separació permet abandonar el túnel a

En momentos de intensidad elevada, la extracción de humos por las bocas en caso de siniestro puede afectar decisivamente a los ocupantes de los vehículos, por lo que el diseño prioriza la evacuación rápida de las personas y posteriormente la extracción de humos.

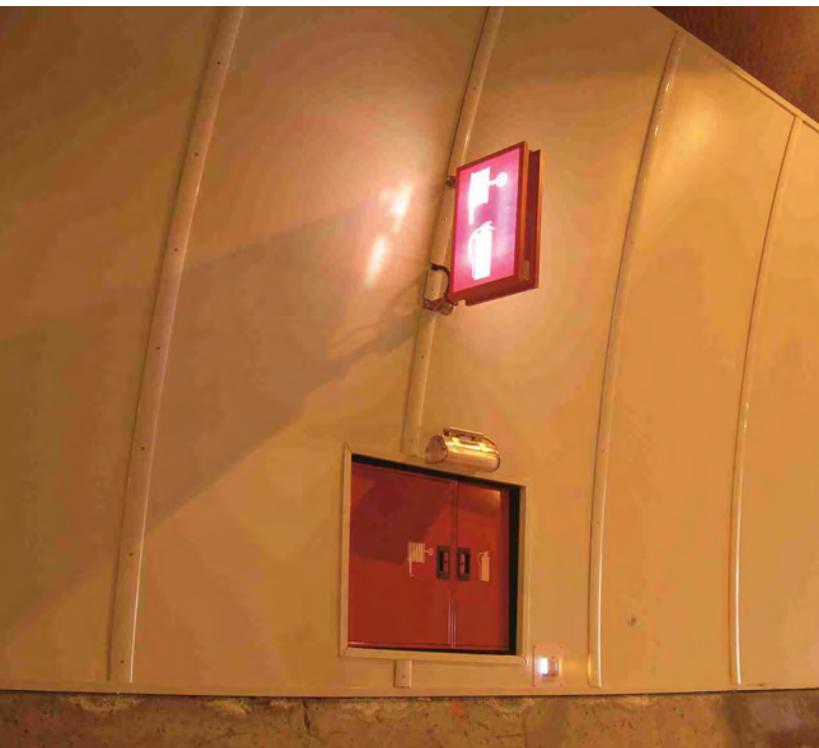
La filosofía de la seguridad en el caso de siniestro en cuanto a la ventilación consiste en controlar, en la medida de lo posible, el humo en el interior del túnel, mientras se evacua a los usuarios con rapidez a través de la galería.

La galería paralela permite la evacuación de las personas retenidas en caso de incendio y constituye el principal elemento de seguridad ante esta eventualidad. En este sentido, resulta primordial disponer de estos pasos a corta distancia. En el túnel del Pont Pla se decidió realizar 7 galerías de interconexión con una separación máxima entre ellas de 160 metros. Esta separación resulta netamente inferior a la considerada habitualmente hasta el momento en otros túneles, por lo que la seguridad en el túnel resulta muy elevada. Esta separación permite abandonar el túnel a pie, a ritmo de marcha normal, en un tiempo inferior

At times of high traffic density, fume extraction through the mouths in the event of an accident could have a decisive effect on vehicle occupants; for this reason, the design of a system for rapid evacuation of people was given priority over fume extraction.

The safety philosophy in the event of an accident means that ventilation consists of controlling, as far as possible, the fumes inside the tunnel while people are quickly evacuated through the evacuation tunnel.

The parallel tunnel allows evacuation of people stuck in the event of a fire and constitutes the main safety element in this event. In this regard, these passages at a short distance are essential. In the Pont Pla tunnel it was decided to build 7 connecting tunnels with a maximum distance of 160 m between them. This distance is lower than that usually found in other tunnels, thus considerably increasing safety in the evacuation of the tunnel. The distance means that it is possible



peu, a ritme de marxa normal, en un temps inferior als dos minuts. Aquest temps resulta òptim en la fase inicial, quan l'incendi encara no ha adquirit la màxima potència.

El control de la ventilació en situació de servei ordinari es regeix per mitjà del sistema de qualitat de l'aire, format per sensors que analitzen les característiques mediambientals a l'interior del túnel, opacímetres, detectors de monòxid de carboni i cabalímetres ("anemòmetres"). La ventilació en situació d'emergència es basa en els sistemes més avançats de detecció, com ara el Fibrolaser i la Detecció Automàtica d'Incidències (DAI), basada en la videodetecció aplicada al trànsit per mitjà del processat d'imatges de vídeo.

Ventilació auxiliar SAS

El túnel disposa d'un sistema de ventilació auxiliar, situat en les galeries d'interconnexió que comuniquen la galeria principal del túnel amb la galeria d'evacuació. Amb l'objectiu que no arribi mai el fum a l'interior de la galeria d'evacuació, és necessari provocar una lleugera sobrepressió mitjançant uns ventiladors

a dos minutos. Este tiempo resulta óptimo en la fase inicial, cuando el incendio todavía no ha adquirido la máxima potencia.

El control de la ventilación en situación de servicio ordinario se rige por medio del sistema de calidad del aire, formado por sensores que analizan las características medioambientales en el interior del túnel, opacímetros, detectores de monóxido de carbono y caudalímetros ("anemómetros"). La ventilación en situación de emergencia se apoya en los sistemas más avanzados de detección, como son el Fibrolaser y la DetECCIÓN Automática de Incidencias (DAI), basada en la video-detección aplicada al tráfico por medio del procesado de imágenes en vídeo.

Ventilación auxiliar SAS

El túnel dispone de un sistema de ventilación auxiliar, situado en las galerías de interconexión que comunican la galería principal con la galería de evacuación. Con el objetivo de que no llegue nunca el humo al interior de la galería de evacuación, es necesario provocar una ligera sobrepresión mediante unos ventiladores

to leave the tunnel on foot, at normal walking speed, in less than 2 minutes. This time is optimum in the initial phase, when a fire has not yet acquired maximum strength.

Ventilation control in normal service is regulated by means of the air-quality system, which is made up of sensors that analyse the environmental conditions inside the tunnel-opacimeters, CO detectors and anemometers. Emergency ventilation relies on more advanced detection systems, such as the fiberoptic laser and automatic fire detection (AFD), based on video-detection applied to traffic using video image processing.

SAS Auxiliary Ventilation

The tunnel has an auxiliary ventilation system located in the connecting tunnels that communicate the main tunnel with the evacuation tunnel. In order for smoke never to reach the inside of the evacuation tunnel, it is necessary to maintain slight positive pressure by means of fans in the



disposats en els passos entre galeries, impulsant un flux d'aire des de la galeria auxiliar cap a l'interior, de manera que impedeixi l'entrada del fum en quedar les portes obertes durant el temps d'evacuació. El sistema consta per a cadascuna de les galeries de connexió de dos ventiladors axials (un de reserva) que treballen a baixa velocitat en condicions ordinàries d'exploració i a velocitat alta en situació d'emergència.

Sistema contra incendis

Un altre dels elements de seguretat importants és el seu sistema contra incendis, amb una xarxa d'aigua conjunta per a hidrants i BIE's al llarg de tot el túnel, alimentat per un dipòsit de 170 m³ ubicat a la boca nord del túnel. L'alimentació del dipòsit es fa mitjançant la captació directa al riu, que alimenta el dipòsit, i d'allà es distribueix l'aigua mitjançant un grup de pressió ubicat també a la boca nord. La xarxa d'aigua consisteix en una canonada soterrada que alimenta un conjunt d'hidrants cada 160 m, ubicats en nínxols, a més d'hidrants exteriors

dispuestos en los pasos entre galerías, impulsando un flujo de aire desde la galería auxiliar hacia el interior, de manera que impida la entrada del humo al quedar las puertas abiertas durante el tiempo de evacuación. El sistema consta para cada una de las galerías de conexión de dos ventiladores axiales (uno de reserva) que trabajan a baja velocidad en condiciones ordinarias de explotación y a velocidad alta en situación de emergencia.

Sistema contra incendios

Otro de los elementos de seguridad importantes es su sistema contra incendios, con una red de agua conjunta para hidrantes y BIE's a lo largo de todo el túnel, alimentado por un depósito de 170 m³ ubicado en la boca norte del túnel. La alimentación del depósito se hace mediante la captación directa al río, que alimenta el depósito, y de allí se distribuye el agua mediante un grupo de presión ubicado también en la boca norte. La red de agua consiste en una conducción sepultada que alimenta un conjunto de hidrantes cada 160 m, ubicados en nichos, además de

connecting tunnels, driven by the airflow from the auxiliary tunnel to the inside, thus preventing smoke from entering when the doors are opened during evacuation. The system consists of two axial fans for each connecting tunnel (one reserve fan) that operate at low speed in normal conditions and at high speed in emergency conditions.

Fire Extinguishing System

Another important safety element is the fire-extinguishing system, with a water network consisting of sprinklers and fire hydrants all along the tunnel, fed from a 170-m³ tank located at the northern mouth of the tunnel. The tank is supplied with water taken directly from the river, which is then distributed by means of a pressure pump also located at the northern mouth. The water network consists of underground pipes that feed fire hydrants every 160 m, located in niches, as well as exterior hydrants and seven



i set hidrants més a la galeria d'evacuació. A més, hi ha derivacions de la canonada principal que alimenta les BIE's cada 45 metres aproximadament. La canonada de BIE's no està soterrada. Per aquest motiu s'ha instal·lat un cable calefactor al llarg de tota la canonada recoberta amb aïllant tèrmic que permet disposar-ne fins i tot a temperatures molt baixes (-20 °C).

El sistema de prevenció d'incendis incorpora una canonada d'evacuació de líquids contaminants i inflamables eventualment vessats a la calçada per evitar la propagació d'un incendi.

Detecció d'incendis

La detecció d'incendis es fa mitjançant un detector lineal de temperatura instal·lat a la clau del túnel i paral·lelament es disposa d'un sistema de detecció automàtica d'incidències (DAI). Tots els elements contra incendis, a més de la instrumentació de ventilació, porten un detector de porta oberta que generen un senyal d'alarma al centre de control.

hidrantes exteriores y siete hidrantes más en la galería de evacuación. Además, existen derivaciones de la cañería principal que alimenta las BIE's cada 45 metros aproximadamente. La conducción de BIE's no está enterrada. Por este motivo se ha instalado un cable calefactor a lo largo de toda la conducción recubierta con aislante térmico que permite disponer de ella incluso a temperaturas muy bajas (-20 °C).

El sistema de prevención de incendios incorpora una conducción de evacuación de líquidos contaminantes e inflamables eventualmente derramados en la calzada para evitar la propagación de un incendio.

Detección de incendios

La detección de incendios se hace mediante un detector lineal de temperatura instalado en la clave del túnel y paralelamente se dispone de un sistema de detección automática de incidencias (DAI). Todos los elementos contra incendios, además de la instrumentación de ventilación, llevan un detector de puerta abierta que generan una señal de alarma al centro de control.

more in the evacuation tunnel. There are also branches from the main pipes that feed the sprinklers approximately every 45 meters. The sprinkler pipes are not buried and therefore a heating cable has been installed throughout the length of the piping and covered with heat insulation, thus allowing the sprinklers to be used even in very low temperatures (-20°C).

The fire prevention system includes a liquid extraction system for pollutants and flammable liquids that may be spilled on the road, in order to prevent a fire spreading.

Fire Detection

Fire detection is performed by means of a linear temperature detector installed at the top of the tunnel, with a parallel automatic fire detection system. All the fire-prevention elements, together with the ventilation system, have a door-open detector that sets off an alarm signal in the control centre.



Sistemes de control i gestió del trànsit

La senyalització interior i exterior del túnel està formada per senyals de tecnologia led (panells de missatge variable, semàfors intermitents, panells i senyals gràfics variables amb indicacions i codi de circulació) per informar a l'usuari dels diferents esdeveniments que puguin succeir d'emergència o precaució.

La xarxa interna del túnel està configurada per una línia troncal de cable de fibra òptica amb la qual es configura una xarxa Gigabit Ethernet que uneix totes les Estacions Remotes de camp amb el centre de control local, i aquest amb el CIGT i el CECOT (el Centre de Control). El CECOT és el centre de control creat per al seguiment de tots els túnels del Principat. Aprofitant l'estructura de la xarxa interna del túnel, s'ha instal·lat un sistema de pals SOS IP que permeten aprofitar tots els avantatges de la redundància de la xarxa sobre la instal·lació estàndard de la línia SOS independent. Amb la mateixa filosofia es va instal·lar el sistema de megafonia, amb zones independents per al túnel, la galeria d'evacuació i les galeries d'interconnexió. Igualment hi ha instal·lats 2 radars que controlen la velocitat dels vehicles.

Sistemas de control y gestión del tránsito

La señalización interior y exterior del túnel está formada por señales de tecnología led (paneles de mensaje variable, semáforos intermitentes, paneles y señales gráficas variables con indicaciones y código de circulación) para informar al usuario de los diferentes acontecimientos que puedan suceder de emergencia o precaución.

La red interna del túnel está configurada para una línea troncal de cable de fibra óptica con la que se configura una red Gigabit Ethernet que une todas las Estaciones Remotas de campo con el centro de control local, y éste con el CIGT y el CECOT (el Centro de Control). El CECOT es el centro de control creado para el seguimiento de todos los túneles del Principado. Aprovechando la estructura de la red interna del túnel, se ha instalado un sistema de postes SOS IP que permiten aprovechar todas las ventajas de la redundancia de la red sobre la instalación estándar de la línea SOS independiente. Con la misma filosofía se instaló el sistema de megafonía, con zonas independientes para el túnel, la galería de evacuación y las galerías de interconexión. Igualmente hay instalados 2 radares que controlan la velocidad de los vehículos.

Traffic Control and Management Systems

Signage inside and outside the tunnel uses LED technology (variable message panels, flashing traffic lights, variable graphic panels and signals with indications and traffic codes) to inform users of the different events that may take place either emergency or caution.

The internal tunnel network is made up of a central line of fiberoptic cable making up a gigabit Ethernet network that connects all the remote stations of the field with the local control centre and connects the local control centre to the CIGT and the CECOT (control centre). The CECOT is the control centre created to monitor all the tunnels in Andorra. The internal structure of the tunnel has been used to install a system of IP SOS posts that provide all the advantages of redundancy of the network on a standard installation of the independent SOS line. Using the same philosophy, the PA system was installed with independent zones for the main tunnel, the evacuation tunnel and the connecting tunnels.

Two radars were also installed to monitor the speed of the vehicles.



PERIODE DE PROVES

Un cop acabats els treballs de pavimentació del túnel del Pont Pla, es van donar per acabats els treballs bàsics d'execució de l'obra. Des d'aquell moment fins a l'obertura i posada en servei del túnel i seguint la planificació acordada amb el Comitè de Túnel d'Andorra, es van dur a terme, d'una banda, treballs d'acabat d'instal·lació i posada en marxa d'equips i sistemes i, d'altra banda, es va obrir el període de proves i la realització d'una prova de fums i un simulacre d'evacuació de ferits en un accident, amb l'objectiu de poder obrir el pas als vehicles amb les màximes garanties de seguretat.

Prova de fums

Es va realitzar una prova de fums a l'interior del túnel del Pont Pla, que va consistir en tres actuacions. La primera prova, de major magnitud, es va ubicar aproximadament a la part central del túnel, mentre que les altres dues es van dur a terme a la boca nord i la boca sud respectivament.

PERIODO DE PRUEBAS

Una vez acabados los trabajos de pavimentación del túnel del Pont Pla, se dieron por acabados los trabajos básicos de ejecución de la obra. Desde aquel momento hasta la apertura y puesta en servicio del túnel y siguiendo la planificación indicada por el Comité de Túneles de Andorra, se llevaron a cabo, por una parte, trabajos de acabado de instalación y puesta en marcha de equipos y sistemas y, por otra, se abrió el periodo de pruebas y la realización de una prueba de humos y un simulacro de evacuación de heridos en un accidente, con el objetivo de poder abrir el paso a los vehículos con las máximas garantías de seguridad.

Prueba de humos

Se realizó una prueba de humos en el interior del túnel del Pont Pla, que consistió en tres actuaciones. La primera prueba, de mayor magnitud, se ubicó aproximadamente en la parte central del túnel, mientras que las otras dos se llevaron a cabo en la boca norte y la boca sur respectivamente.

TEST PERIOD

Once the paving work was finished on the Pont Pla tunnel, the basic construction work was deemed to be finished. From that moment until the tunnel opened and entered into service, in accordance with the schedule agreed with the Andorra Tunnels Committee, work was carried out to finish installation of the facilities and start up equipment and systems, and the test period was started; a fume test was performed, as was a simulated evacuation of injured people in an accident, with the aim of opening to traffic under the maximum safety guarantees.

Smoke Test

A smoke test, consisting of three actions, was carried out inside the Pont Pla tunnel. The first test, and the largest, was located approximately in the middle of the tunnel and the other two tests were carried out at the northern and southern mouths, respectively.



L'objectiu principal de la prova de fums era comprovar la implementació i avaluar el funcionament de l'algoritme de ventilació en servei d'emergència (incendi) a l'interior del túnel, buscant situacions extremes com podien ser situar el focus prop de les boques, i observar el comportament de la ventilació amb l'elevat pendent del túnel. Les proves realitzades van permetre constatar que el sistema d'encesa de la ventilació va permetre confinar satisfactòriament el fum durant la fase d'evacuació de les persones i d'expulsar seguidament el fum ràpidament en sentit ascendent.

Simulacre d'accident

D'altra banda, es va dur a terme el simulacre d'accident a l'interior del túnel, basat en el protocol establert pel Ministeri de l'Interior i pel Comitè de Túnel·s d'Andorra, que preveia l'escenificació d'un xoc frontal entre dos vehicles i un tercer vehicle (furgoneta) implicat, amb bloqueig de la calçada a 350 m de la boca Sud i amb un total de quatre persones afectades amb diferents estats de gravetat.

El objetivo principal de la prueba de humos era comprobar la implementación y evaluar el funcionamiento del algoritmo de ventilación en servicio de emergencia (incendio) en el interior del túnel, buscando situaciones extremas como podían ser situar el foco cerca de las bocas, y observar el comportamiento de la ventilación con la elevada pendiente del túnel. Las pruebas realizadas permitieron constatar que el sistema de encendido de la ventilación permitió confinar satisfactoriamente el humo durante la fase de evacuación de las personas y expulsar seguidamente el humo rápidamente en sentido ascendente.

Simulacro de accidente

Por otro lado, se llevó a cabo el simulacro de accidente en el interior del túnel, basado en el protocolo establecido por el Ministerio del Interior y por el Comité de Túneles de Andorra, que preveía la escenificación de un choque frontal entre dos vehículos y un tercer vehículo (furgoneta) implicado, con bloqueo de la calzada a 350 m de la boca Sur y con un total de cuatro personas afectadas con diferentes estados de gravedad.

The main objective of the test was to verify the implementation and evaluate the operation of the ventilation algorithm in emergency conditions (fire) inside the tunnel, seeking extreme conditions, such as placing the focus of the fire close to the mouths, and observing the behaviour of the ventilation with the steep slope of the tunnel. The tests showed that the ventilation start-up system was able to satisfactorily confine the smoke while evacuating people and to rapidly expel the smoke in the upward direction.

Accident Simulation

An accident simulation was also carried out inside the tunnel, based on the protocol established by the Interior Ministry and the Andorra Tunnels Committee, which provided for a head-on collision between two vehicles and a third vehicle (van) involved, causing a blockage of the lane 350 m from the southern mouth, with a total of four people injured to different degrees.











Aquest simulacre es va plantejar amb la finalitat de coordinar l'actuació simultània de tots els organismes externs implicats amb el Pla d'Emergència Exterior i el personal d'exploració del túnel del Pont Pla. D'altra banda, un dels altres punts importants a avaluar durant la prova va consistir a observar els temps d'actuació del cos de bombers, cos de policia i SUM (Servei d'Urgències Mèdiques). El simulacre va posar a prova la capacitat de comunicació i d'intervenció conjunta dels cossos implicats, que va resultar òptima i amb un temps molt reduït.

Formació dels tècnics

Els tècnics que participen en l'exploració, i en particular els tècnics que actuen a les sales de control, han rebut una formació completa sobre el túnel i la seva seguretat, adaptada al Pla de seguretat i emergència de l'obra. En la redacció d'aquest Pla hi han participat els cossos de Bombers i de Policia i els membres integrants han rebut una formació específica adaptada al túnel, per tal de disposar de la màxima seguretat durant la seva exploració.



Este simulacro se planteó con la finalidad de coordinar la actuación simultánea de todos los organismos externos implicados con el Plan de Emergencia Exterior y el personal de explotación del túnel del Pont Pla. Por otra parte, uno de los otros puntos importantes a evaluar durante la prueba consistía en observar el tiempo de actuación del cuerpo de bomberos, cuerpo de policía y SUM (Servicio de Urgencias Médicas). El simulacro puso a prueba la capacidad de comunicación y de intervención conjunta de los cuerpos implicados que resultó óptima y con un tiempo muy reducido.

Formación de los técnicos

Los técnicos que participan en la explotación, y en particular los técnicos que actúan en las salas de control, han recibido una formación completa sobre el túnel y la seguridad del mismo, adaptada al Plan de seguridad y emergencia de la obra. En la redacción de este Plan han participado los cuerpos de Bomberos y de Policía y los miembros integrantes han recibido una formación específica adaptada al túnel, para disponer de la máxima seguridad durante su explotación.

This simulation was designed with the aim of coordinating the simultaneous actions of all the outside bodies involved in the Exterior Emergency Plan and the Pont Pla tunnel operating personnel. Furthermore, one of the important points to evaluate during the test consisted of observing the action times of the fire brigade, the police, and the emergency medical services. The simulation tested the communication and joint intervention capacity of the bodies involved and the result was optimal, and carried out in a very short time.

Technician Training

The technical personnel operating the tunnel, particularly the technicians working in the control rooms, have received full training regarding the tunnel and its safety aspects, adapted to the project's safety and emergency plan. This plan was drafted with the participation of the fire brigade and the police and members of these two bodies who have received specific training adapted to the tunnel, in order to ensure maximum safety during the operation of the tunnel.

CONCLUSIÓ

Les especials característiques del túnel del Pont Pla, a causa de la seva ubicació en ple nucli urbà, les seves altes previsions de trànsit en hores punta i les seves característiques geomètriques han determinat l'adopció de mesures específiques de seguretat i equipaments complementaris per tal de garantir un alt grau de seguretat en la infraestructura.

Un cop finalitzat el túnel es pot palesar com cadascuna de les mesures preventives i les disposicions constructives adoptades han complert un objectiu comú de disposar d'una obra moderna i segura per als usuaris i, per tant, podem qualificar l'obra com un èxit sota aquest prisma.

El túnel del Pont Pla és una obra pionera dins del marc d'infraestructures del Principat d'Andorra, i constitueix des d'ara, sense cap mena de dubte, un referent sobre la manera d'actuar en futurs túnels immersos en entorns urbans similars. Naturalment, prova de l'èxit de l'obra ha estat el reconeixement internacional que ha rebut el túnel aquest 2008 per part del programa EuroTAP, on el túnel del Pont Pla d'Andorra la Vella ha estat qualificat com el millor túnel d'Europa.

CONCLUSIÓN

Las especiales características del túnel del Pont Pla, debido a su ubicación en pleno núcleo urbano, sus altas previsiones de tráfico en horas punta y sus características geométricas, han determinado la adopción de medidas específicas de seguridad y equipamientos complementarios para garantizar un alto grado de seguridad en la infraestructura.

Una vez finalizado el túnel se puede patentizar como cada una de sus medidas preventivas y sus disposiciones constructivas adoptadas han cumplido con un objetivo común de disponer de una obra moderna y segura para los usuarios y, por tanto, podemos calificar la obra como un éxito bajo este prisma.

El túnel del Pont Pla es una obra pionera dentro del marco de infraestructuras del Principado de Andorra y constituye, desde este momento, sin ninguna duda, un referente sobre como actuar en futuros túneles inmersos en entornos urbanos similares. Naturalmente, prueba del éxito de la obra ha sido el reconocimiento internacional que ha recibido el túnel este 2008 por parte del programa EuroTAP, donde el túnel del Pont Pla de Andorra la Vella ha sido cualificado como el mejor túnel de Europa.

CONCLUSIONS

The special characteristics of the Pont Pla tunnel, due to its location in a town centre and its high forecast traffic density at peak times, as well as its geometric characteristics, have determined the adoption of specific safety measures and complementary equipment to guarantee a high level of safety in the infrastructure.

With the tunnel finished, it is clear how each of the preventive measures and construction devices have fulfilled their common purpose of providing a modern and safe structure for users and, therefore, we can rate the project as a success by this criterion.

The Pont Pla tunnel is a pioneering work in the context of infrastructures in Andorra and, without a doubt, is a reference regarding how to act on future tunnels in similar urban environments. Naturally, the proof of the success of the work was the international acknowledgement that the tunnel received in 2008 from the EuroTAP programme, in which the Pont Pla tunnel in Andorra la Vella is the highest rated in Europe.

PARTICIPANTS

- Ministeri d'Ordenament Territorial, Urbanisme i Medi Ambient del Govern d'Andorra
- Comitè de Túnel d'Andorra
- Agència de Mobilitat d'Andorra

- **Empreses constructores:** FCC / Coima, Treballs Públics Daniel Armengol, Locubsa, Cevalls, Acisa i Emte

- **Enginyeries:** AZM / Euroconsult Andorra

- **Empresa explotació:** Aerco

PARTICIPANTES

- *Ministeri d'Ordenament Territorial, Urbanisme i Medi Ambient del Govern d'Andorra*
- *Comitè de Túnel d'Andorra*
- *Agència de Mobilitat d'Andorra*

- **Empresas constructoras:** FCC / Coima, Treballs Públics Daniel Armengol, Locubsa, Cevalls, Acisa y Emte

- **Ingenierías:** AZM / Euroconsult Andorra

- **Empresa explotación:** Aerco

PARTICIPANTS

- Ministeri d'Ordenament Territorial, Urbanisme i Medi Ambient del Govern d'Andorra
- Comitè de Túnel d'Andorra
- Agència de Mobilitat d'Andorra

- **Construction companies:** FCC / Coima, Treballs Públics Daniel Armengol, Locubsa, Cevalls, Acisa and Emte

- **Engineering companies:** AZM / Euroconsult Andorra

- **Operating company:** Aerco



