

Estudio Conceptual del Túnel de Agua Negra

Tunnel Agua Negra – Conceptual Design



Autor:

Martin Böfer, Geoconsult Buenos Aires S.A.
Carlos Pellegrini 1149, Piso 11, CP 1009 CABA
Argentina
Email: mboefer@geoconsultba.com.ar
Te.: +54 11 4326-3434 / Fax: 4326-3340

Texto: 4.141 Palabras

Resumen

El Paso de Agua Negra forma parte de la Infraestructura de Transporte Terrestre de Integración Física entre Argentina y Chile, ubicándose en la zona central de ambos países y alineándose de esta forma con un eje productivo y la concentración de las más grandes ciudades que garantizarán un alto nivel de demanda de transporte internacional, no sólo binacional, sino también del Mercosur. Ante la creciente problemática motivada por el bajo nivel de calidad y capacidad de infraestructura fronteriza actual, especialmente asociada al bajo nivel de transitabilidad de la conexión Los Andes – Mendoza y las interrupciones que ésta sufre sistemáticamente todos los inviernos, hace más de 10 años ya las autoridades de ambos países están desarrollando estudios e iniciativas de diversa índole para implementar una solución eficiente y duradera. Dentro de las variadas alternativas que tanto a nivel nacional como regional se están analizando, ha cobrado gran relevancia e interés binacional el mejoramiento del Paso de Agua Negra mediante un túnel de baja altura. Lo destacable de esta alternativa, frente a otras posibles que también están en estudios, es su aptitud desde un punto de vista geológico-geotécnico, que compensa con creces las desventajas que le son propias, tales como por ejemplo la gran altura sobre el nivel del mar que adquiere esta conexión.

Después de un Estudio de Prefactibilidad desarrollado en el año 2005, la Provincia de San Juan, con respaldo del Gobierno de la Nación Argentina, ha iniciado pasos concretos para la ejecución de un proyecto y la posterior licitación del túnel de baja altura, pieza clave de la nueva conexión propuesta sobre el Paso de Agua Negra. Desde Enero del 2008 hasta la actualidad se avanzó decididamente con la investigación de las condiciones geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas del sector de macizo a ser atravesado por el túnel. Para ello se ejecutaron una cartografía superficial, con toma de muestras y ensayos en laboratorio, y dos campañas de investigaciones de profundidad, con perforaciones geotécnicas profundas y ensayos geofísicos, geotécnicos e hidráulicos dentro de éstas. Al mismo tiempo, se desarrolló un Estudio Conceptual del Túnel, revisando las soluciones y recomendaciones entregadas por el anterior Estudio de Factibilidad y desarrollando a través de éste un paso importante en dirección a la siguiente fase de Ingeniería Básica, mediante la cuál se licitará la obra.

La premisa que en todo momento caracterizó la actitud de los impulsores frente a este proyecto es otorgarle a esta obra la más alta garantía de calidad, capacidad a largo plazo, seguridad y confiabilidad. Sólo así la conexión internacional podrá satisfacer los requerimientos de una demanda de transporte que con el pasar del tiempo se hacen más y más exigentes. Cualquiera sea el monto invertido para una mega obra como la de un túnel de baja altura sobre el Paso de Agua Negra, deberá amortizarse en al menos 100 años y no sólo en pocas décadas. Como primer gran paso, este criterio ordenador logró imponer una solución de túnel de 14 km de longitud, descartando otras alternativas de túneles más cortos, pero de mucho menores ventajas relativas frente a la conexión actual. El segundo gran paso que se ha dado a través del Estudio Conceptual en cuestión, es la adopción de un sistema de túneles que incorpora 2 tubos unidireccionales en lugar de 1 túnel bidireccional. Esta solución propuesta para la continuación de la Ingeniería Básica es claramente superior en término de confiabilidad, seguridad y capacidad de tránsito, permitiendo además materializar una construcción en etapas, terminado

un tubo antes del otro, y una operación temporal con claras restricciones a través del primero que permite adecuar la inversión en función del desarrollo de la demanda a través del tiempo.

A lo largo de este artículo se presentan los resultados parciales de las etapas de investigación geológico-geotécnica e hidrogeológica e ingeniería desarrollados hasta la actualidad.

Características Geométricas y Corredor de Trazado para el Túnel

En la Figura 1 se muestra el corredor propuesta para el desarrollo del trazado planimétrico del túnel, siendo éste más ancho sobre el lado chileno que sobre el argentino, dado que para la definición del sector de portal en Chile se requiere un conocimiento más exacto de las condiciones geológicas, con el que se contará una vez terminada la 2° etapa de investigaciones de profundidad, actualmente aún en curso.

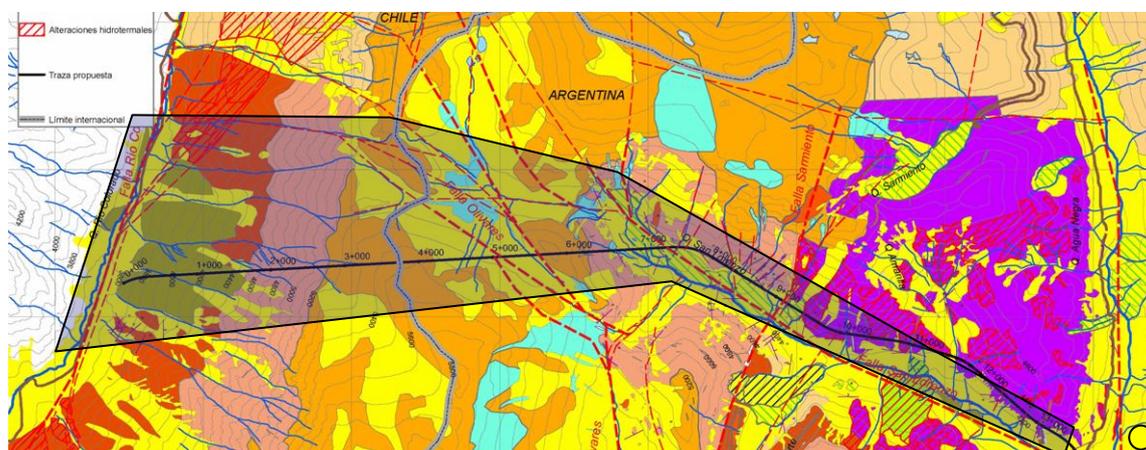


Figura 1 – Corredor de Trazado del Túnel sobre mapa geológico superficial

El trazado preliminar propuesto en el estudio conceptual, ilustrado dentro del corredor anterior, presenta las características geométricas resumidas en la siguiente tabla, en la que se presenta como Trazado “T6”.

TRAZADO	LONGITUD MTS	PORTAL ENTRADA (MSNM)	PORTAL SALIDA (MSNM)	DIFERENCIA NIVEL (M)	PENDIENTE (%)
T1	14.743	3.600	4.085	485	3,29%
T2	14.173	3.600	4.085	485	3,42%
T3	15.314	3.600	4.085	485	3,17%
T4	15.958	3.600	4.085	485	3,04%
T5	13.653	3.660	4.085	425	3,11%
T6	13.767	3.620	4.085	465	3,38%

Las características geométricas del trazado propuesto representan típicamente la situación que se da a lo largo de la cordillera entre Argentina y Chile, es decir, trazados con pendiente constante descendente de Argentina a Chile, la que en este caso, cualquier alternativa de trazado que se proponga, será igual o superior a 3%, excepto que el túnel artificialmente se alargue considerablemente. Destacable es también para esta conexión que las cotas de portales son bastante elevadas, con una cota mayor a los 4.000 m en la boca argentina del túnel.

Como puede apreciarse claramente sobre la base de la siguiente Figura 2, que representa el corte longitudinal a lo largo del trazado propuesto, más de la mitad del túnel sobre el lado occidental no presenta posibilidades de implementación de accesos intermedios –ni a través de galerías, ni tampoco por medio de pozos- por las grandes coberturas que resultan, llegando ésta a un máximo de aproximadamente 1.750 m. A raíz de esta situación, la solución integral del túnel prevé la materialización de un único pozo de ventilación, emplazándose éste a una distancia de aproximadamente 1/3 de la longitud total del portal argentino, dentro de la Quebrada de San Lorenzo.

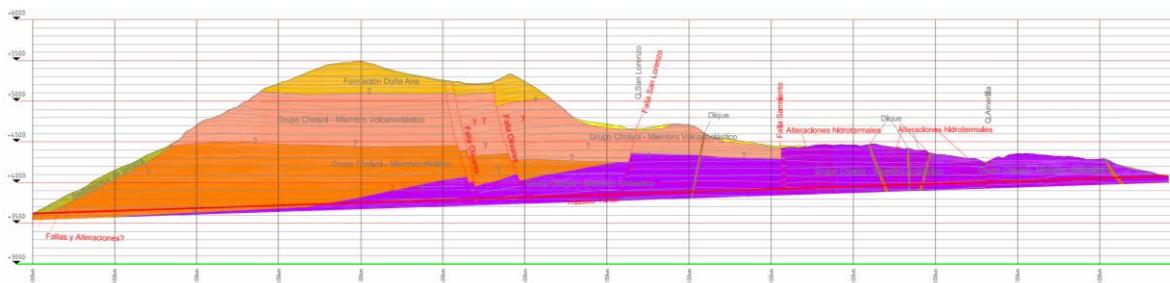


Figura 2 – Corte longitudinal a lo largo del trazado propuesto

Algunas de las condiciones que determinaron la selección del trazado presentado son las siguientes:

- *Portal argentino*, emplazado en la boca de la Quebrada de San Lorenzo a la menor cota posible, en un afloramiento rocoso, con suficiente revancha sobre el nivel del arroyo del mismo nombre;
- *Primer sector de túnel a lo largo de la Quebrada*, sobre la margen izquierda del arroyo por razones geotécnicas, suficientemente alejado del valle, pero siempre con coberturas razonables;
- *Emplazamiento del pozo de ventilación*, propuesto en un sitio lo más alejado posible del portal argentino hacia el oeste, en el interior de la quebrada, aún accesible para el tránsito, que garantiza una profundidad de pozo de ventilación razonable, emplazado en un sector geotécnicamente favorable.
- *Portal chileno*, por el momento definido preliminarmente y prioritariamente sobre la base de las condiciones geométricas que resultan más favorables para el túnel, a fin de lograr la mejor relación pendiente / longitud del túnel y un posicionamiento planialtimétrico favorable para la materialización del empalme con el acceso vial chileno al túnel.

Marco Geológico

La Cordillera frontal a través de la que cruzaría el túnel posee una estratigrafía que, con el predominio de secuencias de rocas volcánicas similares, pero de edades diferentes, son de compleja diferenciación. Afortunadamente, en el área de estudio las características geológicas son más simples que a escala regional, reconociéndose a nivel de túnel solamente rocas del grupo Choiyoi, con presencia de diques de riolitas, basaltos y aplitas, con una variable y discontinua cubierta de cuaternario.

En el área de estudio, el Grupo Choiyoi se presenta a través de 2 miembros, el inferior y el superior. El miembro inferior se caracteriza por su composición es

predominantemente andesítica, con textura porfírica y a veces afanítica, habiendo variaciones litológicas subordinadas, como lo son composiciones un poco más básicas tipo basalto, o un poco más ácidas, con fenocristales de plagioclasa de mayor tamaño. En el miembro superior predominan las brechas volcánicas andesíticas y riolíticas, habiendo también intercalaciones de gruesos niveles ignimbríticos y algunos bancos piroclásticos.

Se observan numerosos cuerpos intrusivos de andesitas, basaltos, aplitas y riolitas, siendo una gran parte de ellos discordantes, constituyendo los conductos de alimentación de las coladas que se encuentran estratigráficamente más arriba. También hay algunas masas rocosas concordantes (paralelas a las vulcanitas) con claras características geológicas de ser intrusivas. Existen también algunos niveles sedimentarios de areniscas y fabulitas, de escasos metros de espesor, los que se emplazan intercalados en las vulcanitas.

Haciendo referencia a las Figuras 1 y 2 anteriores, las condiciones geológicas que caracterizan al trazado propuesto son las siguientes:

- Desde el portal chileno en dirección hacia Argentina se presenta el miembro riolítico del Grupo Choiyoi;
- En algún momento, en esta dirección, se produce la transición al miembro andesítico del mismo Grupo;
- Se presume que la totalidad del trazado del túnel atraviesa sólo los citados dos miembros, localmente atravesados por diques.

Las dificultades que se pronostican para el túnel están asociadas a los siguientes factores:

- Fallas geológicas, acompañadas por alteraciones, siendo ésta una de las problemáticas más claras con las que habrá que enfrentarse;
- Eventualmente, zonas alteradas hidrotermalmente, a las que se le asigna una menor probabilidad de ocurrencia y seriedad;
- Existencia probable de una falla activa paralela a la Quebrada de San Lorenzo y las dificultades asociadas;
- Gradiente geotérmico, probablemente elevado, sobre la base de los estudios llevados a cabo hasta el presente;
- Situación hidrogeológica, expresada a través del riesgo asociado a la presencia intempestiva de agua a altas presiones y grandes caudales en el frente de excavación;

De un análisis preliminar del comportamiento geotécnico pronosticado durante la construcción del túnel surgen 3 tipos básicos, los que se denominaron C1, C2 y C3, agrupando cada uno de ellos algunos de los comportamientos típicos propuestos en las Recomendaciones del Grupo de Trabajo "Tuneleado Convencional" de la Sociedad Austríaca de Geomecánica, tal como listados en la siguiente tabla.

- C 1, abarcando los tipos de comportamientos 1, 2 y 5 de la Recomendación Austríaca, con una participación porcentual de aproximadamente 72%
- C 2, incluyendo los tipos de comportamientos 3 y 11 de la Recomendación Austríaca, con una participación porcentual de aproximadamente 18%

- C 3, incluyendo los tipos de comportamientos 4 y 6 de la Recomendación Austríaca, con una participación porcentual de aproximadamente 10%

Tipo de Comportamiento (BT)		Descripción del modo / mecanismo potencial de falla durante la excavación del macizo no fortificado
1	Estable	Macizo estable, con potencial de caída de pequeños bloques locales por acción de la gravedad o por deslizamientos de cuñas
2	Estable con potencial de caída de bloques controlados por discontinuidades	Caída y deslizamiento de bloques y cuñas por efecto de discontinuidades de profundidad importante, con fallas por corte del macizo ocasionales
3	Falla por corte poco profunda	Fallas por corte del macizo poco profundas, combinadas con inestabilidades controladas por acción de gravedad y discontinuidades
4	Falla por corte profunda	Fallas por corte del macizo profundas, asociadas a grandes deformaciones
5	Estallido de roca	Falla repentina y violenta del macizo, ocasionada por rocas muy frágiles sometidas a elevadas presiones y la repentina relajación de energía acumulada
6	Falla por pandeo	Pandeo del macizo constituido por rocas con familias de discontinuidades de espaciamiento reducido, frecuentemente asociado con fallas por corte
7	Falla por corte con baja presión de confinamiento	Sobreexcavaciones potenciales y fallas progresivas por corte del macizo, con desarrollo de fallas del tipo chimeneas, causadas preponderantemente por una falta de presión lateral de confinamiento
8	Subsuelo que se desgrana	Flujo de roca intensamente fracturada o suelos sin cohesión, secos o húmedos
9	Subsuelo que fluye	Flujo de roca intensamente fracturada o suelos con alto contenido de agua
10	Expansión del subsuelo	Incremento del volumen del macizo diferido en el tiempo, causado por reacciones físico-químicas de la roca con agua, en combinación con relajación de tensión, tendiendo a la deformación de la cavidad hacia su interior
11	Macizo heterogéneo, con características de deformación muy cambiantes	Rápidas variaciones de tensión y deformación, causadas por una configuración de macizo del tipo "bloque dentro de matriz", aplicable a zonas de falla geológica frágiles

Investigaciones Geológicas de Profundidad

Para el diseño de un túnel es necesario desarrollar un modelo espacial de las condiciones geológicas e hidrogeológicas del macizo a ser atravesado. El tamaño de este modelo depende de la complejidad de la obra y de la geología misma. Para túneles largos y de alta cobertura, se hace indispensable llevar a cabo un programa de investigaciones geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas de cierto grado de sofisticación y complejidad técnica, con el que se verifican los pronósticos, se eliminan las dudas y se contestan preguntas claves que surgen del modelo geológico / hidrogeológico preliminar elaborado sobre la base del relevamiento superficial y estudio de antecedentes existentes.

El alcance del programa de investigación de profundidad en curso para el Túnel de Agua Negra es el siguiente:

- Aproximadamente 12 sondajes geotécnicos con recuperación de testigos, con una longitud total de aproximadamente 4.500 m y con el sondaje más profundo de aproximadamente 1.100 m.
- Mediciones geofísicas dentro de las perforaciones (sondas teleacústica, de video, gama natural, de temperatura y conductividad, PH, gama-gama, giróscopo y calíper)
- Ensayos hidráulicos en perforaciones (ensayos de bombeo cortos y largos, ensayo de recuperación, ensayo Lugeon, ensayos DST y RFT, etc.)

- Ensayos geotécnicos (ensayo con dilatómetro y de fracturamiento hidráulico)
- Ensayos en laboratorios de mecánica de rocas sobre muestras obtenidas de los testigos recuperados.
- Ensayos químicos y eventualmente de isótopos sobre muestras de agua.

Hasta el presente se ha logrado un buen grado de avance en el desarrollo del programa descripto, verificándose en buena medida los pronósticos efectuados sobre la base del estudio superficial.

Tipo de Túnel Propuesto

De las evaluaciones efectuadas como parte del desarrollo del Estudio Conceptual se llegó a la conclusión que la solución de túnel más apropiada para este proyecto consiste en la de 2 túneles de tránsito unidireccional con 2 carriles cada uno, conectados entre sí a través de galerías de conexión peatonales y vehiculares en cantidad suficiente para garantizar el escape de usuarios de un túnel en emergencia hacia el otro en cualquier punto. Desde un punto de vista de la capacidad de tránsito, esta solución es muy superior a la de un túnel bidireccional, no imponiéndole a la conexión prácticamente ninguna limitación de desarrollo de demanda a largo plazo. También desde el punto de vista de seguridad vial es notablemente mejor, evitando por completo todo tipo de accidentes que se pueden originar por circulación bidireccional en una calzada de dos carriles solamente y considerando los factores agravantes que exhibe este proyecto, tales como los efectos que sobre usuarios causa la gran altura sobre el nivel del mar, la alta pendiente longitudinal del túnel y la monotonía de tránsito propia de un túnel de gran longitud. La solución propuesta por lo tanto elimina por completo la posibilidad de colisiones frontales entre vehículos, otorgando la posibilidad de adelantamiento vehículos de marcha lenta dentro del túnel, ambos aspectos prioritarios desde un punto de vista de la seguridad de tránsito, especialmente considerando los efectos que la falta de oxígeno en la atmósfera genera sobre el rendimiento de los motores y el estado físico y la concentración de los usuarios.

Conceptualmente hablando, el sistema de túnel propuesto tiene las siguientes características:

- 2 tubos unidireccionales, separados uniformemente entre sí 60 m, excepto en portales
- Pozo de ventilación de aproximadamente 560 m de profundidad con caverna de ventilación asociada, emplazada aproximadamente en el tercio de la longitud del túnel sobre el costado argentino
- Galerías de conexión peatonales / vehiculares separadas entre sí 500 m, con función prioritaria de vía de escape para usuarios y de acceso de brigadas de rescate en casos de emergencia
- Galería de ventilación de longitud parcial, emplazada entre los dos tubos principales sobre el costado chileno, asociada a una segunda caverna de ventilación ubicada en el tercio de la longitud del túnel sobre el costado chileno
- Otras obras subterráneas necesarias para operación, mantenimiento, seguridad y drenaje, tales como bahías de estacionamiento de emergencia,

nichos, cavernas para transformadores, galerías de conexión vehiculares entre los túneles principales, etc.

- Edificaciones en cada portal con sala de control e instalaciones para la operación, mantenimiento, primeros auxilios y brigadas de emergencia.

A través de las Figuras 3 y 4 siguientes se ilustra dos secciones típicas del túnel propuesto, una para un sector de túnel a ser construido convencionalmente y el otro con empleo de máquina tunelera.

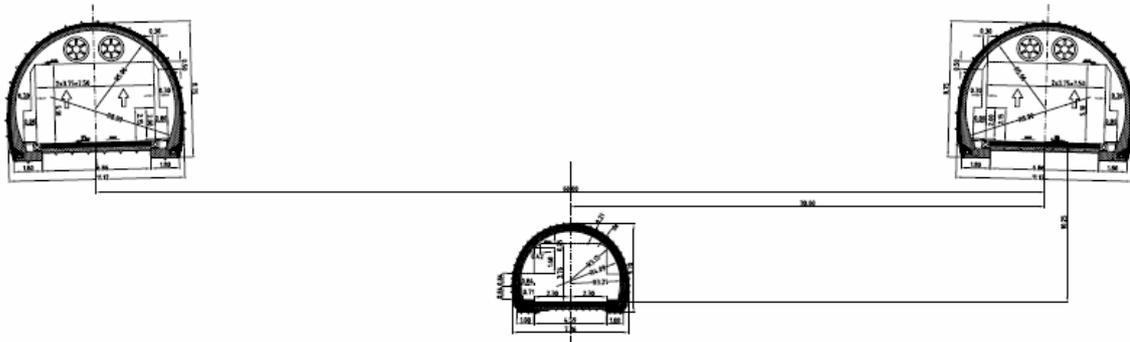


Figura 3 – Corte transversal del Túnel en sector con excavación convencional

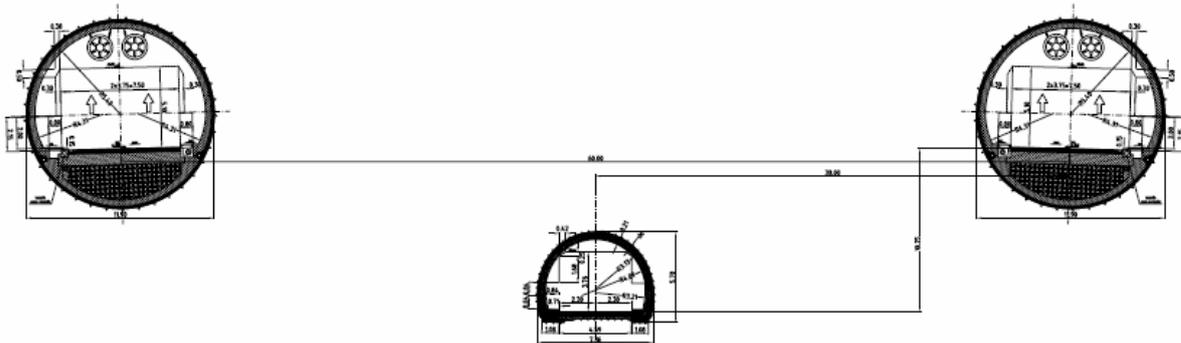


Figura 4 – Corte transversal del Túnel en sector con excavación con máquina tunelera

Más allá de las ya citadas ventajas, la solución de sistema de túnel propuesto tiene otras ventajas importantes, siendo éstas las siguientes.

- Menores costos de operación, producto de un menor consumo por parte del sistema de ventilación, el que pudiendo ser de tipo longitudinal para la solución de túnel unidireccional propuesta aprovechará el efecto chimenea y pistón de los vehículos.
- Alta Confiabilidad de la Conexión Internacional, asociada a la garantía que en caso de ocurrencia de un incendio en uno de los dos túneles con destrucción total de la sección afectada de éste, el otro estará en condiciones de operar, aún en forma limitada, hasta que se haya terminado con la reparación del afectado.
- Inversión progresiva de a obra civil, dado que la solución propuesta permite, siempre con limitaciones en la operación del tránsito, diferir parte de la inversión inicial, logrando de este modo reducir la inversión inicial por debajo de otras alternativas de túneles de operación bidireccional.

- Riesgo geotécnico más limitado, frente a alternativas de túnel bidireccional de mayor tamaño de sección transversal, en particular para la construcción mediante máquina tunelera.
- Alta eficiencia del sistema de ventilación en operación normal y caso de incendios, basado en las la base de las siguientes razones:
 - Influencia directa sobre la velocidad del aire dentro del túnel
 - Alto aprovechamiento del efecto chimenea y pistón y limitación de la necesidad de implementación de ventilación artificial a situaciones de congestión de tránsito exclusivamente
 - Alta eficiencia y posibilidad de manejo de los humos originados por un incendio.

En la siguiente Figura 5 se ilustra esquemáticamente la configuración del túnel, individualizándose también el tipo de ventilación que se empleará por sección de túnel a lo largo de éste.

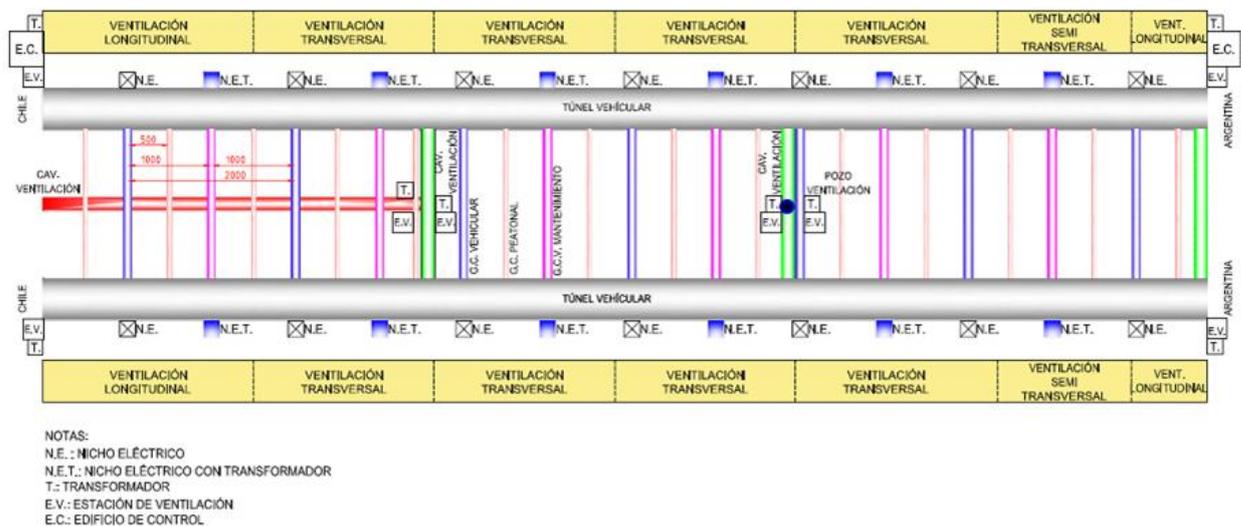


Figura 5 – Configuración esquemática del Túnel con secciones de ventilación homogénea. Las características, ventajas y otras consideraciones del sistema de ventilación propuesto para el túnel son las siguientes.

- **Tipo**
 - Áreas transversales en ductos de ventilación 10 m^2 y 12 m^2 (para ductos de aire fresco y contaminado, respectivamente)
 - En operación normal, ventilación longitudinal natural, asistida por el sistema de ventilación mecánico
 - En caso de congestión e incendio, ventilación mecánica transversal / semitransversal, según configuración particular de cada sector
- **Configuración del Sistema de Ventilación Combinado**
 - Sección 1&2 – galería de ventilación adicional entre tubos ($d=5,5\text{m}$)
 - Sección 1 - ventilación longitudinal, extracción de aire contaminado a través de sección 2 y galería adicional

- Secciones 2&3 - ventilación transversal, con aire fresco de tubo opuesto y expulsión de aire contaminado a través de galería adicional
- Secciones 4 & 5 - ventilación transversal
- Sección 6 – dividido en ventilación semi-transversal & ventilación longitudinal
- **Demanda de potencia eléctrica media**
 - Pel ~ 14,5 MW
- **Otras características**
 - Suministro de aire fresco compartido, a través de ambos tubos, según necesidad
 - Extracción de aire contaminado (y humos) en forma independiente a través de cada tubo; acceso irrestricto de brigadas de emergencia.
 - Con velocidades de circulación normales de vehículos (mayores a 15 km/h) el túnel es ventilado casi exclusivamente en forma natural

Las ventajas del sistema de ventilación integral propuesto para el túnel son claramente el aprovechamiento del efecto de la ventilación natural y efecto pistón de los vehículos, reduciéndose en forma significativa el consumo de energía, y la aptitud del sistema para el manejo de situaciones de congestión vehicular e incendios.

Con relación al método de excavación, según el tipo de obra y el cronograma de construcción, se propone el empleo de ambos métodos básicos de excavación:

- Método convencional por voladura o método cíclico (NATM)
- Método mecanizado con máquina tunelera (TBM)

En particular para este túnel, en el que las condiciones morfológicas no permiten la construcción de galerías de acceso intermedias y en donde cualquier pozo intermedio convenientemente ubicado resultaría muy profundo y emplazado a una altura sobre el nivel del mar igual o mayor de 4.300 m, la implementación de la excavación con máquina tunelera se hace casi mandatoria. Basado en esta realidad y considerando que a nivel global se está en presencia de un macizo geotécnicamente competente, se ha propuesto la siguiente estrategia constructiva.

- 2 frentes de excavación, uno desde cada portal extremo o de cada país.
- Empleo de ambos métodos constructivos, en forma selectiva, según las condicionantes estratégicas del proyecto y las ventajas y desventajas propias de los dos métodos.
- Frente principal desde portal chileno: inicio de la excavación con método convencional desde el portal chileno, hasta la llegada de la máquina tunelera a la obra. Luego inicio de la excavación con máquina tunelera desde una caverna previamente construida convencionalmente, hasta el encuentro con el frente de excavación proveniente de Argentina. El punto de encuentro coincidirá con el cambio de sección de ventilación transversal a semitransversal.

- Frente principal desde el portal argentino, con excavación convencional hasta el encuentro con el frente de la excavación mecanizada de Chile. En el punto de encuentro se construirá otra caverna, dentro de la cuál se desarmará la máquina tunelera.
- Resto de las obras subterráneas (cavernas, nichos y galerías transversales) de construcción convencional. Construcción de pozo de ventilación, en principio, en forma convencional, a ser confirmado aún en la Ingeniería Básica.

Sobre la base de la configuración de túnel presentada y los métodos constructivos escogidos el túnel exhibirá toda una gama de secciones transversales diferentes, siendo éstas en total 16, a saber:

- Excavación convencional y ventilación longitudinal, con y sin contrabóveda, (sección 1)
- Excavación convencional con bahía de estacionamiento, con y sin contrabóveda, (sección 1)
- Caverna de montaje de máquina tunelera, de excavación convencional, (sección 1, con y sin contrabóveda)
- Excavación mecanizada y ventilación longitudinal, (sección 1)
- Excavación mecanizada y bahía de estacionamiento, (sección 1)
- Excavación mecanizada y ventilación transversal, (secciones 2 y 5)
- Excavación mecanizada y bahía de estacionamiento, (secciones 2 y 5)
- Excavación convencional y ventilación semitransversal, con y sin contrabóveda, (secciones 6 y 7)
- Excavación convencional con ventilación semitransversal y túnel de ancho ampliado para la instalación de aceleradores, con y sin contrabóveda, (secciones 6 y 7)
- Excavación convencional con ventilación semitransversal y bahía de estacionamiento, con y sin contrabóveda, (secciones 6 y 7)

La Figura 6 siguiente presenta el cronograma estimativo para la construcción de cada tubo principal del túnel, tomándose como base las definiciones constructivas presentadas. Estimativamente, la duración total de la construcción y equipamiento sería de aproximadamente 8 años.

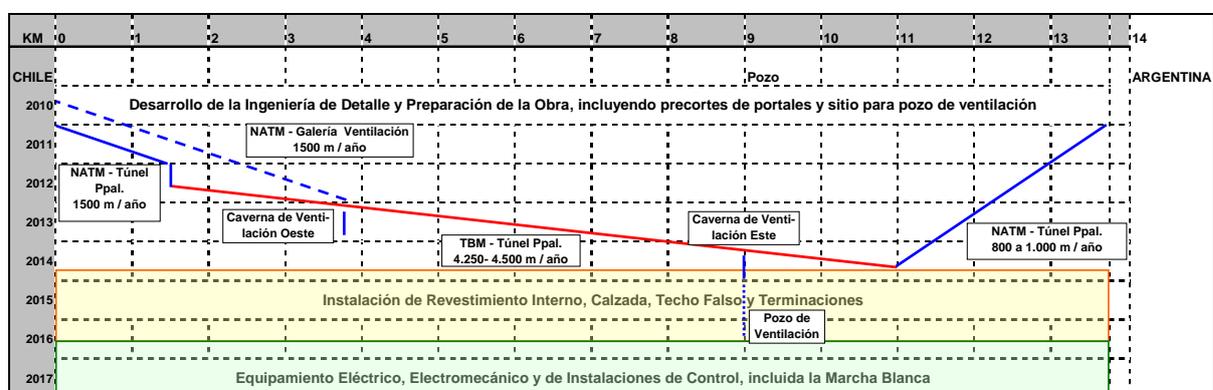


Figura 6 – Cronograma estimativo de la construcción de 1 túnel

Consideraciones Finales

Se ha propuesto un sistema de túnel de 2 tubos unidireccionales equipado con un sistema de ventilación de alta capacidad y de muy buena habilidad en el manejo de los humos de un incendio. La configuración de túneles propuesta se ha privilegiado en gran medida por el alto nivel de seguridad que garantizan, aspecto que para un túnel internacional emplazado a gran altura sobre el nivel del mar, el que preponderantemente es transitado por camiones y que presenta una alta pendiente longitudinal es absolutamente prioritario. Poniendo la presente obra dentro de una perspectiva más amplia, es posible asegurar que la solución integral de túnel propuesta no sólo cumple con los más altos estándares funcionales, de operación y de seguridad que hoy en día caracterizan túneles viales de gran envergadura, sino que se constituye en una obra de infraestructura que de cara al futuro podrá mantener ese alto estándar de capacidad y seguridad a lo largo de toda una larga vida útil, que es característica de este tipo de conexiones internacionales de alto significado estratégico.

Una de las bondades de la solución propuesta, la que muy probablemente se implementará de alguna manera u otra, es la construcción de un túnel en forma diferida al otro. Desde la perspectiva de la operación del túnel, esta alternativa de uso temporal de un único túnel es posible, tanto desde el punto de vista de la operación del tránsito, de la ventilación, como del la provisión de las mínimas condiciones de seguridad para los usuarios, en tanto que la demanda de tránsito sea baja, situación que por algunos años será realidad. la estrategia de construcción diferida en el tiempo constituirá un beneficio financiero importante para la presente obra.

Agradecimientos:

Al Ing. Alfonso De La Torre, quién durante el desarrollo del diseño de detalle del mejoramiento de la Ruta Nacional 150 sobre el lado argentino de la conexión por el Paso de Agua Negra diera el puntapié inicial a la idea de construcción de un túnel internacional entre Chile y Argentina.

Antecedentes:

- [1] Estudio de Prefactibilidad Técnica para definir las Obras necesarias en la Zona Limítrofe del Paso de Agua Negra; Provincia de San Juan – IV Región, desarrollado por las consultoras Consulbaires Ingenieros Consultores, de Argentina, e Ingendesa, de Chile, encomendado por el GTM Argentino – Chileno y financiado por los dos países; Años 2003 y 2004.
- [2] Estudio de Demanda Potencial Paso Fronterizo del Agua Negra (Pcia de San Juan – IV Región), desarrollado por la consultora HYTSA Estudios y Proyectos S.A., Argentina, con colaboración de R&Q Ingeniería Ltda., Chile, financiado por la Provincia de San Juan; Años 2004 y 2005.
- [3] Estudio de Demanda y Prefactibilidad para el Túnel del Paso de Agua Negra, Estudio encomendado por parte de la Dirección de Vialidad de Chile a la consultora chilena CIS a inicios del año 2008, con entrega de informe final en Diciembre de 2009.
- [4] Estudio Topográfico Preliminar y Desarrollo del Mapeo Geológico – Geotécnico e Hidrogeológico, Estudio encomendado por la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan, Argentina, a las empresas De La Torre & Asociados Consultora, Argentina, Geoconsult ZT GmbH, Austria y Geoconsult Bs. As. S.A., Argentina; Año 2008.
- [5] Supervisión de Sondajes y Ensayos en Perforaciones e Interpretación para Túnel Internacional Ruta Nacional 150, Estudio encomendado por la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan, Argentina a las empresas consultoras De La Torre y Asociados Consultora, de Argentina, Geoconsult ZT GmbH, de Austria y Geoconsult Buenos Aires. S.A., de Argentina a inicios del año 2009, con plazo de ejecución de 8 meses, el que actualmente pasó a una segunda etapa de desarrollo hasta mediados del año 2010.