

**ESTABILIZACIÓN MEDIANTE ANCLAJES DE LA BÓVEDA DEL FALSO TÚNEL DE URRITZA (NAVARRA)**

La Autovía A-15, Autovía del Leizarán que une Navarra y Guipúzcoa, discurre a la altura del PK 118 a media ladera por el valle del río Larraún. En esta zona la Autovía se proyectó con una estructura de falso túnel doble, uno para cada sentido de circulación, con una longitud de unos 250 m.

El proceso constructivo consistía por lo tanto en la excavación de un desmorte en roca de unos 30 m de altura máxima en el talud izquierdo y unos 15 m en el talud derecho, el montaje de la estructura que constituye el falso túnel, y el relleno posterior de material hasta reconstruir aproximadamente la topografía original de la ladera, tal y como se presenta en la fotografía de la Figura 1 adjunta.



Figura 1

El falso túnel se diseñó con elementos prefabricados de hormigón armado, simétricos respecto al eje de cada una de las calzadas. Cada una de las dovelas tiene una longitud de 2,30 m, y un espesor de 35 cm.

Debido probablemente a unos empujes asimétricos sobre la estructura del túnel de la calzada, sentido San Sebastián-Pamplona, producidos durante la fase de relleno, se detectaron movimientos y fisuras en las dovelas del túnel, que obligaron a disponer inmediatamente, un apuntalamiento provisional mediante celosías metálicas mientras se estudiaban las posibles soluciones para la estabilización de la estructura. Estos daños se detectaron en enero de 1.995, pocos meses antes de la apertura al tráfico de la Autovía.

Inicialmente se propuso una solución de anclajes ascendentes ejecutados desde el interior del túnel izquierdo, atravesando el relleno de material tipo todo-uno procedente de excavaciones en roca de desmontes próximos, hasta alcanzar la roca. Los esfuerzos totales a compensar eran del orden en 70 toneladas por metro lineal de túnel. La necesidad de que los anclajes fueran ascendentes se debía sobre todo a que la esbeltez de las dovelas de hormigón, previstas inicialmente para soportar empujes normales al túnel, dificultaba notablemente la disposición de los elementos de reparto, a medida que aumenta la desviación de la orientación de los anclajes respecto a una disposición radial al túnel.

Se analizaron las dificultades que suponía la ejecución de anclajes ascendentes en estas condiciones, debido sobre todo a la dificultad de atravesar el relleno todo-uno, y su permeabilidad, que hacían previsibles pérdidas de lechada durante su inyección, lo que dificulta enormemente el sistema de inyección de los anclajes y hacía necesario disponer en los taladros un tubo metálico perdido hasta empotrarlo en la roca después de atravesar el relleno. En definitiva este diseño de anclajes ascendentes complica su correcta ejecución, condicionada además por la necesidad de garantizar el adecuado funcionamiento de todos y cada uno de ellos, ya que no era posible repetir ninguno en caso de fallo, por su propia disposición en cada dovela, además de aumentar considerablemente la longitud total de anclaje a ejecutar, su coste unitario y por lo tanto el importe total de la solución.

A la vista de todas estas dificultades se optó por disponer anclajes ligeramente descendentes, con 5 grados de inclinación, y colocados lo más alto posible, compatible con el emplazamiento en cada punto de un equipo de perforación. En la Figura 2 se presenta una sección del túnel con las dos soluciones consideradas con anclajes ascendentes y descendentes. La solución se complementó con unos drenes subhorizontales perforados en la parte inferior del túnel con objeto de evitar la acumulación de agua en el relleno del trasdós del túnel, y un drenaje de la parte alta de la ladera mediante drenes californianos y una cuneta revestida.

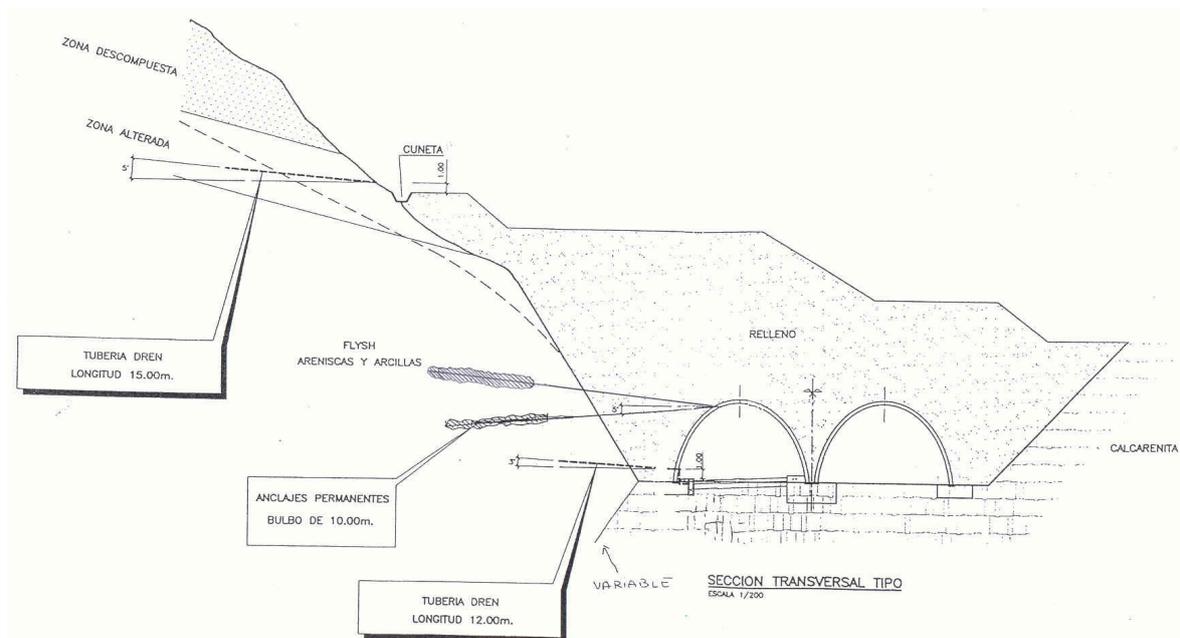


Figura 2

Se eligieron anclajes permanentes de doble protección, constituidos por ocho cordones de acero superestabilizado de 0,6", con un límite elástico conjunto de unas 190 toneladas, y una carga de servicio máxima de unas 110 toneladas, aunque se tensaron a una carga muy inferior, del orden de 40 toneladas, para no superar la capacidad de las dovelas de hormigón ante la deformabilidad del relleno del trasdós del túnel. En total se instalaron 54 anclajes dispuestos en 27 dovelas contiguas. Como elementos de reparto se diseñaron unas piezas metálicas constituidas por una lámina de acero a la que se había dado la curvatura de la dovela en esa zona, que llevaba soldado un cartabón de la inclinación adecuada, todo ello con un tratamiento galvanizado anticorrosión según se aprecia en la fotografía de la Figura 3.

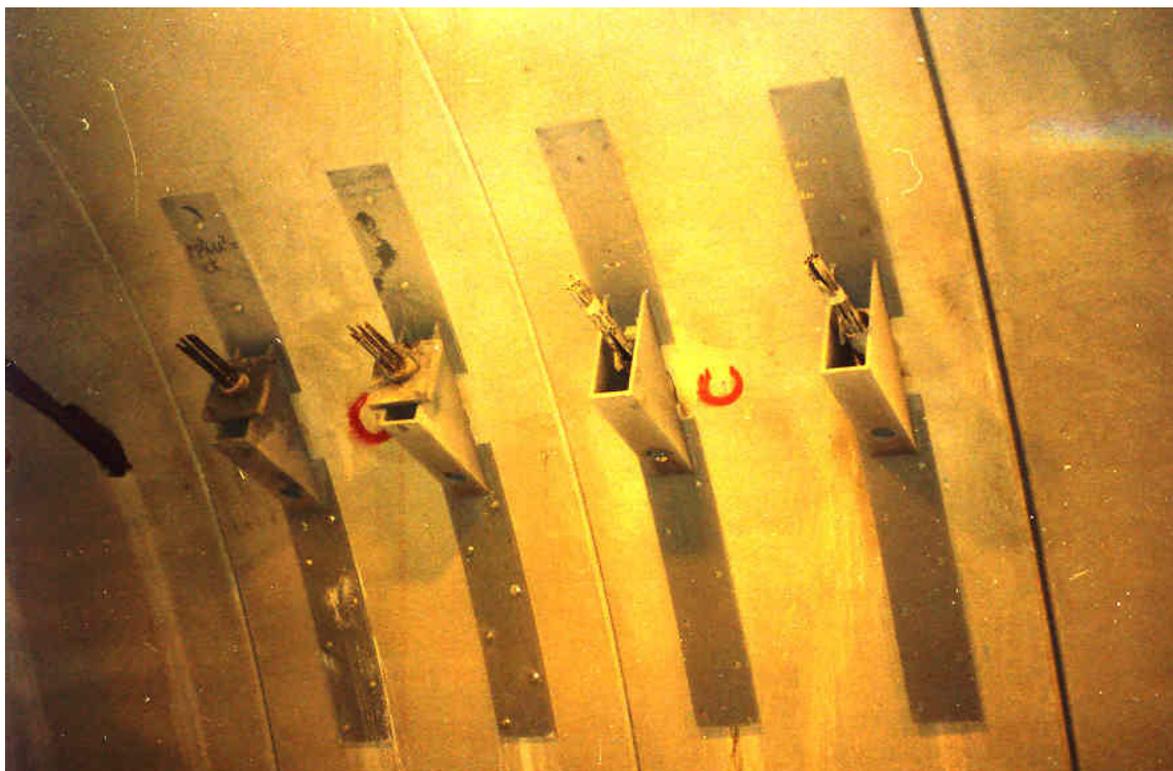


Figura 3

Precisamente, y con objeto de poder garantizar el funcionamiento de todos y cada uno de los anclajes del túnel, por las razones ya indicadas, se realizaron dos anclajes de prueba en el exterior del túnel de las mismas características que los previstos en el interior es decir de 8 cordones de 0,6" pero con longitudes de bulbo de 5 y 8 metros y 6 metros de longitud libre. En ambos casos durante las pruebas se alcanzaron cargas máximas próximas al límite elástico del cable con alargamientos equivalentes a la deformación elástica del propio cable. A la vista de los resultados de estas pruebas se fijó una longitud de bulbo de 10 metros para los anclajes definitivos, con una longitud libre variable entre 15 y 18 metros en función de la situación del contacto suelo-roca, y con la condición de que el bulbo comenzara una vez perforados 3 metros en roca sana.

La instalación de los anclajes se llevó a cabo utilizando un equipo de perforación hidráulico de tamaño reducido, de los que se emplean habitualmente para la ejecución de micropilotes en espacios de altura limitada, cuyo peso aproximado es de 2.500 kg, dispuesto sobre una plataforma de trabajo montada a su vez sobre una carretilla

elevadora sobre neumáticos, que apoyaba el equipo sobre un andamio modular que limitaba las vibraciones del equipo durante la perforación a rotoperusión. Se utilizó para la perforación un revestimiento provisional de 152 mm de diámetro, que se empleaba hasta alcanzar el contacto con la roca, terminando la perforación con 125 mm, hasta la profundidad total del anclaje en cada caso.

Además para la instalación del cable de anclaje en el interior de cada taladro antes de retirar la tubería de revestimiento provisional, se contó con la ayuda de una grúa auxiliar, ante la dificultad que suponía la situación del anclaje a unos 7 m de altura y muy próximo a la clave del túnel como puede apreciarse en la Figura 4.



Figura 4

El programa de obra elaborado para la ejecución de los trabajos condicionaba la retirada de la celosía de apuntalamiento de cada dovela, a que estuvieran instalados los anclajes en la dovela contigua, y ya tensados los de la dovela anterior, de manera que en ninguna fase de la obra estuvieran más de dos dovelas consecutivas sin sujeción. Este condicionante obligaba a cambiar continuamente el frente de trabajo de un extremo a otro, utilizando el otro túnel como acceso para el cambio de los equipos.

Con objeto de realizar durante la vida de la obra un seguimiento de los anclajes, y de los empujes sobre el túnel, se instalaron cinco células de carga de cuerda vibrante de 150 toneladas de capacidad. Como puede observarse en la Figura 5 adjunta las cargas iniciales de los 5 anclajes instrumentados variaban entre 33 y 39 toneladas cuando se instalaron las células de carga, y apenas se han observado cambios en las lecturas efectuadas durante los 7 años transcurridos desde la ejecución de los anclajes.

Descontando los tiempos empleados en la preparación de los materiales y equipos y en las pruebas previas, los 54 anclajes que suman una longitud total de 1.393 metros, se ejecutaron entre el 2 de marzo y 10 de abril de 1.995, trabajando de forma ininterrumpida incluyendo sábados y domingos, con un rendimiento medio de 22 metros de anclaje por turno de trabajo, que puede considerarse un éxito a la vista de las dificultades del emplazamiento y de la propia perforación.

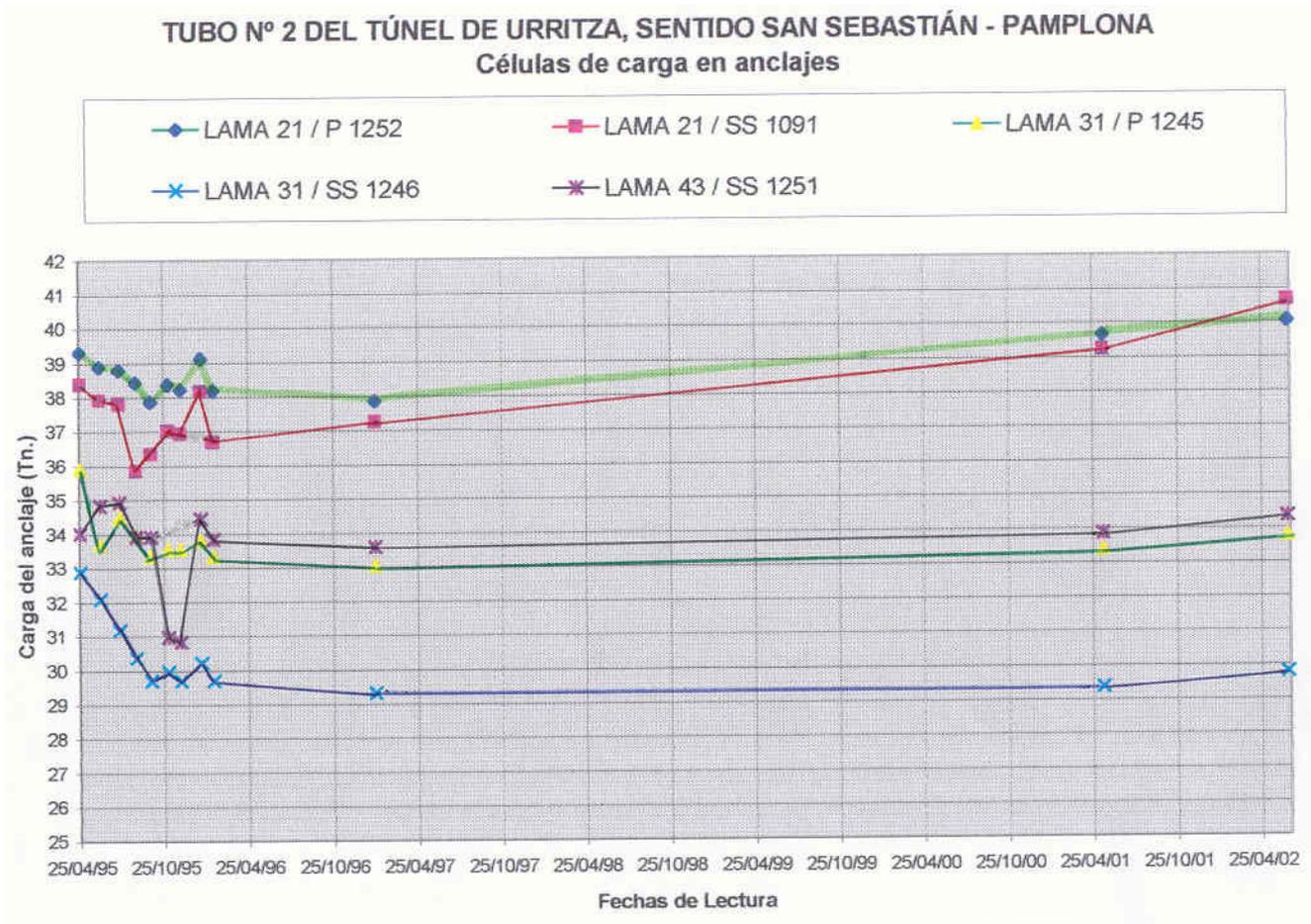


Figura 5