

La Geología Técnica Aplicada a la Construcción de Túneles

PERFORACIONES EN LAS INMEDIACIONES DEL NUEVO DIQUE SAN ROQUE

POR EL

Dr. Telasco García Castellanos

1. — *Consideraciones generales*

La técnica moderna exige que en el proyecto de construcción de túneles se tenga en cuenta el estudio geológico de la región que se deba perforar, con el objeto de ajustar las obras al máximo de seguridad, sobre todo, si se trata de construcciones de vías de comunicación. Igualmente, tiene una importancia apreciable la garantía que ofrezcan los túneles de desagüe pertenecientes a las grandes obras de embalse. En todos estos casos es menester poseer un conocimiento previo de la zona elegida para tales obras, y de las consideraciones geológicas que el estudio provea se harán los cálculos de defensa que sean necesarios para obtener la estabilidad requerida.

Estos trabajos de seguridad consisten, principalmente, en el revestimiento del túnel de acuerdo a las características petrográficas y tectónicas del tramo atravesado. No debe dejarse de tener en cuenta que en la mayoría de los casos no se puede elegir el lugar a perforar, exigiendo, la fuerza de las circunstancias, un lugar que no siempre es el más adecuado. Todo ello repercute en el costo de las obras a construir. El presupuesto que se deba confeccionar previamente, no puede apartarse del conocimiento a que nos referimos,

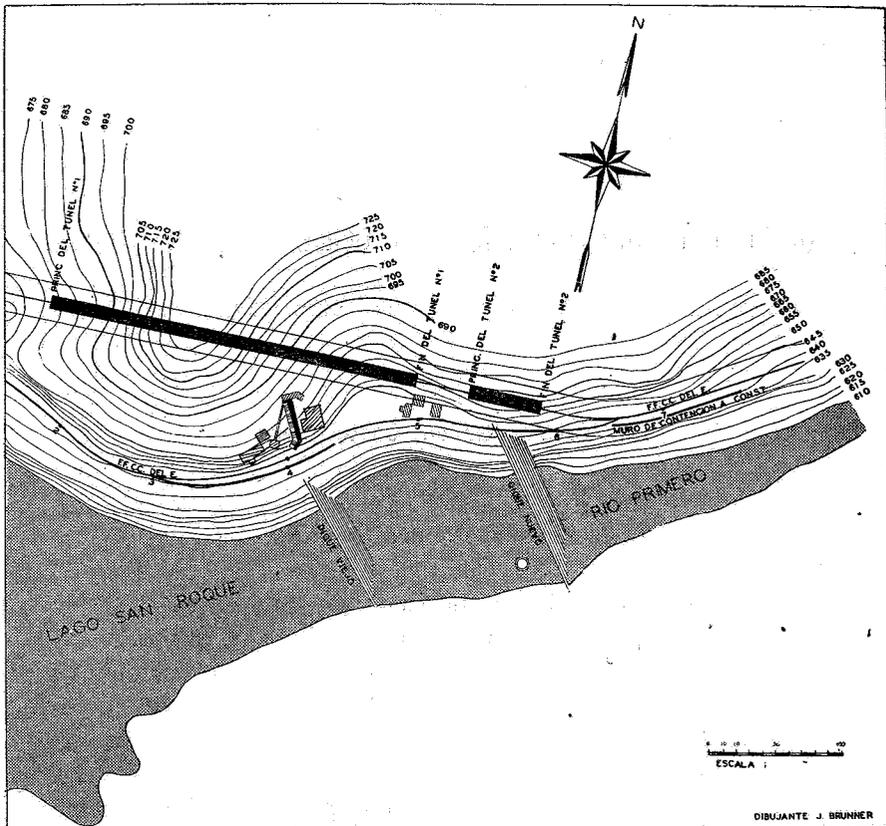


FIGURA N° 1

Ubicación de los túneles y topografía de la región

pues aumentará sensiblemente si se ha calculado a roca desnuda y las observaciones posteriores aconsejan revestimiento. Lo mismo si él debe ejecutarse solamente en la bóveda o en la totalidad; y, por último, si es necesario cementar todo su largo o solamente parte de él.

Para dar una idea de la importancia que tiene este aspecto en la técnica de las construcciones, es elocuente el caso de los túneles en construcción para el nuevo trazado de la línea de los FF. CC.

del Estado, por sobreelevamiento del nivel del nuevo dique San Roque. En este caso, que es motivo del presente estudio, el revestimiento aconsejado aumenta el presupuesto en un 60 % que corresponde, más o menos, a \$ 180.000 moneda nacional sobre el total.

Conviene efectuar el reconocimiento geológico cuando las obras se han iniciado y llevan algunos metros adelantados. De otra manera es fácil incurrir en errores, ya que el conocimiento de superficie de la roca, generalmente descompuestas, no refleja las condiciones interiores que bien pueden ser otras. Con muy buen criterio a mi juicio, así lo ha entendido FF. CC. del Estado, en la línea ferroviaria a que nos hemos referido.

Dejada de lado ya la perspectiva de seguridad, debe darse importancia a las dificultades que ofrezca la perforación misma, según el tipo de roca encontrado y la disposición de los planos de esquistosidad que forman los esquistos cristalinos. Sobre este último aspecto, la figura n°. 2 ilustra las posibilidades del avance en el lugar elegido. En realidad, pocas veces pueden darse casos tan

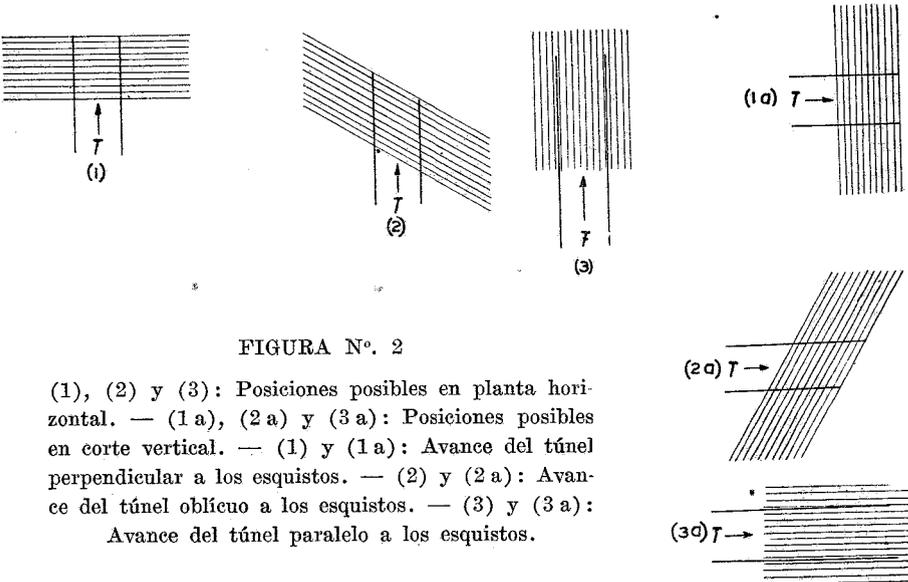


FIGURA N°. 2

(1), (2) y (3): Posiciones posibles en planta horizontal. — (1 a), (2 a) y (3 a): Posiciones posibles en corte vertical. — (1) y (1 a): Avance del túnel perpendicular a los esquistos. — (2) y (2 a): Avance del túnel oblicuo a los esquistos. — (3) y (3 a): Avance del túnel paralelo a los esquistos.

típicos como los que se representan en la figura. Generalmente resulta una combinación en planta horizontal y en perfil vertical, dando una perspectiva real en la forma como se encuentra representada en la figura n°. 4. En este caso se ha tomado un promedio entre las orientaciones de la esquistosidad en un espacio de cierta amplitud.

Los trabajos que deban ejecutarse no se pueden efectuar estrictamente en el espacio calculado para la abertura definitiva, sino con una amplitud mayor, según el tipo de revestimiento que se ejecute (figura n°. 3), o perforar demás (overbreak (1)), según

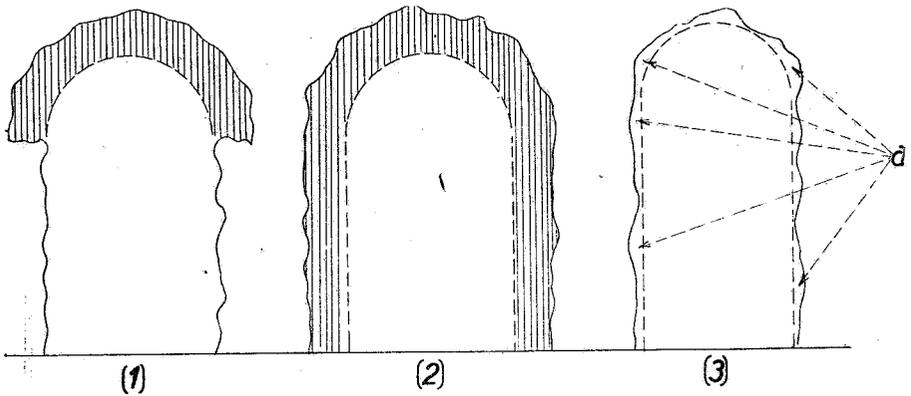


FIGURA N°. 3

(1): Abertura para revestimiento de la bóveda solamente. — (2): Abertura para revestimiento de la bóveda y los rectos. — (3): Abertura en exceso (a) que es menester efectuar por las circunstancias geológicas (overbreak).

las circunstancias geológicas encontradas, para obtener la forma propuesta.

Sobre este último punto es necesario insistir en la necesidad de efectuar estudios previos a la ejecución, porque de acuerdo al tipo de roca que se encuentre, aumentará el costo de los trabajos. En los esquistos cristalinos, para este caso que es el que nos inte-

(1) F. G. H. BLYTH. — "A Geology for Engineers". — London, 1943.

resa, se manifiesta con más evidencia la necesidad, inevitable, de efectuar una abertura mayor, dadas las condiciones petrográficas. Como es obvio, este hecho encarece apreciablemente la obra.

Igualmente debe estudiarse la consistencia de la roca. En la clasificación de los gneises, pueden encontrarse tipos que ofrecen poca resistencia al avance, ya sea por su favorable esquistosidad, por su constitución mineralógica o por su estado de descomposición; en cambio, otros, por su extraordinaria dureza, dificultan y encarecen las obras. Precisamente, estos dos casos se advierten en la zona del nuevo dique San Roque.

Restaría únicamente consignar en estas breves consideraciones generales, observaciones sobre la tectónica de la zona y el agua de profundidad y de infiltración. En el lugar de referencia, el primer aspecto tiene una marcada importancia, por encontrarse dentro del espacio de dislocaciones y compresiones correspondiente al labio sobrelevantado de la gran falla tectónica de la Sierra Chica, y, en cuanto a los efectos del agua, sólo hay manifestaciones de la que se infiltra, notándose en el interior del túnel número 1 algunas goteras sin mayor importancia.

2. — Estudio geológico de detalle

La zona de emplazamiento del nuevo dique San Roque, donde se ejecutan trabajos de la variante de la línea de los FF. CC. del Estado, es un complejo geológico compuesto de esquistos cristalinos y rocas filonianas derivadas de magma granítico.

A los esquistos se los puede dividir en dos grupos: el que corresponde a un *gneis compacto*, en el cual se descubre poco o casi nada de esquistosidad; y el *gneis esquistoso* con planos de esquistosidad muy pronunciados, variando en todos los tipos hasta llegar al gneis anterior. Estas rocas son de edad precámbrica.

Las rocas filonianas están representadas por los dos elementos típicos: las *pegmatitas* y las *aplitas*.

Es frecuente encontrar otro componente litológico de gran re-

sistencia y dureza que suele notarse en las inmediaciones de la zona de emplazamiento; me refiero a las *granodioritas* (2).

En cuanto a las características de resistencia y aptitudes de las referidas rocas, puede clasificárselas teniendo en cuenta exclusivamente la roca en sí, sin sus manifestaciones de descomposición. Esta clasificación es la siguiente: *gneis compacto*; roca dura, suficientemente firme y resistente, comparable casi al granito de buena calidad para construcción; sufre poca alteración.

El *gneis esquistoso*, roca con planos de esquistosidad paralela, cuya separación entre "hojas" varía desde fina foliación hasta espesores que sólo se advierten en trozos mayores. La característica de estos planos hace que sea una roca menos firme, teniendo mayor resistencia en el sentido perpendicular a la esquistosidad, lo que determina su separación en "lajas".

Las *pegmatitas* mismas, no cortan las obras del túnel. En las inmediaciones de ellos sus espesores varían entre pocos centímetros y más de un metro. Sus derivados cuarzosos son los que han inyectado al *gneis esquistoso*, formando en él venas de cuarzo.

Aprovechando el hecho de que el túnel número 1 estaba perforado hasta cierta longitud por los dos extremos y que el número 2 lo estaba en todo su largo, era posible efectuar observaciones de detalle, en el interior del mismo. Con ese fin, el Dr. M. H. Villagra ha medido y anotado, desde ambas bocas, los rasgos de interés. Por mi parte, he podido confirmar esas observaciones.

Túnel N° 1 (desde el extremo Oeste)

Las muestras se han extraído a partir de los tres metros de distancia del extremo interior de revestimiento de cemento de la boca del túnel:

Distancia 3 metros: Filtración. Aspecto arcilloso y fracturado. Se intercala una roca cuarzosa y dura.

(2) Estudio geológico y petrográfico de los alrededores de dique San Roque, por J. OLSACHER. Publicado en esta misma Revista, año XVII, Nros. 3 y 4, Mayo-Junio 1930.

Distancia 10 metros: Muy fracturado. Roca silícica dura. Poca filtración.

Distancia 15 metros: Filtración fuerte hasta 17,60 metros. Roca arcillosa-escamosa.

Distancia 21 metros: Roca blanda, muy esquistosa. Filtración.

Distancia 30 metros: Filtración fuerte. Roca fracturada.

Distancia 39 metros: Intercalaciones cuarzosas en el gneis. Estado: muy fracturado.

Distancia 45 metros: Muy fracturado.

Distancia 50 metros: Se observan venas de cuarzo. Muy fracturado.

Distancia 53 metros: La filtración produce derrumbes. Aparecen deslizamientos de capas arcillosas.

Distancia 56 metros: Pequeñas venas de caolín (5-8 cms.). Filtración fuerte.

Distancia 63 metros: Roca dura, cuarzosas. No hay filtración.

Distancia 72 metros: Roca compacta fracturada.

Distancia 75 metros: Muy fracturado.

Distancia 80 metros: El gneis plegado ofrece superficies talcosas que se desprenden con facilidad.

Distancia 86 metros: Roca dura compacta.

Túnel N° 1 (desde el extremo Este)

En la entrada del túnel se observa una fuerte fracturación en diaclasa. Asimismo se manifiestan vetas cuarzosas con rumbo normal al avance del túnel. Este estado de dislocación ha producido la caída de algunos bloques.

Distancia 16 metros: Gneis esquistoso y alterado. Se observan deslizamientos.

Distancia 25 metros: Fuertes fracturas en roca compacta. Se observan grandes bloques que se aflojan desde el techo debido a las filtraciones.

Distancia 41 metros: Intercalaciones esquistosas entre bloques compactos.

Distancia 49 metros: Intercalaciones arcillosas. Filtración.

Distancia 64 metros: Filtración fuerte.

Túnel N° 2 (túnel chico)

El componente litológico dominante es una roca silíceica muy dura y fracturada. El estado de fracturación de esta sección es mucho más intenso que en el túnel anterior y ha sido necesario realizar varios apuntalamientos para evitar derrumbes, inevitables de otra manera.

En lo que está trabajado del túnel número 1 se advierte una inclinación de los esquistos, sobre la perpendicular de 35 grados y una orientación de los planos de esquistosidad de S. 50 grados O. Estas medidas fueron tomadas a los 40 metros de la boca Este del túnel número 1. Se puede comprobar que varía en grandes límites, pero en general, es frecuente encontrar esa misma inclinación.

La fracturación combinada con los planos de esquistosidad y las intercalaciones con formaciones descompuestas, es la característica general. Se descubren frecuentes filtraciones. Le falta homogeneidad al conjunto litológico.

El túnel número 2 (túnel chico), presenta una configuración petrográfica distinta del número 1; predominando el *gneis compacto*. Solamente en la boca Oeste se nota el *gneis* esquistoso en corta extensión. El conjunto se encuentra intensamente fracturado. Debe advertirse que la cota máxima de embalse del dique es superior a la mayor altura del túnel, mediando entre el límite de las aguas en el referido supuesto caso, y él una distancia de ocho metros nada más. En esta parte es donde se encuentra manifestado con mayor claridad un complicado sistema de diaclasas.

3. — *Conclusiones*

De las consideraciones que anteceden y teniendo en cuenta las condiciones de seguridad que deben reunir las obras de esta naturaleza, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

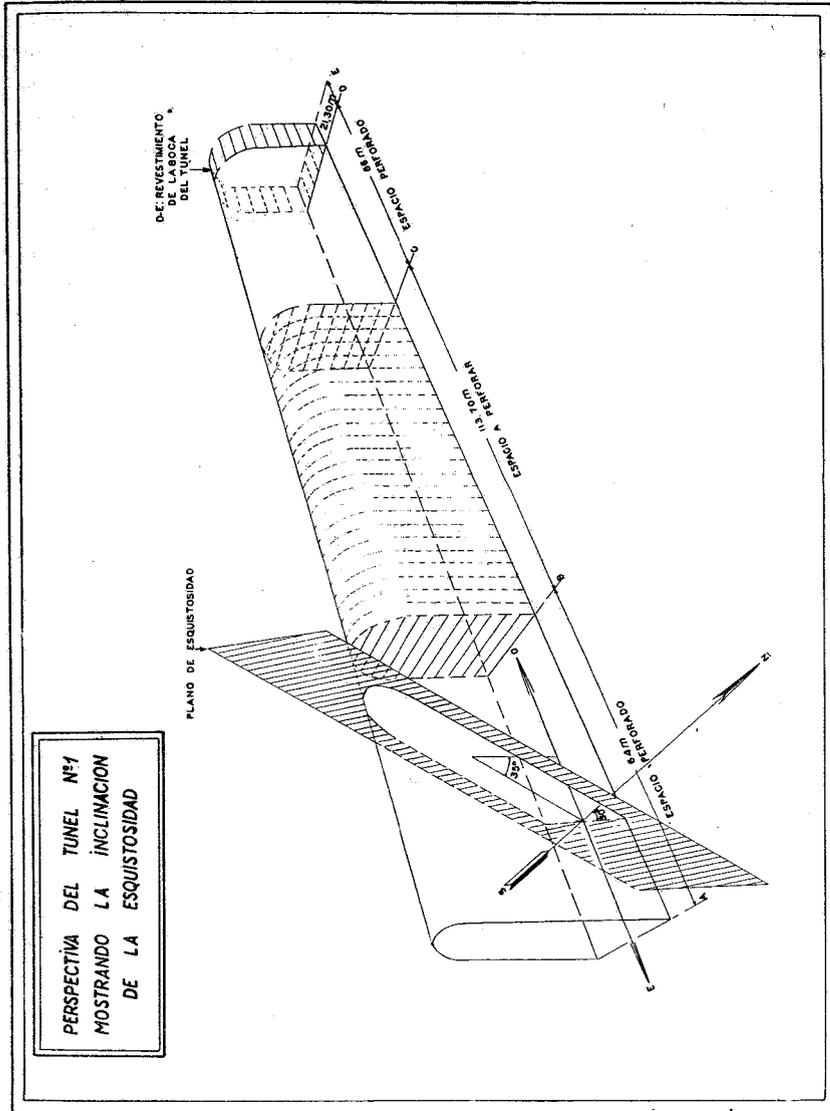


FIGURA N° 4

a) Por las condiciones de heterogeneidad de los componentes litológicos, el estado de alteración de los mismos y su intensa fracturación, aparte de encontrarse en una zona perteneciente a una gran falla tectónica que trae aparejado los característicos efectos de remoción, fracturación y compresión, se aconseja la ejecución de obras de seguridad en todo el largo de los túneles número 1 y número 2. Se deja establecido que la inspección se ha realizado en los 86 metros de la entrada Oeste y en los 64 metros de la entrada Este del túnel número 1. El túnel número 2 fué inspeccionado en toda su longitud. Puede asegurarse desde ahora que la diferencia que aun no se ha perforado debe tener las mismas características y por consiguiente, deben ejecutarse iguales obras.

b) En general, la roca es suficientemente sólida si se la considera individualmente y sería innecesario su revestimiento si no mediara la circunstancia de su intensa fracturación, que unida a las infiltraciones y a la alteración de algunas partes esquistosas, hacen posible el desprendimiento de grandes bloques.

c) Las obras mencionadas deben reunir caracteres de seguridad suficientes como para impedir los referidos desprendimientos, aconsejándose en tales casos, revestimientos de cemento de un espesor calculado para ese fin, y, si ello fuere posible, inyectado a presión.

NOTA: Aparte de la obra de BLYTH, ya mencionada, conviene consultar: "Geology and Engineering", por ROBERT F. LEGGET. N. Y., 1939.
