

ESTUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO DEL GRAN TUNEL DE LA VARIANTE FERROVIARIA DE PAJARES

A. LINARES-RIVAS DE EGUIBAR
ADARO

L. GONZALEZ DE VALLEJO
ADARO

J. SAINT-AUBIN RANZ
ADARO

Mediante nueve paneles una maqueta y un mural se exponen de modo gráfico y descriptivo los trabajos desarrollados en el estudio del Gran Túnel de la variante citada realizada desde Agosto de 1982 a Agosto de 1984 entre las provincias de León y Oviedo, en la Cordillera Cantábrica.

En el 1, se describen todas las fases desde los estudios previos hasta los sistemas de perforación y diseño del túnel, desarrollándose en los siguientes, de modo específico, cada una de las fases.

Así, en el 2, se refleja la cartografía geológica, escalas empleadas y fotogramas en que se apoyaron. En el panel 3 se describen de modo gráfico los 24 sondeos ejecutados y sus características. En el 4 los datos y ensayos realizados en los sondeos (identificación, muestreo, ensayos de permeabilidad, diafragmas, etc). En el 5, los ensayos de laboratorio con fotografías diagramas y láminas delgadas. En el 6 los datos geomecánicos tanto de afloramientos como de sondeos, así como un inventario de túneles existentes en la región de ferrocarril, carreteras y de la autopista León-Campomanes. El panel 7 describe las investigaciones in situ con medida de tensiones, sismica de refracción y levantamientos estratigráficos. El 8, las características y clasificaciones geomecánicas que establecen porcentajes litológicos en el túnel y las clases de roca presentes, así como la sectorización en 67 ramos. Finalmente el 9 ofrece los criterios en que se basaron el diseño y la construcción y las alternativas de trazado.

Completan la exposición un mural geológico a escala 1:12.500 de una franja con las dos alternativas en túnel y sus correspondientes cortes geológicos y, una maqueta en corcho, geológica a escala 1:25.000 (vertical 1:15.000), así mismo con los cortes.

El estudio consta de 9 volúmenes con 2.000 páginas y fue entregado a RENFE en Septiembre de 1984.

EL PROYECTO

La variante ferroviaria de Pajares, con una longitud de 46,100 kms, origen en La Robla (León) y término en Pola de Lena (Asturias) salva un desnivel de 450 metros y está dividida en tres tramos claramente diferenciados en función de las condiciones geológicas y de las soluciones adoptadas. Desde La Robla hasta la Boca Sur del Gran Túnel discurre el tramo C en el que se suceden puentes, trincheras y túneles. El tramo B que constituye el Gran Túnel, tiene una longitud de 21,6 kms, pendiente continua hasta la Boca Norte y, atraviesa de Sur a Norte la Cordillera Cantábrica. El tramo A discurre desde la Boca Norte del Gran Túnel hasta el término de la variante en Pola de Lena a lo largo del valle del Uerna desarrollando importantes desmontes y viaductos.

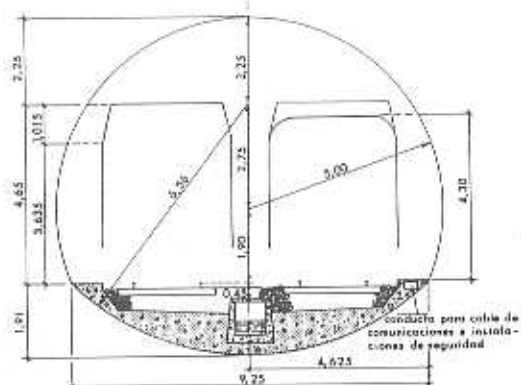
GRAN TUNEL

Se proyecta con una sección de 70 m² para vía doble previéndose construir paralelamente a él, un túnel de servicio de 5 m de diámetro separado de

(*) Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A.
Serrano, 116 - 28006 MADRID

aquél 30 metros. Esta galería piloto se utilizaría para instrumentación, drenaje, ventilación, accesos intermedios y servicio del túnel principal.

SECCION TIPO DE TUNEL DE VIA DOBLE



SECCION: 70.0m², PERIMETRO: 29.9m, SEC. LIBRE: 58.9m², REFUGIOS: cada 25m.

PROCESO DE ESTUDIO

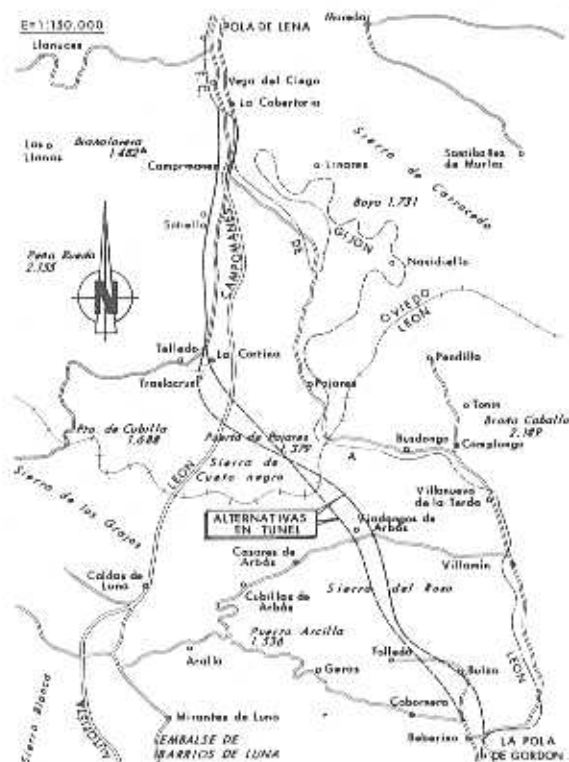
El estudio se inició con la definición geológica y geotécnica de una franja de terreno cuyo eje coincide con el trazado de la vía. Se conocen así los materiales y su estructura que han sido plasmados en secciones y plantas geológicas. Estimadas las tensiones a que se verá sometida la excavación del túnel, filtraciones de agua, posible presencia de gases, temperaturas en el interior, fracturación, deformabilidad, resistencia y alterabilidad de las rocas, etc., se clasificaron los macizos rocosos evaluando técnicas de excavación y arranque, sistemas de sostenimiento y, finalmente se recomendó un trazado alternativo y las condiciones geológico-geotécnicas de bocas y accesos.

TRABAJOS DESARROLLADOS

En base a cartografías geológicas a escalas 1:10.000 y 1:15.000, apoyadas en fotografías aéreas a color a escalas 1:25.000 y 1:6.000, se prepararon y ejecutaron sondeos mecánicos donde existían problemas geológico-estructurales. Los sondeos permitieron además la extracción de muestras de testigos, ensayos in situ de permeabilidad, diagráfias, medida de temperatura y gases, etc.

SONDEOS

La campaña programada consistió en la perforación de 24 sondeos verticales, inclinados y horizontales con un total de 4.300 metros y profundidades entre 15 y 735 metros según los recubrimientos del túnel. Se construyeron 14 kms de pistas y 19.000 m² de plataformas y, las cotas máxima y mínima de perforación, fueron la 594 y 1.446 respectivamente. Los trabajos duraron un año y fueron realizados por 9 técnicos, 40 operarios y 8 máquinas.



TRAZADOS DEL TUNEL

PROSPECCION GEOFISICA

La velocidad de propagación de ondas sísmicas es función de las características de los materiales a través de los que se propagan. Por ello, tanto en sondeos como en superficie se realizó una campaña de sísmica por refracción que permitió conocer la

ESTUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO TUNEL DE PAJARES

velocidad de transmisión de ondas longitudinales y transversales así como los módulos de rigidez y elasticidad de las diferentes rocas. Los perfiles, con un total de 1.000 metros lineales en boca Norte, permitieron establecer las zonas alteradas y sanas de las rocas y los recubrimientos de suelos. En los sondeos, convenientemente preparados, se empleó el método del "down hole" consistente en transmitir ondas a partir de una fuente superficial generadora de impulsos (maza), a través de las rocas, hasta un receptor colocado a diferentes profundidades en el interior del sondeo. Con este método se puede alcanzar una profundidad máxima de investigación de unos 70 metros, pero con resultados óptimos únicamente hasta 40-50 m.

DIAGRAFIA

En sondeos profundos, se emplearon sondas que, mediante un registro continuo, dan las respuestas de los distintos materiales afectados por emisiones eléctricas radiactivas y sónicas. Los registros son función de la litología, porosidad y tipo de fluido que rellena los poros. Durante la campaña se testificaron de este modo 2.500 metros determinándose la radiactividad natural, la densidad y la velocidad de propagación de ondas longitudinales.

MEDIDA DE TEMPERATURAS

Debido a la existencia de grandes recubrimientos sobre el túnel, se investigaron tanto los gradientes geotérmicos como la posible presencia de gases. Los resultados indican que, la temperatura a costa de túnel no sobrepasará los 20° C, mientras que, de existir gases únicamente en los materiales pizarrosos del carbonífero del sinclinal de Villamañán se desprenderían emanaciones de metano evaluadas como poco importantes.

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Estos ensayos fueron realizados en los sondeos mecánicos para obtener la permeabilidad de las litologías afectadas por el túnel mediante los métodos de Lugeon y Lefranc, idóneos para rocas fisuradas y suelos poco coherentes respectivamente. Los resultados obtenidos reflejan materiales impermeables o muy impermeables en la mayor parte de los macizos investigados.

TENSIONES IN SITU

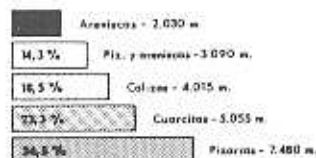
Para determinar el estado de tensiones residuales de las masas rocosas se efectuaron una serie de medidas en afloramientos basadas en la relajación que sufre una roca como consecuencia de su perforación. Los resultados obtenidos indican la existencia de un campo de esfuerzos según la dirección Norte-Sur.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron más de 1.000 ensayos destinados a establecer propiedades y parámetros geomecánicos de las rocas, fundamentalmente de resistencia, deformabilidad, alterabilidad, densidad, velocidad sónica, láminas delgadas y rayos X.

GEOMECANICA

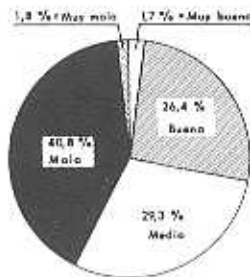
Las propiedades geomecánicas de las rocas que atravesará el túnel se han determinado a partir de datos de campo y de laboratorio. Clasificadas las rocas, se procedió a la sectorización del túnel distinguiendo 67 tramos, a cada uno de los cuales se asignó un número, longitud, litología, características hidrogeológicas, clasificación geomecánica de acuerdo con las clasificaciones existentes, parámetros geotécnicos (densidad, módulo de elasticidad, cohesión, ángulo de rozamiento interno, etc.), estado tensional, condiciones de estabilidad (avance en metros y tiempo de sostenimiento sin soporte), sistema de arranque y, finalmente, unas recomendaciones constructivas.



PORCENTAJES LITOLÓGICOS EN EL TUNEL

Las clasificaciones geomecánicas de las rocas se basan en una serie de parámetros, como, la resistencia, el espaciado, orientación y condiciones de las discontinuidades, la estructura geológica, filtraciones, estado tensional y calidad de la roca. Para el estudio del túnel se han considerado tres, se han comparado y, finalmente se han establecido los porcentajes de cada clase de roca entre (I) roca muy buena y (V) roca muy mala.

El inventario de túneles existentes en la región permitió contrastar los datos del estudio con la experiencia real en las mismas rocas.



PORCENTAJES DE CADA CLASE DE ROCA

BOCAS

La Boca Norte en Asturias está a una cota de 580 metros, mientras que la Sur, en León está a 1.030. Se han estudiado a escala 1:1.000 y, mientras la Sur se ubica en excelentes materiales con disposición estructural muy favorable, la Norte lo hace en materiales blandos en un valle cerrado y con depósitos inestables, por lo que se ha recomendado otra alternativa que la haga más viable.

ACCESOS INTERMEDIOS

Debido a la gran longitud del túnel se han considerado diversos puntos de ataque intermedios bien mediante pozos considerando su accesibilidad, litología, hidrogeología, estructura geológica, clasificación geomecánica, parámetros geotécnicos, etc. Finalmente han sido evaluados de acuerdo con todos esos parámetros.

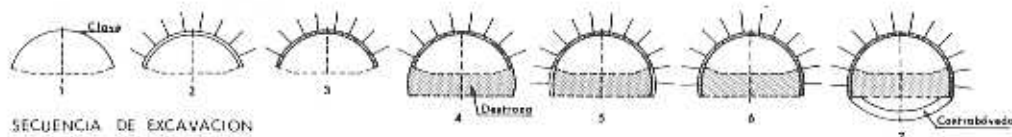
DISEÑO Y CONSTRUCCION

Las condiciones de estabilidad de los macizos se han estimado en función del tiempo de permanencia sin soporte y, de la distancia de avance sin sostenimiento. La secuencia de excavación y el tipo de sostenimiento a emplear han sido recomendados en función del estudio geomecánico, clasificaciones, elementos finitos, etc.

Para los métodos de excavación y arranque se han tenido en cuenta, la litología, fracturación, longitud del tramo, resistencia a compresión y tracción, abrasividad y sección de excavación. En cuanto al arranque se han establecido grupos según sean excavables con pala, minador, tuneladoras, explosivos, etc., recomendando en cada caso las condiciones más idóneas para su aplicación.

ALTERNATIVAS DE TRAZADO

Se han estudiado dos, una de 24,1 kms y otra de 21,6 kms. De las conclusiones del estudio se deduce que, la más corta mejora tanto las condiciones geológicas como estructurales y sitúa mejor los emplazamientos similares.



ESTUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO TUNEL DE PAJARES

T A B L A I

LA LINEA DE FF.CC LEON-GIJON
(En servicio desde 1884)

PROYECTO DE VARIANTE

- Un túnel de 21,6 kms.
- Sección de 70 m²
- Vía doble
- Reducción del recorrido entre Beberino (Asturias) y Tras la Cruz y la Cortina (Asturias) 33,5 kms.
- Reducción distancia León-Gijón en 37 kms.
- Punto más alto de la línea 1.030 m.

SITUACION ACTUAL DEL PASO DE LA CORBILLERA

- Longitud total de túneles Vertiente Asturiana de Pajares, 25.481 m.
- Longitud total de la Vertiente Asturiana 49.310 m.
- Porcentaje de túneles en la Vertiente Asturiana 52%
- Porcentaje en túnel entre La Perruca (León) y Puente de los Pielros (Asturias) 61%
- Número total de túneles en la Vertiente Asturiana 69
- Número total de viaductos en la Vertiente Asturiana, 9
- Longitud total de viaductos, 522 m.
- Punto más alto de la línea, 1.270 m.
- Pendientes de hasta 20 milésimas
- Sección de túnel inferior a 30 m²
- Vía única

T A B L A II

SONDEOS REALIZADOS

- 24 sondeos (13 verticales-10 inclinados-1 horizontal).
- 4.300 metros lineales (sondeo más corto de 15 m y el más largo de 735 m).
- 14 kms de pistas-19.000 m² de plataformas
- 1.000 metros lineales de sísmica de refracción. Down hole en 11 sondeos.
- 50 ensayos de permeabilidad-5 ensayos de medida de tensiones .
- 400 muestras parafinadas-2.000 ensayos de laboratorio.
- 1.100 metros lineales de control de temperatura en sondeos.
- 2.500 metros de diagráfias.
- 1.500 cajas de testigos almacenadas. Más de 2.500 fotografías a color

T A B L A III

ENSAYOS DE LABORATORIO

- Densidad
- Peso específico y absorción
- Rotura entre puntas
- Martillo Schmidt
- Contenido en carbonatos
- Velocidad sónica
- Triaxial
- Rozamiento diaclasas
- Durabilidad
- Ataque por sulfatos
- Tracción Brasileño
- Rotura a compresión simple con y sin bandas extensométricas

T A B L A IV

ESTUDIOS GEOLOGICOS

- 6.750 has. de cartografía geológica 1:5.000
- 10 has. de cartografía geológica 1:1.000
- 1.000 estaciones geomecánicas en afloramientos
- 187 láminas delgadas (petrografía y mineralogía)
- Estudios paleontológicos, palinológicos y petro_lógicos
- En la realización de este Estudio han participado 20 Técnicos y 40 Operarios, y el período de ejecución comprendió de agosto de 1982 a agosto de 1984
- Se materializó en 8 volúmenes con 2.000 páginas distribuidos en Memoria y Anexos de Geología, Planos, Sondeos, Investigaciones in situ, Propiedades Geotécnicas, Ensayos de Laboratorio y Estudios Geomecánicos.