



TÚNEL SUBFLUVIAL **“R. Uranga – C. Sylvestre Begnis”**

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERATION AND MAINTENANCE

Nombre de los autores:

Ing. Ernesto Roberto Kuchen

Colaboradores:

Diagramación: Lic. Natalia Michelini

Traducción: Srta. Natalia Manfredi

Ente Interprovincial Túnel Subfluvial “Raúl Uranga-Carlos Sylvestre Begnis”

Dirección: Avda. Raúl Uranga s/n – Paraná- Entre Ríos- República Argentina

Casilla de Correo: n° 189 – 3100 – Paraná- Entre Ríos – República Argentina

Teléfonos: 0343-4200400 – 0343-4200405 - Telefax: 0343 – 4200449

Email: webtunnel@tunelsubfluvial.gov.ar

Página Web: www.tunelsubfluvial.gov.ar



Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar y transmitir la experiencia de 36 años de funcionamiento del Túnel.

En líneas generales, se expone su operatividad y mantenimiento, explicando sus principales procesos.

Surgen de esta exposición las dificultades presentadas y las soluciones ejecutadas:

- Posibilidad de reflotamiento por falta de lastre. **Solución:** Ejecución de cubierta flexible que regarantiza el lastre necesario.
- Ingreso de agua en rampa por napa freática en junta de dilatación. **Solución:** Colocación de drenes.
- Ingreso de agua de lluvia en interior Túnel. **Solución:** Canalizaciones hacia colectores.
- Filtraciones de agua en junta de tubos. **Solución:** Sellado con poliuretano hidroactivo.

Se señalan logros en actualización tecnológica:

- Importante ahorro de energía con la utilización de variadores electrónicos de velocidad en los motores de ventilación.
- Mayor control en las vías de circulación con la incorporación de cámaras con movimiento universal.
- Utilización de reactancias electrónicas para luces de emergencia.
- Registro continuo de agua de filtraciones.

Se evidencian también las debilidades, cuyas soluciones se encuentran en etapa de estudio y/o ejecución:

Operativos:

- Falta de vías de escape ante siniestros.
- Falta de banquetas para estacionamiento de vehículos con dificultades.

Organización:

- Utilización de software unificado para todas las actividades del Ente, incluyendo mantenimiento.

Seguridad

- Elaboración de manuales de procedimiento ante contingencias.
- Utilización de sensores de humo en canales de cable.
- Automatización de compuertas en cieloraso para aumentar extracción de humo en caso de incendio.



Si bien esta obra data de 36 años, nunca dejó de prestar servicio, con excepción de 24 horas en julio de 1983, que por prevención dada la falta de lastre, se cortó el tránsito.

Actualmente circulan unos 8.500 vehículos diarios, cifra que se encuentra lejos de provocar la saturación de esta vía de tránsito, dado que los estudios de renovación de aire prevén hasta 30.000 vehículos diarios.



Introduction

The purpose of the following presentation is to present a brief image of what we have been doing for the past thirty six years in order to have the tunnel operating at its best possible condition.

Major operation tasks and maintenance works are briefly described.

Different operation situations that have arisen during these years were given the following solutions:

- Situation: Possibility of tunnel floating, as a result of lack of ballast. **Solution:** The placing of a flexible protection cover, assuring enough ballast.
- Situation: Leaking of water onto the ramp, through ground water in expansion joints. **Solution:** Construction of drains.
- Situation: Leaking of water onto the tunnel approach roads during rainy days. **Solution:** Drainage channels
- Situation: Leaking of water in tube-joints. **Solution:** Sealing of the joints with Hydro-active Polyurethane.

There have been remarkable accomplishments as a consequence of some technological updatings:

- Significant saving of power with the introduction of electronic speed variators in ventilation systems.
- Better traffic control with the introduction of universal motor – cameras.
- Utilization of reactance tubes for emergency lighting.
- Regular monitoring of leakage.

Nevertheless, there is still some important work to do in relation to:

Operation:

- There are no emergency exits in case of major accidents or disasters.
- There are no laybys for emergency parking.

Organization:

- There is not a unified operation software to facilitate coordination of different actors of tunnel operation.

Safety:

- A Procedure Manual should be developed to share common action criteria to respond to safety incidents.
- Smoke-sensors in cable ducts should be implemented.
- Automatization of inlet gates in the tunnel ceiling, in order to improve the extraction of smoke in case of fire.



The points above mentioned are, at present, object of study.

The tunnel has been operating uninterruptedly for thirty-six years with only one exceptional case - in July, 1983 - due to lack of ballast and, as a precautionary measure, the traffic was interrupted for 24 hours.

The number of vehicles crossing the tunnel everyday rises to 8,500. According to estimations regarding the installed capacity of the ventilation system, this volume could perfectly grow to 30,000 vpd.



HISTORIA

- **15 de junio de 1960:** los gobernadores Carlos Sylvestre Begnis y Raúl Uranga, firman en Santa Fe el histórico Tratado Interprovincial que dará origen a la construcción del túnel.
- **29 de junio de 1961:** se firma el contrato con el consorcio constructor HOCHTIEF AG. de Alemania, VIANINI S.p.A, de Italia y SAILAV S.A de Argentina.
- **13 de diciembre de 1969:** inauguración.

AQUÍ SE CONSTRUYÓ EL TÚNEL



Diaue Seco

ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL

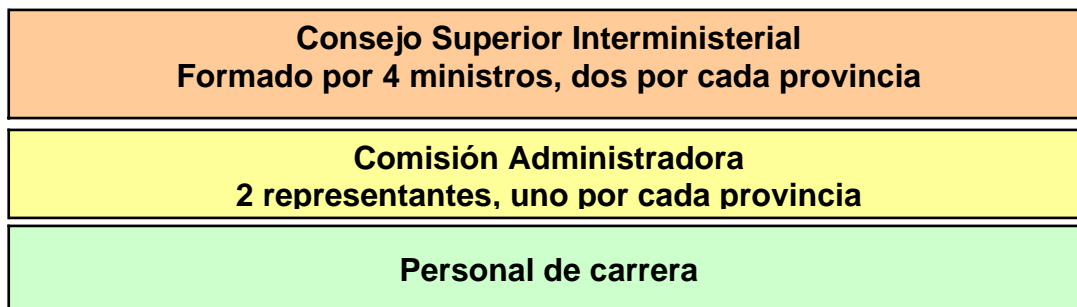


Gráfico Nº 1 - Organización



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tubos** →
- Cantidad: 37 tubos
 - Longitud: 65.45 m
 - Peso: 4.500 Tn
 - Diámetro exterior: 10,80 m
 - Diámetro interior: 9,80 m
 - Espesor de pared: 0,5 m
 -
- Pasarela lateral** →
- Ancho: 0,95 m
 - Elevación sobre calzada: 1,20 m
- Calzada** →
- Ancho: 7,50 m
 - Espesor: 0,43 m
 - Altura libre hasta cielorraso: 4,41 m
- Tramo entubado** →
- 2.397 m
- 2 rampas de acceso** →
- 271 m c/u
- Zona de acostumbramiento** →
- Emparrillado total de 87 m en cada acceso.

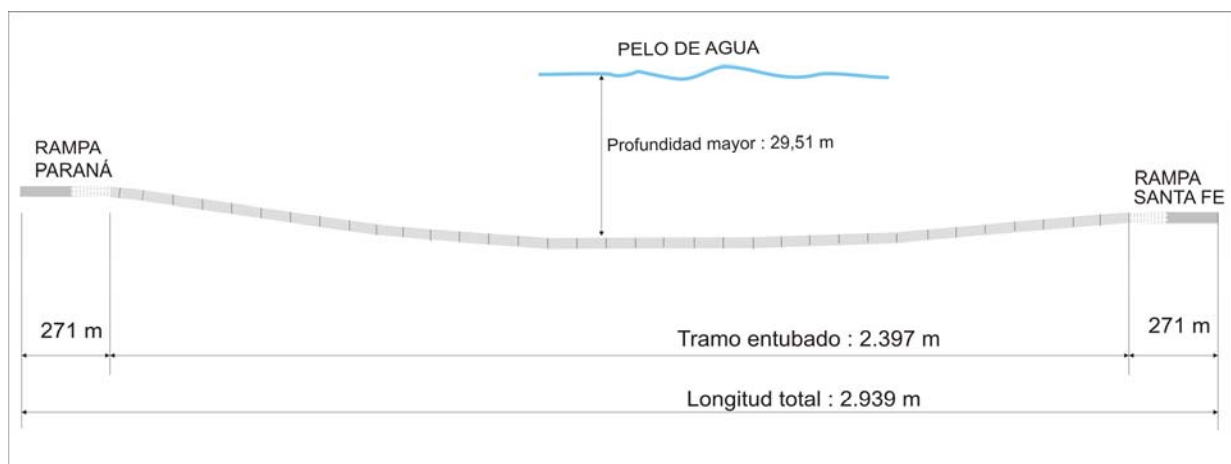


Gráfico Nº 2 – Esquema túnel

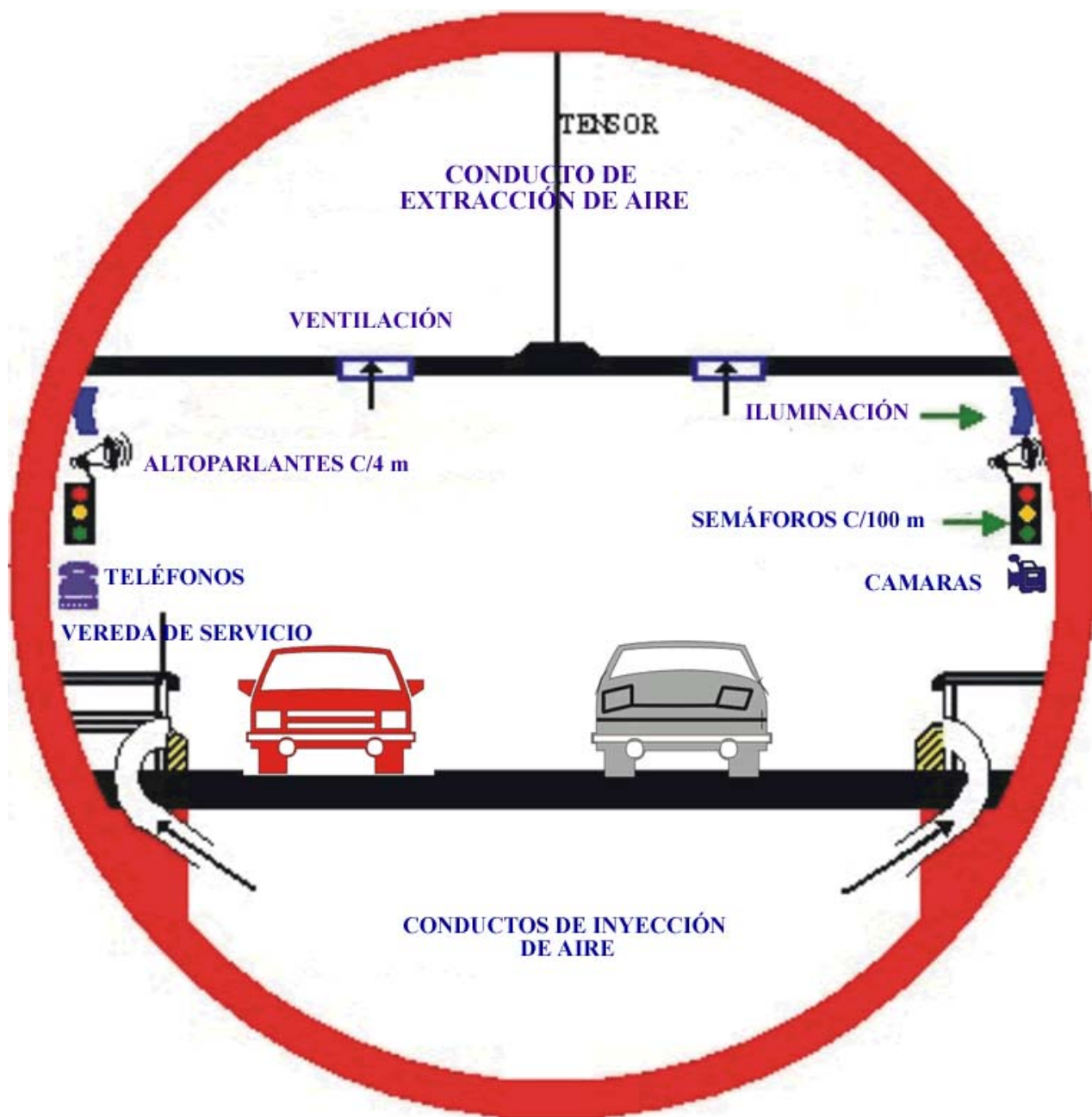


Gráfico Nº 3 – Corte Transversal del Túnel



Edificios Administrativos del Túnel y Complejo Turístico



Complejo Turístico



Edificio lado Paraná



Edificio lado Santa Fe



Peaie



Vías de Circulación

Rutas de acceso y calzada interior del Túnel. Demarcación horizontal.

Sobre la calzada de H⁰A⁰ del Túnel, de 50 cm de espesor, se ubica una capa de pavimento bituminoso, en una longitud de 3 Km.

Las rutas de acceso al mismo, son de H⁰ simple, en una longitud total de 2,5 Km. contando con cuatro vías.

Mantenimiento:

Es necesario fresar antes de repavimentar para mantener el gálibo (4,41 m) y demarcar horizontalmente cada 2 años, dado que se deteriora rápidamente por los gases de la combustión.

Revestimiento interior

De azulejos (aproximadamente 1.000.000 de unidades)

Frecuencia de lavado:

- Cada 15 días se realiza el lavado del zócalo y conductos de cables con máquina automática.
- Bimestralmente se realiza el lavado total en forma manual con equipos de agua a presión
- Cada 7 días se barre y aspira con barredora automática

Parquización

Existe una zona parquizada de 40 Ha, repartidas en ambos accesos.





Filtraciones de agua a través de uniones de tubos

Las uniones entre tubos se encuentran sometidas a presiones del orden de los 3 kg/cm². La unión entre 2 tubos, se realizó por medio de un anillo exterior de H⁰ y un perfil en “U” soldado en su interior.

La junta del anillo de goma sólo tiene la función de sello temporario. De allí la necesidad de recomponerla, en este caso con inyecciones de poliuretano hidroactivo.

Mantenimiento

- Inyecciones de poliuretano hidroactivo, cada 2 años, si es necesario.
- Control del ingreso de agua a través de un caudalímetro con registro continuo.

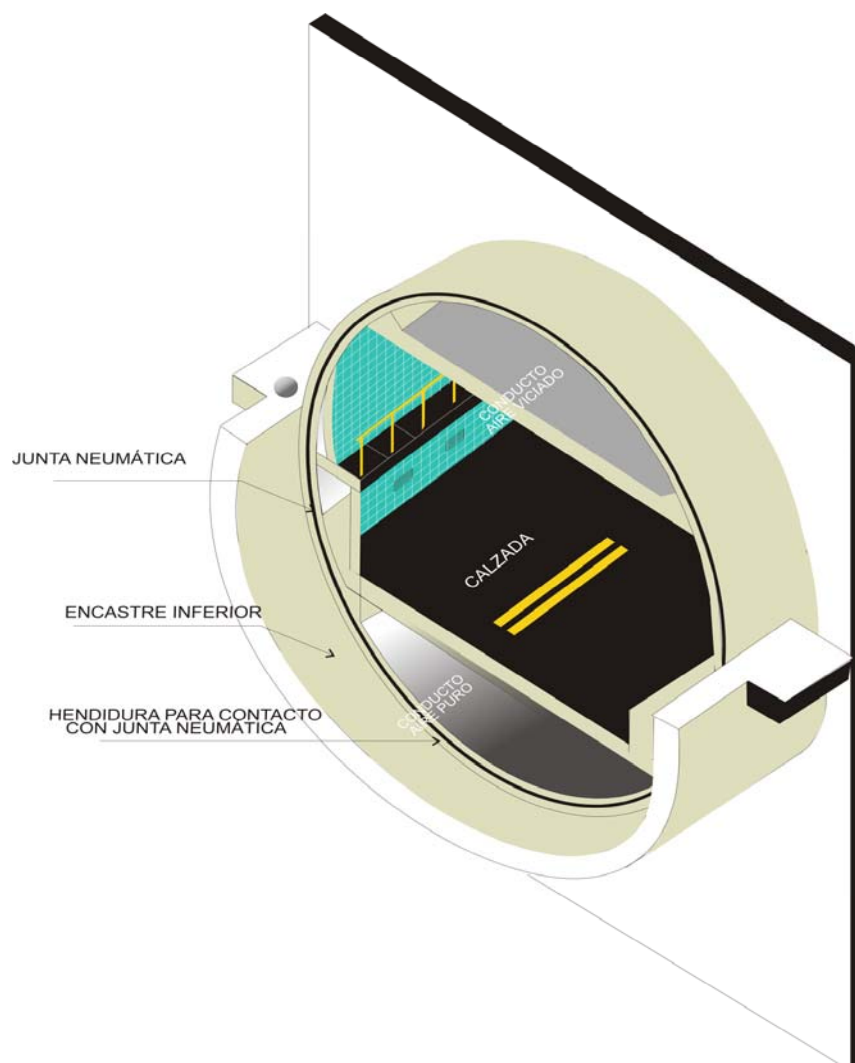


Gráfico Nº 4 – Unión entre juntas



Renovación de aire

- Extracción del aire viciado por la parte superior e inyección de aire limpio por la parte inferior.
- Cada cabecera cuenta con la instalación de 2 extractores (aire viciado) y 2 impulsores (aire limpio).
- Motores eléctricos de 65/132 Kw.
- Posee 4 sensores de visibilidad y 2 sensores de CO, a través de un PLC se comunican con los variadores electrónicos de velocidad que regulan el caudal de aire necesario a través de los extractores y ventiladores hasta un máximo de 400 m³/seg.

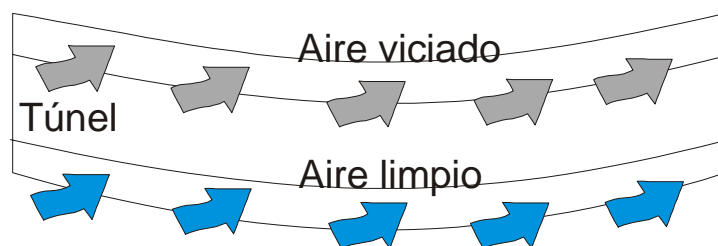
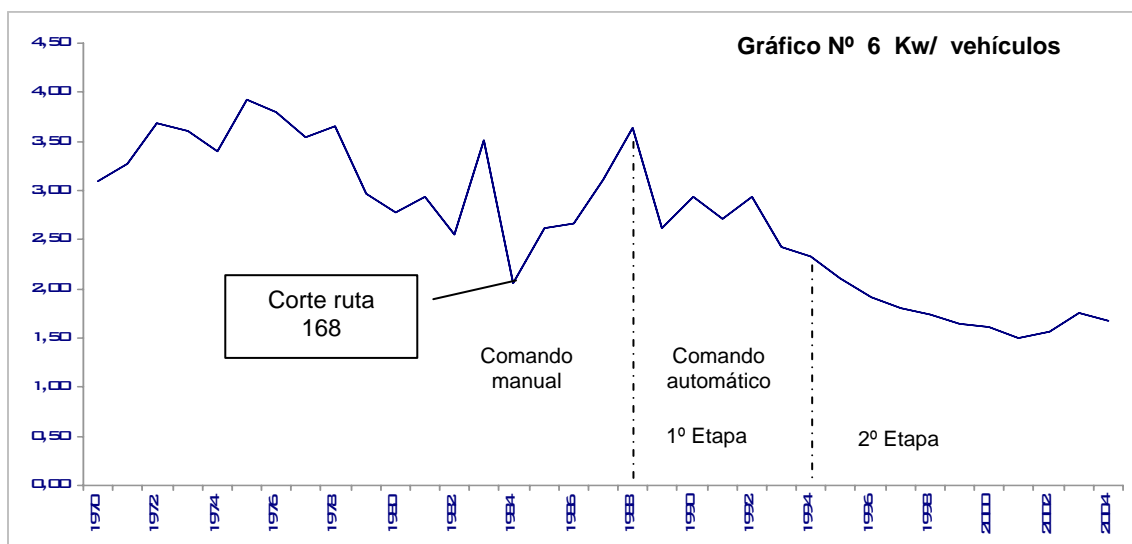


Gráfico N° 5 - Sistema de renovación de aire

Mantenimiento de motores y equipos

- Cambio de crucetas por rotura
- Mensualmente se engrasan las crucetas
- Cada 2 meses se engrasan los rodamientos de los motores
- Cambio de rodamientos aprox. cada 3 años
- Control de aislación de motores
- Limpieza de variadores electrónicos

Eficiencia energética con la incorporación de variadores electrónicos de velocidad





Semaforización

- Indican sentido de circulación vehicular
- En caso de inconveniente, se utiliza luz amarilla intermitente
- En caso de corte de tránsito, se indica con el semáforo en rojo en los accesos laterales y en las vías
- Cantidad: 108 semáforos tricolor ubicados 4 cada 100 m.



Mantenimiento

- Chequeo de funcionamiento en forma periódica y recambio de lámparas y balastos
- Lámparas tipo compacto de 7 w.
- Para las intermitentes (amarillas), incandescentes de 40 w

Sistema de alimentación eléctrica

- Alimentación y Medición en 13,2 KV
- Consumo de Energía promedio mensual 350.000 Kw
- En caso de corte de energía de red, automáticamente prestan servicio de generación 2 grupos diesel (uno por cabecera) de 600 KVA cada uno.
- Servicios auxiliares de 220 V – CC para enclavamiento, luz de emergencia y TV.

Mantenimiento

- Grupos de emergencia:
 - de rutina para grandes motores diesel
 - pruebas de funcionamiento en vacío semanalmente y con carga mensualmente
- Interruptores de 13,2 KV:
 - Control de aceites y contactos



Iluminación del Túnel

Interior

- 4.200 tubos fluorescentes de 36 W, trifósforo con pantalla reflectora cuyo nivel de iluminación alcanza los 150 lux.
- Luz de emergencia cada 18 m con tubos fluorescentes de 36W con alimentación a través de un banco de baterías 220 V – CC
- Horas de funcionamiento: las 24 hs/día.

Mantenimiento

- Cambio total de tubos cada 2 años
- Reposición parcial cada 30 días
- Control periódico de los niveles de iluminación



Exterior

- Alumbrado del tipo público en columnas

Mantenimiento

- Reposición por agotamiento de lámpara o rotura y equipos auxiliares
- En vías principales de 250/400 W
- Caminos auxiliares de 150W
- Pintado de columna cada 5 años





Sala de Control

- Ubicada en el lado Paraná
- Todos los controles para el funcionamiento del túnel se encuentran en esta sala
- Chequeo de los equipos en forma periódica
- Equipamiento:
 - 17 monitores
 - Indicadores y medidores de:
 - . Visibilidad y monóxido
 - . Consumo de energía
 - . Contador de vehículos que circulan
 - . Central telefónica con teléfonos en el interior y exterior del túnel
Interior: 24 teléfonos + 2 en rampas
 - . Amplificación de sonido en interior Túnel
 - . Sistema de comunicación VHF
 - . Sistema contra incendio
 - . Control de Semáforos (interior y exterior)
 - . Registro continuo de ingreso de agua de filtraciones



Circuito Cerrado de TV

Circuito Cerrado de TV

- 14 cámaras fijas y 3 con movimiento universal que cubren toda la vía de circulación
- Grabación digital de imágenes





Sistema de incendio

- Consta de cisternas, bombas y una cañería de 4" a lo largo del túnel con agua a presión, 24 hidrantes y mangueras flexibles.
- Completan el sistema 55 matafuegos del tipo ABC

Red de agua y Cisternas para el Sistema contra Incendio

La alimentación de la Red de agua, es a través de Obras Sanitarias de la ciudad de Paraná. Por cabecera se cuenta con:

- 2 cisternas con capacidad de 150.000 lts, para el sistema de incendio
- 2 tanques elevados de 20.000 lts, cada uno de ellos
- 1 tanque elevado de 8.000 lts de capacidad, ubicado en la zona de peajes

Cisternas de agua de lluvia y filtraciones

En cada cabecera se encuentra una cisterna de 25.000 lts donde se almacena el agua de lluvia que ingresa por las rampas. De allí es bombeada hacia el río.

En el centro del Túnel, en su parte inferior, hay una estación de bombeo, a efectos de extraer el agua de filtraciones y enviarla a la Cisterna Paraná.

Control del Río

Mensualmente se controla con equipos GPS y sondas batimétricas, 50 m aguas arriba del eje del túnel y 50 m por debajo de éste.

Este control permite determinar la cantidad de arena sobre el túnel (lastre), dinámicas de las dunas y canal principal.

En caso de creciente del río, los controles se intensifican.

Auxilio Mecánico

Se cuenta con equipos provistos de grúas hidráulicas para el auxilio mecánico. El Servicio se presta solo en el interior del Túnel y en sus rutas de acceso.



Peaje

Cuenta con 2 estaciones de peaje, ubicadas una en cada cabecera. Cada una de ellas, cuenta con 4 vías de entradas y 3 de salida.

El cobro de la tarifa, se realiza a través de un software especial (cobro, control y registros contables).

Previo al ingreso de las mismas se hace el control automático de altura.

Tarifas			
altura menor a 2,10mts			
1		2 ejes	\$ 2,00
2		3 y mas ejes	\$ 4,00
altura mayor a 2,10mts			
3		2 ejes	\$ 8,00
4		3 ejes	\$ 14,00
5		4 ejes	\$ 18,00
6		5 ejes	\$ 25,00
7		6 ejes	\$ 28,00
CORTE DE TRANSITO ADICIONAR \$ 25,50			

Gráfico N° 7 - Cuadro de tarifas

Diagrama histórico de cruce de vehículos

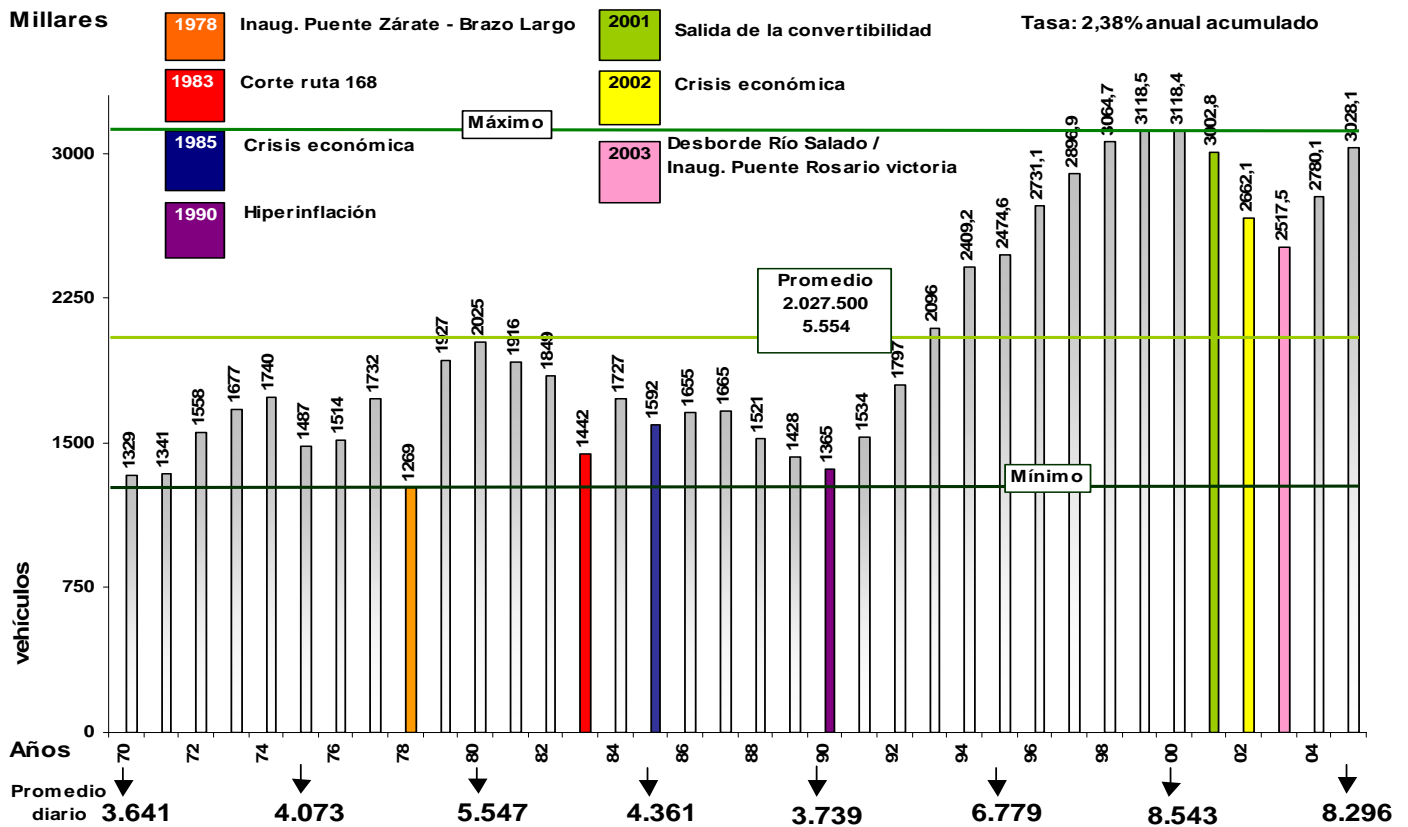


Gráfico N° 8 - Tránsito

De la gráfica surge que extrapolando esta tendencia al año 2030 el tránsito de vehículos ascendería a 5.324.000 por año, a un promedio de 14.500 por día.



Resultado tránsito vehicular

Total en 36 años 72.990.000
Promedio anual 2.027.500
Promedio diario 5.554

Cortes anuales de tránsito (ambas vías)

- Excedidos de ancho + rescates (auxilios)
Duración: 58 hs/año
Promedio: 10 min/día



Cortes anuales de tránsito (en una vía)

- Limpieza + mantenimiento
Duración: 129 hs/año
Promedio: 21 min/día

Cruce vehicular por hora

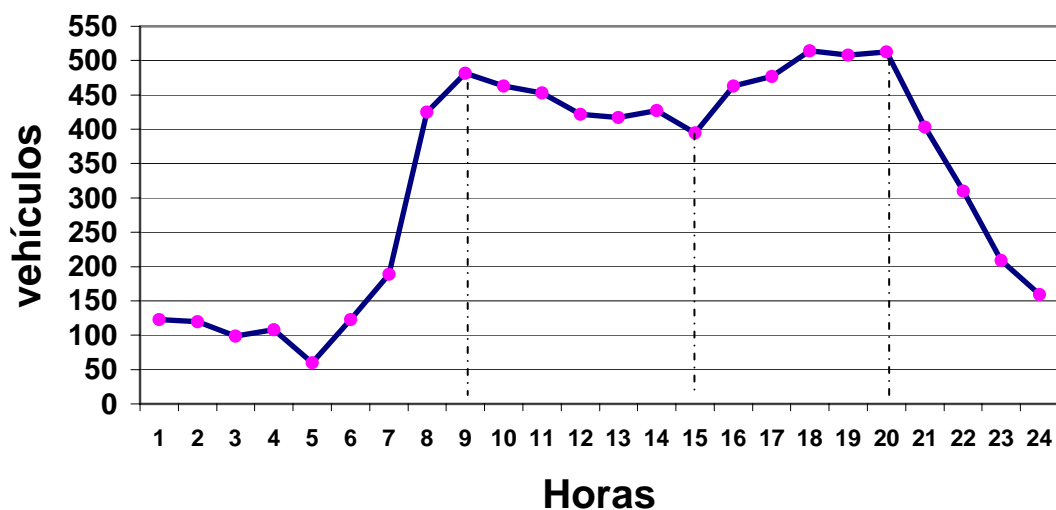


Gráfico Nº 9 – Tránsito diario



Protección sobre la estabilidad del Túnel

La estabilidad del Túnel está garantizada por una sobrecarga de 3 m de arena sobre el mismo para contrarrestar la fuerza vertical hacia arriba, producto del peso del fluido desalojado por el Túnel, más el empuje que ejerce el aire alojado en su interior.

Las altas crecientes, producto del mayor caudal de agua que transporta el río, se correlacionan con la degradación del lecho, el río aumenta su sección de paso provocando por un lado inundaciones, y por el otro, socavación del lecho por su mayor velocidad, de esta forma le permite transportar un mayor caudal.

Cuando esto ocurre sobreviene un quite de lastre original (3 m de arena sobre el túnel) y compromete su estabilidad por la falta de peso. Esto es lo que ocurrió en la crecida extraordinaria 1982/83, de 8 meses de duración que llegó a los niveles de crecida de 6,83 m (hidrómetro de Paraná). Para lograr que el Túnel mantenga su seguridad, en plena crecida se aumentó su peso propio con la incorporación en su interior de arena, asfalto bituminoso y agua logrando así su estabilidad. Posteriormente se lo retiró.

Inicialmente el proyecto del Túnel no contaba con una adecuada protección contra la exposición debida a las erosiones o socavación del lecho.

En 1967 aún en construcción el Túnel, el Ing. Vito A. Banoni, de Pasadena (California) recomienda colocar una cubierta de grava para evitar su exposición, que amenazaría su estabilidad.

En 1984 se hacen los primeros estudios en el Inst. de Hidráulica de Leichtweiss (Alemania), Ezeiza (Buenos Aires) y la FICH UNL (Santa fe) para lograr una solución. Se proyectó para ello una cubierta de protección del tipo flexible.



Esquema 1: Túnel perfectamente cubierto con arena

Esquema 2: Túnel sin protección. Situación más desfavorable.
Peligra su estabilidad.

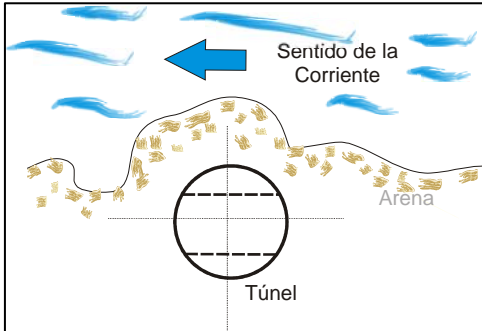


Gráfico Nº 10 - Esquema 1

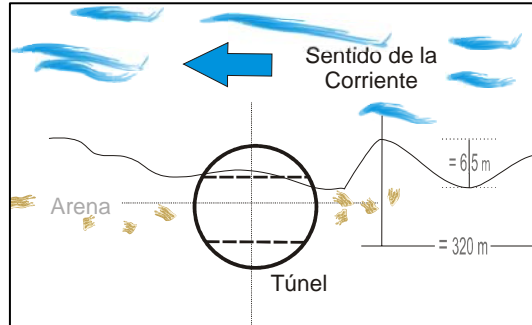


Gráfico Nº 11 - Esquema 1

Característica de la obra

De los estudios realizados en 1984 se aconsejó la utilización de un geotextil lleno de H^o Coloidal.

1º Etapa de Construcción: 1992/93, con una longitud de 600m y 100m de ancho, utilizando H^o Coloidal, siendo construido en el mismo río.

2º Etapa: 1998/99, se utilizó geotextil con H^o simple, prefabricado, con una longitud de 300m por 100m de ancho.

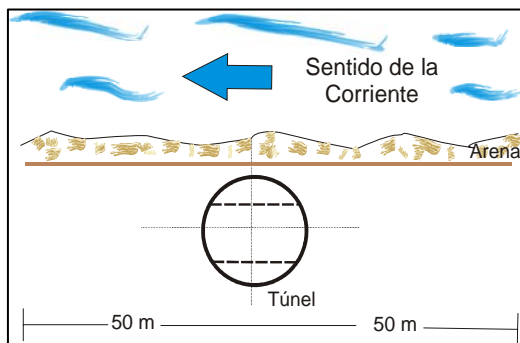


Gráfico Nº 12

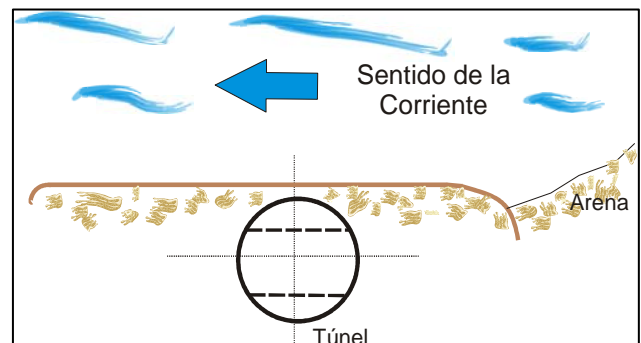


Gráfico Nº 13



CONCLUSIONES

Limitaciones del Túnel

- Altura 4,20 metros
- Velocidad mínima 40 Km/h – máxima 60 Km/h
- Circulación prohibida para vehículos con cargas peligrosas
- Prohibida la circulación de transeúntes, ciclomotores y bicicletas
- Los vehículos excedidos de ancho circulan con corte de tránsito

Desventajas

- Iluminación durante las 24 hs.
- Renovación de aire constante
- Vigilancia durante las 24hs con cámaras de TV
- Filtraciones de agua por estar sumergido
- No posee vías de escape para usuarios en caso de accidentes
- No se cuenta con banquetas para detención de vehículos, lo que obliga a contar con servicio de auxilio mecánico.

Problemas que se presentaron

- Creciente extraordinaria 1982/83, hubo que aumentar el peso propio incorporándole en su interior agua, una carpeta de pavimento bituminoso y arena en una de las manos de la calzada.

Solución: Se colocó una cubierta de protección

- Imposibilidad de sellar las filtraciones de agua por las juntas con el sistema tradicional, inyección de resina epoxi.

Solución: Se Inyectó con poliuretano hidroactivo.

- Rampa lado Paraná por estar asentada en arcilla expansiva se rompieron el sello de las juntas de dilatación provocando el ingreso agua de las napas freáticas en la carpeta asfáltica.

Solución: Se crearon 24 drenes para captar el agua y enviarla a las cisternas.



Problemas actuales

- No se cuenta con un sistema contra incendio acorde a la tecnología actual.
- Esta en estudio un nuevo rol contra incendio, sensores de humo para los canales de cables (los cables actuales no son antillamas) y la creación de compuertas automáticas ubicadas en el cielorraso para aumentar la extracción de humo en caso de incendio.
- Posee una calzada de 7,50 m lo que obliga a realizar cortes de tránsito para el cruce de vehículos excedidos de ancho.
- Carece de una brigada a los efectos de prestar los primeros auxilios antes de la llegada de los bomberos.
- Falta de un área de programación con el fin de ordenar las tareas y obras a realizar.

Bibliografía

Material aportado por la Dirección Técnica.