

*“FORO de LIDERAZGO PARA LA INTEGRACIÓN
DE AMÉRICA DEL SUR ”*

“ TÚNEL BINACIONAL DE AGUA NEGRA ”

ARGENTINA - CHILE

Ing. Edgardo Guerci

CARTAGENA – COLOMBIA

Diciembre 2008





CORREDOR BIOCEÁNICO CENTRAL
TUNEL BINACIONAL DE AGUA NEGRA

SÍNTESIS DE LOS TEMAS

“ UNA PUERTA HACIA EL PACÍFICO ”

1. *Antecedentes de Integración Regional - Paso Agua Negra*
2. *Descripción del Corredor Bioceánico Central*
Pto Alegre (Br.) – Region Centro (Ar.) - Coquimbo (Ch.)
3. *Túnel Binacional de Agua Negra*
San Juan (Argentina) - IV Región (Chile)

TUNEL INTERNACIONAL DE AGUA NEGRA

ANTECEDENTES MÁS CERCANOS DE INTEGRACION

MERCADO COMUN DEL SUR (MERCOSUR)

Tratado de Asunción - 1991 : Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay

- **Acuerdo de Complementación Económica MERCOSUR-CHILE. 1996**

Protocolo Adicional de Integración Física MERCOSUR – CHILE.

“Programa de inversiones para los 13 Pasos Fronterizos priorizados entre Chile y Argentina”
(1996 – 2000)

*“ Programa de Pasos Cordilleranos ” (B.I.D – DNV) 1.997
Consultora: Louis Berger Internacional, Inc., CITECO Consultora S.A.-*

*Estudios y Proyecto Ejecutivo de la RN 150
Tramo: Las Flores- Lim. Internac.
(4to Sección :Túnel)*

***Hay un cambio del concepto de Integración en la Región
Se reafirma la voluntad política de integración física para facilitar el intercambio comercial.***

CORREDOR BIOCEÁNICO CENTRAL (30 ° Lat. Sur)

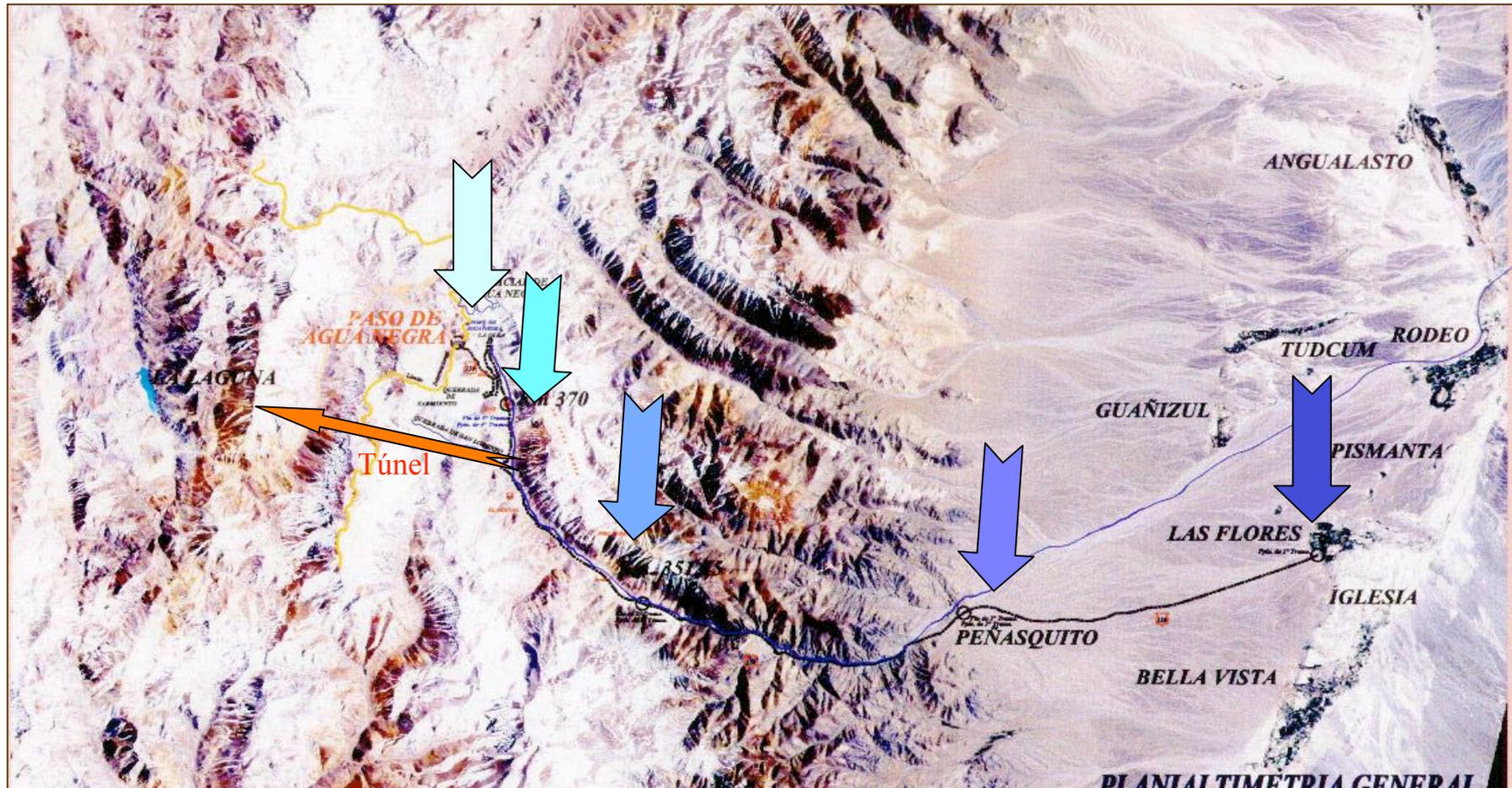
PORTO ALEGRE (BRASIL) - PUERTO DE COQUIMBO (CHILE) 2.472 km.

TÚNEL INTERNACIONAL DE AGUA NEGRA



LINEAMIENTOS GENERALES DEL TRAZADO ACTUAL

Sección: *Las Flores – Lim Int. (Paso de Agua Negra)* Long.: 90 km - Secciones: 1°, 2°, 3°, y 4°



Primera Sección: Zona pedemonte- semi-llana, de 27 Km de longitud.

Segunda Sección: Zona con características precordilleranas, de 28 Km

Tercera Sección: Inicio de zona de alta montaña, de 17 Km longitud.

Cuarta Sección: Zona de alta montaña, de 18 Km de longitud.

TUNEL BINACIONAL DE AGUA NEGRA

Estudios Previos acordados

Grupo Técnico Mixto (G.T.M.)

y

Mesa Técnica Mixta (M.T.M)

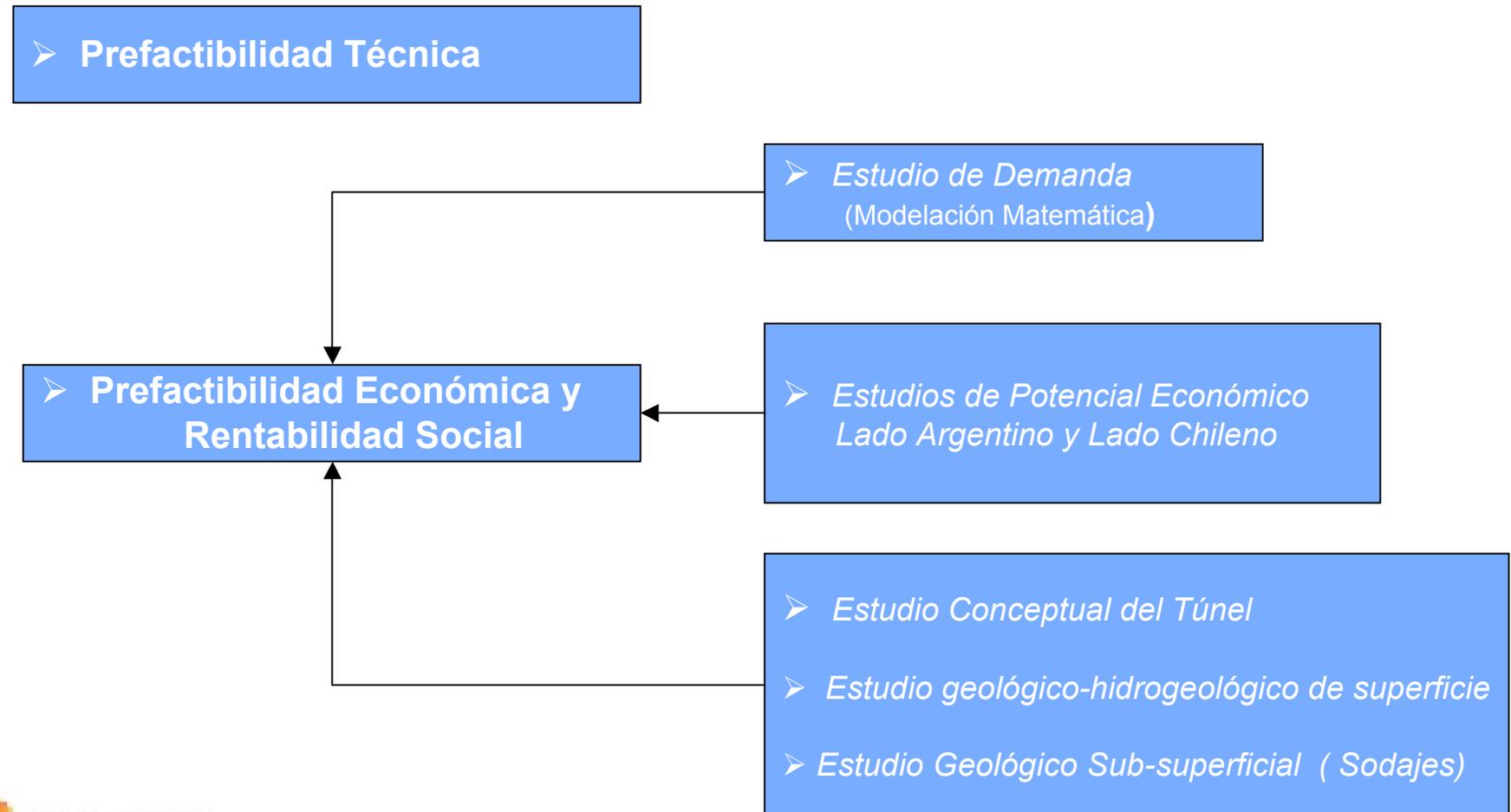
Argentino-Chileno



TUNEL BINACIONAL PASO DE AGUA NEGRA (Ar.- Ch.)

Estudios Previos

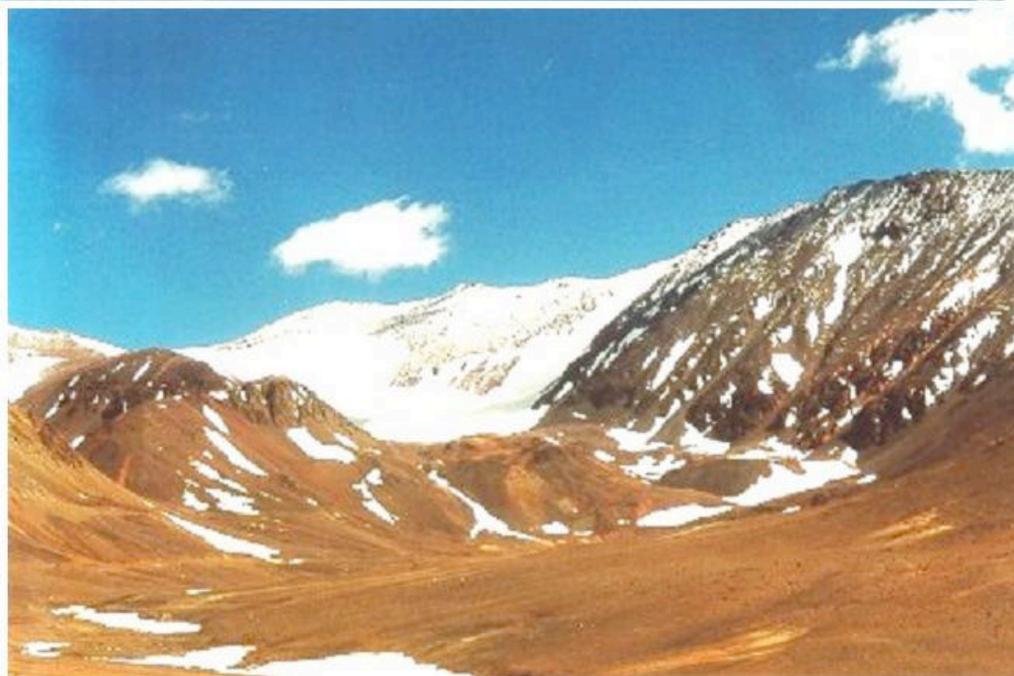
Mesa Técnica Mixta (M.T.M)
Argentino-Chileno



REPÚBLICA ARGENTINA
MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL
INGRESOS PÚBLICOS Y SERVICIOS
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE VIALIDAD

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA
PARA DEFINIR LAS OBRAS NECESARIAS
EN LA ZONA LIMÍTROFE DEL PASO DEL AGUA NEGRA
(IV Región - Pcia De San Juan)**



CONSORCIO BINACIONAL

CONSULBAIRES (AR) – INGENDESA (CH.)

TUNEL INTERNACIONAL PASO DE AGUA NEGRA (Ar.- Ch.)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICA

El Estudio fue dividido en las siguientes etapas:

- ❑ **Etapa 1:** *Identificación de las posibles alternativas de conexión en las inmediaciones del actual Paso Internacional .*

- ❑ **Etapa 2:** *Preselección y desarrollo posterior de cinco (5) alternativas. Proposición de anteproyectos. Luego del análisis, propuesta de las dos más conveniente para continuar en la Etapa de Anteproyecto.*

- ❑ **Etapa 3:** *Elaboración de los Anteproyectos Preliminares de las dos alternativas elegidas, y obtención de las correspondientes conclusiones.*

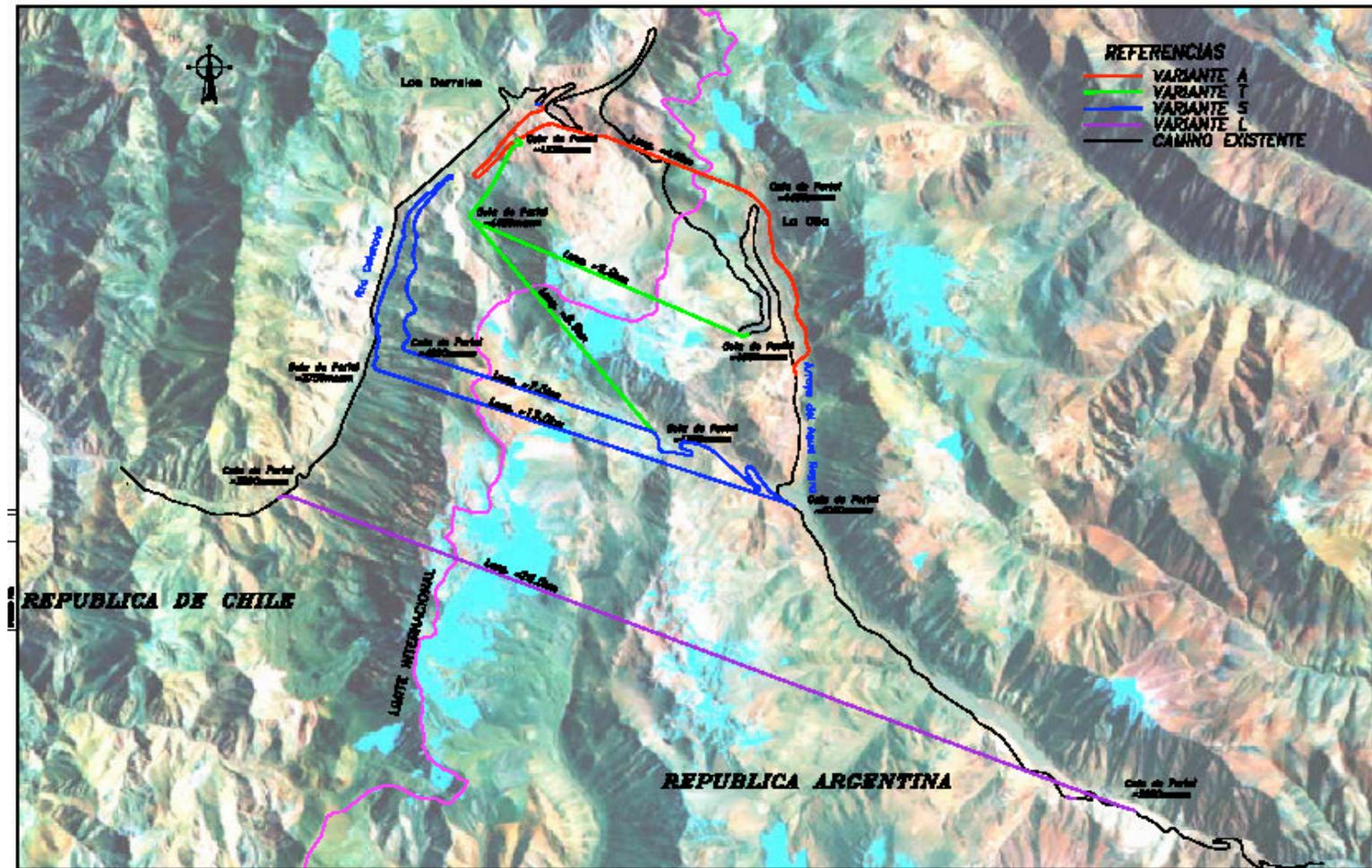
ESTUDIO DE PREFECTIBILIDAD TECNICA

1° Etapa: IDENTIFICACIÓN Y PRESELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Área de Estudio : Q° Arroyo Agua Negra (Ar.) –Q° Rio Colorado(Ch)

Q° San Lorenzo (Ar.) – Llanos de las Liebres (Ch.)

Análisis de cinco (5) alternativas



ESTUDIO DE PREFECTIBILIDAD TECNICA

2° Etapa: Desarrollo de las Alternativas

Tabla N°1: Resumen de longitudes de las alternativas (km)

Alternativa	Longitud total	Acceso Argentina	Túnel falso Argentina	Túnel	Túnel falso Chile	Acceso Chile
A1	35.28	10.54	0.46	4.84	0.20	19.24
			5.50			
A2	36.56	10.54	0.46	4.14	0.45	20.97
			5.05			
A3	37.63	10.54	0.46	3.59	0.65	22.39
			4.70			
S1	34.30	9.31	0.00	7.30	0.00	17.69
			7.30			
S2	17.18	0.40	0.00	14.70	0.20	1.88
			14.90			

Tabla N°2: Datos de las pendientes de la rasante y cotas de los portales de los túneles

Alternativas	Pendiente rasante (%)	Cota Portal chileno (m.s.n.m)	Cota Portal argentino (m.s.n.m)
A1	2.50	4327	4440
A2	2.00	4370	4440
A3	0.62	4439	4440
S1	1.75	4246	4357
S2	2.80	3630	3950

ESTUDIO DE PREFECTIBILIDAD TECNICA

3° Etapa: Selección de dos Alternativas (método multicriterio)

Los criterios principales utilizados para la selección fueron:

Condiciones Generales de Infraestructura vial y transitabilidad:

- Diseño geométrico de los caminos (alturas máximas, pendientes, sinuosidad)
- Longitud total del recorridos y tiempos de viaje.
- Probabilidades de interrupción del tránsito por condiciones invernales desfavorables.

Costos y plazos: se incluyeron todos los costos de las alternativas y como subcriterio el plazo de ejecución de la obra.

Condiciones Geológicas y Riesgos Naturales .

Posibilidad de afectación de las rutas por fenómenos naturales : avalanchas, deslizamientos, etc.

Impacto Ambiental : se contempló las afectaciones al medio receptor.

Conclusión: las alternativas más convenientes para pasar a la etapa de Anteproyecto resultaron las denominadas S2 y A1.

ESTUDIO DE PREFECTIBILIDAD TECNICA

3° Etapa: Desarrollo de Anteproyectos para las Alternativas seleccionadas A1 y S2.

Tabla N° 3: Longitudes de túneles, pendientes de rasante y cotas de los portales de los túneles

Alternativas	Longitud total (túnel + falso túnel) (km)	Pendiente rasante (%)	Cota portal chileno (m.s.n.m)	Cota portal argentino (m.s.n.m.)
Camino actual	Cota camino en límite internacional: 4765 (m.s.n.m.)			
Alternativa A1	5.29	2.50	4326	4429
Alternativa S2	13.97	2.80	3630	3950

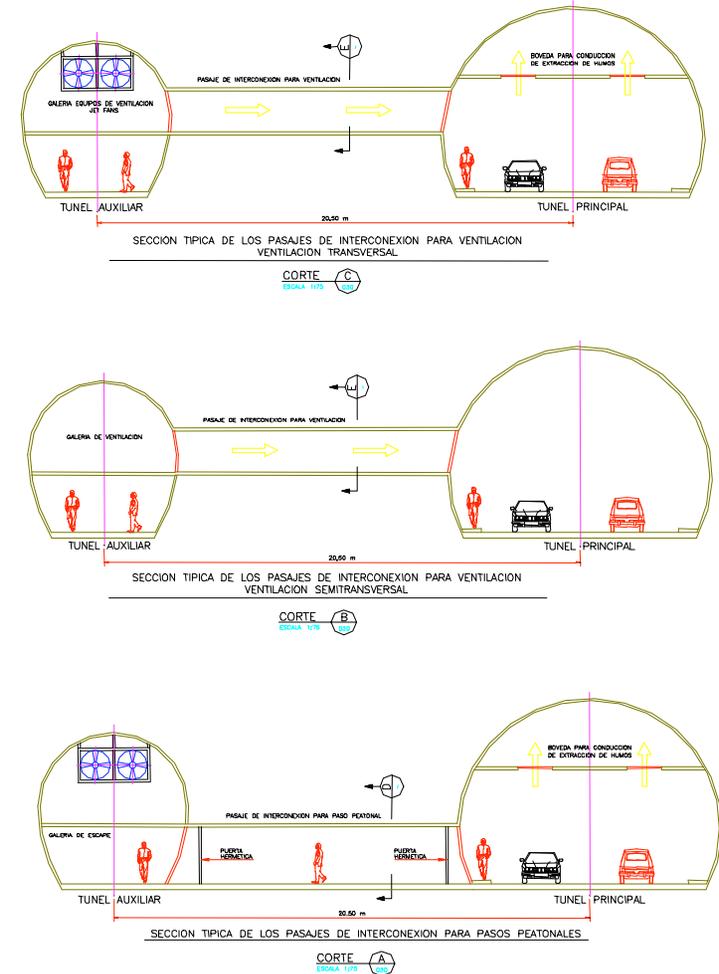
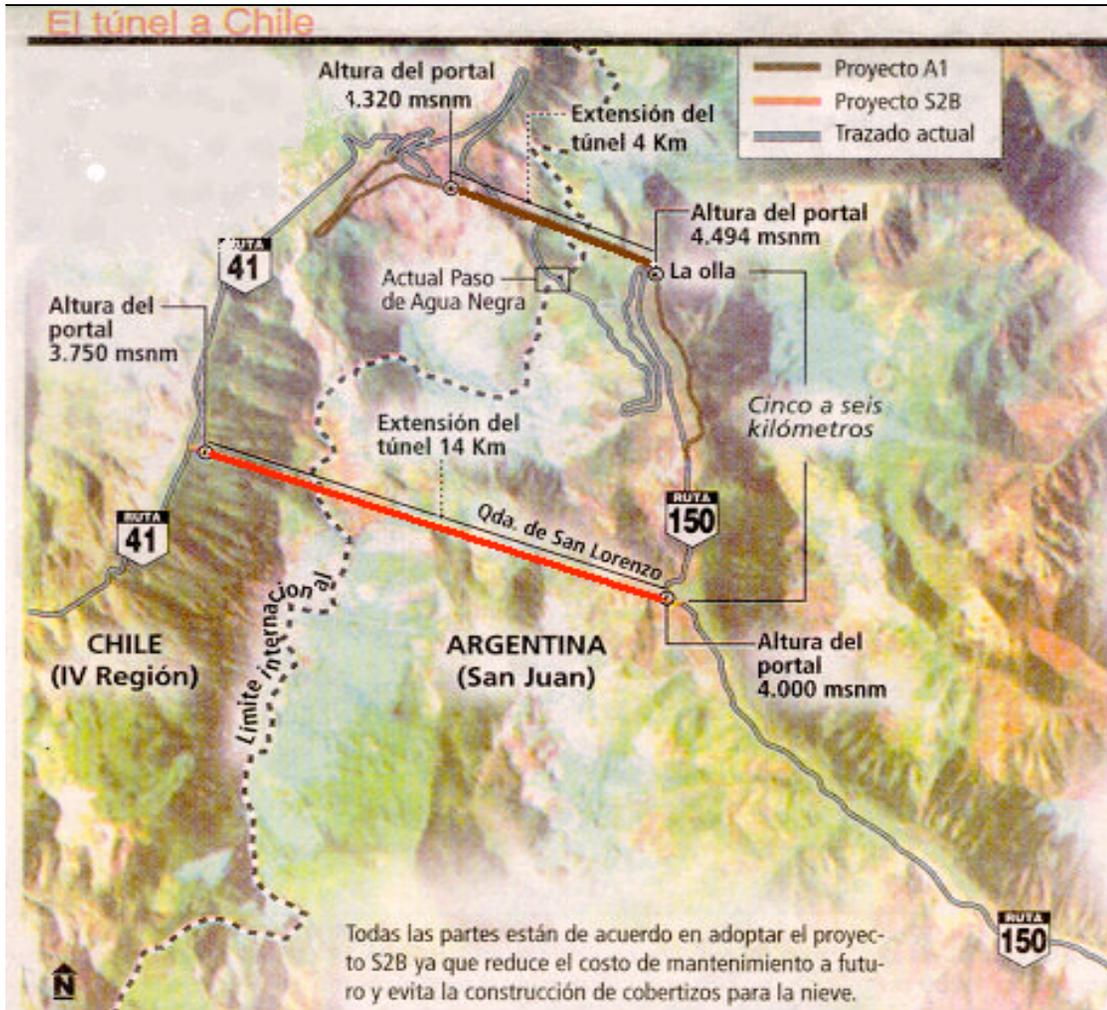
Tabla N° 4 se indican las longitudes de ambas alternativas, comparadas con el camino actual:

Alternativa	Longitud entre extremos del estudio comparativo (km)			
Camino actual				60,90
Alternativa A1	Acceso Argentina	Acceso Chile	Túnel+falso túnel	Total
	10,52	19,59	5,29	35,40
Alternativa S2	Acceso Argentina	Acceso Chile	Túnel+falso túnel	Total
	0,73	2,00	13,97	16,70

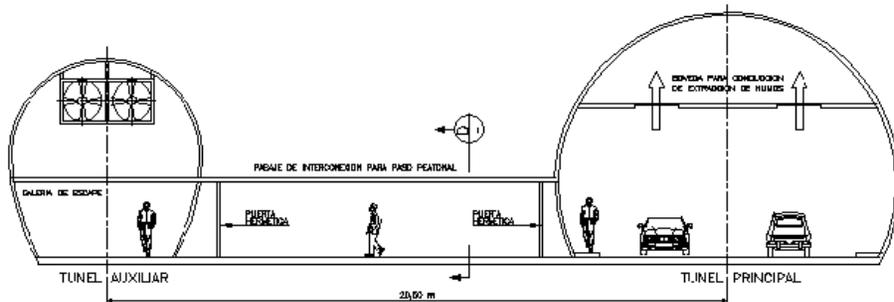
Diferencia : 60,9Km – 16,7 Km= 44,2 Km.

ESTUDIO DE PREFECTIBILIDAD TECNICA

Anteproyecto Complejo Túnel Paso de Agua Negra

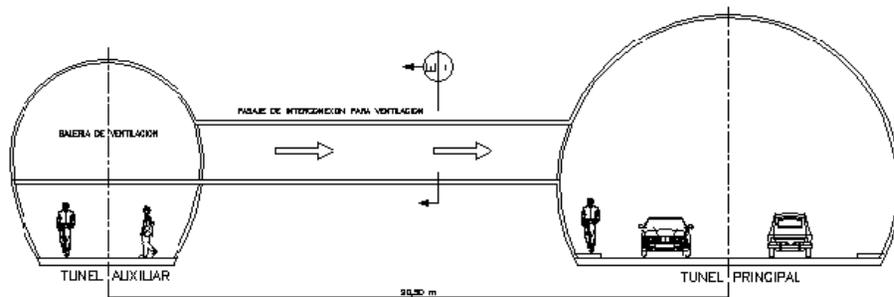


Esquema de diseño- Propuesta inicial



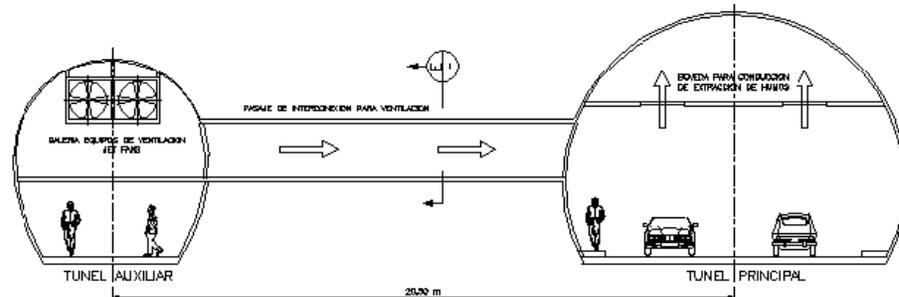
SECCION TIPICA DE LOS PASAJES DE INTERCONEXION PARA PASOS PEATONALES

CORTE A
ESCALA 1:75



SECCION TIPICA DE LOS PASAJES DE INTERCONEXION PARA VENTILACION TRAMO 1 (VENTILACION SEMITRANSVERSAL)

CORTE B
ESCALA 1:75

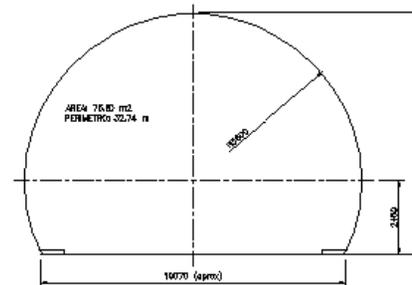


SECCION TIPICA DE LOS PASAJES DE INTERCONEXION PARA VENTILACION TRAMO 2 (VENTILACION TRANSVERSAL)

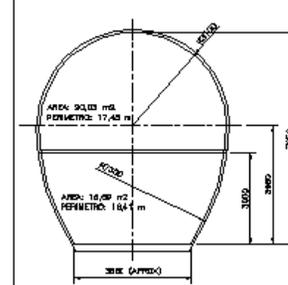
CORTE C
ESCALA 1:75

AREAS Y PERIMETROS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

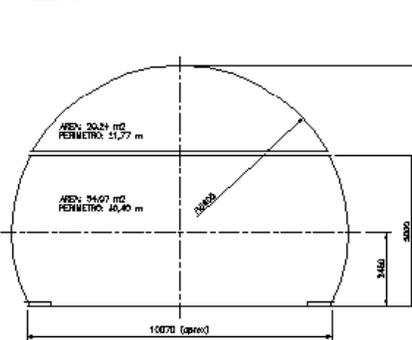
TUNEL PRINCIPAL TRAMO VENTILACION SEMITRANSVERSAL
ESCALA 1:75



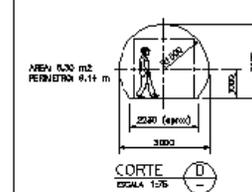
TUNEL AUXILIAR
ESCALA 1:75



TUNEL PRINCIPAL TRAMO VENTILACION TRANSVERSAL
ESCALA 1:75

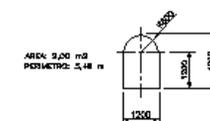


PASAJE INTERCONEXION PASOS PEATONALES



CORTE D
ESCALA 1:75

PASAJE INTERCONEXION VENTILACION



CORTE E
ESCALA 1:75

ESCALA INDICADAS



REPUBLICA ARGENTINA
MINISTERIO P. F., I. P. Y S.
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION NACIONAL DE VALIDAD

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VALIDAD

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA
EN LA ZONA LIMITROFE
DEL PASO DE AGUA NEGRA
(IV REGION-PROVINCIA DE SAN JUAN)

ALTERNATIVA S2B
SISTEMAS DE VENTILACION Y EXTRACCION DE HUMOS
SECCIONES

PÁGINA N.º 2

TUNEL INTERNACIONAL PASO DE AGUA NEGRA (Ar.- Ch.)

COMPARACION DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA S2B (13,7 Km)

Se puede concluir que la Alternativa S2B es la más recomendable en función del objetivo del estudio, debido a :

- **Sus mejores condiciones geométricas:** menor recorrido, mejor trazado planialtimétrico, menor cota absoluta de la rasante.
- **Mejor comportamiento frente a la circulación en invierno** (menor número de días cerrado por año).
- **Mejores condiciones naturales:** menor riesgo por avalanchas y mejores condiciones geológicas del túnel por atravesar formaciones rocosas de mejor calidad.
- **Menor impacto ambiental:** la mayor longitud en túnel de la alternativa S2B permite minimizar las alteraciones o afecciones al medio físico.
- **Menor costo de operación** de los vehículos.

Ventajas no medibles económicamente:

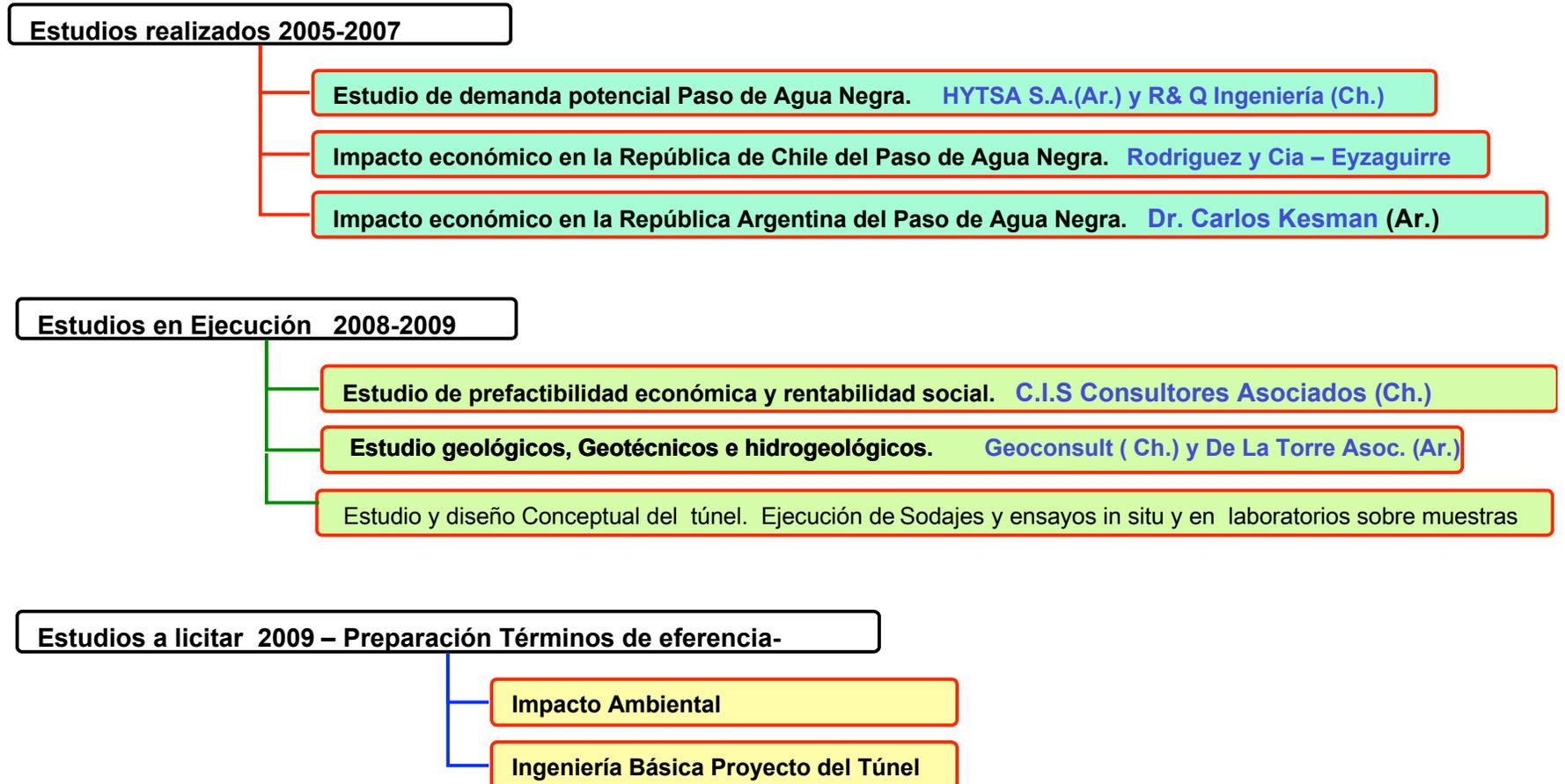
- *Se desarrolla a menor altura s.n.m. Menor posibilidad de apunamiento de conductores y pasajeros.*
- *No presenta zonas con el camino a media ladera de montaña.*
- *Está mucho menos expuesta a los fuertes vientos de la zona y al viento blanco.*

Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICA

OTROS ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS (G.T.M.y M.T.M)



Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

TRABAJO N°1:

ESTUDIO y MAPEO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E HIDROGELÓGICO DE SUPERFICIE

Mag. Giorgio Höfer (Geólogo) - Geoconsult Consulting Engineers

Objetivo:

Caracterización de los macizos rocosos expuestos en superficie relevantes para el diseño del proyecto e identificar toda la arquitectura geológica subsuperficial.

Incluye :

*Reconocimiento y registro de las características topográficas significativas,
Movimientos en masa, y condiciones hidrogeológicas - hidrotermales.
Diferenciación de tipos de rocas, propiedades geotécnicas y mecánicas.
Identificación de discontinuidades y fallas en los macizos.*

Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

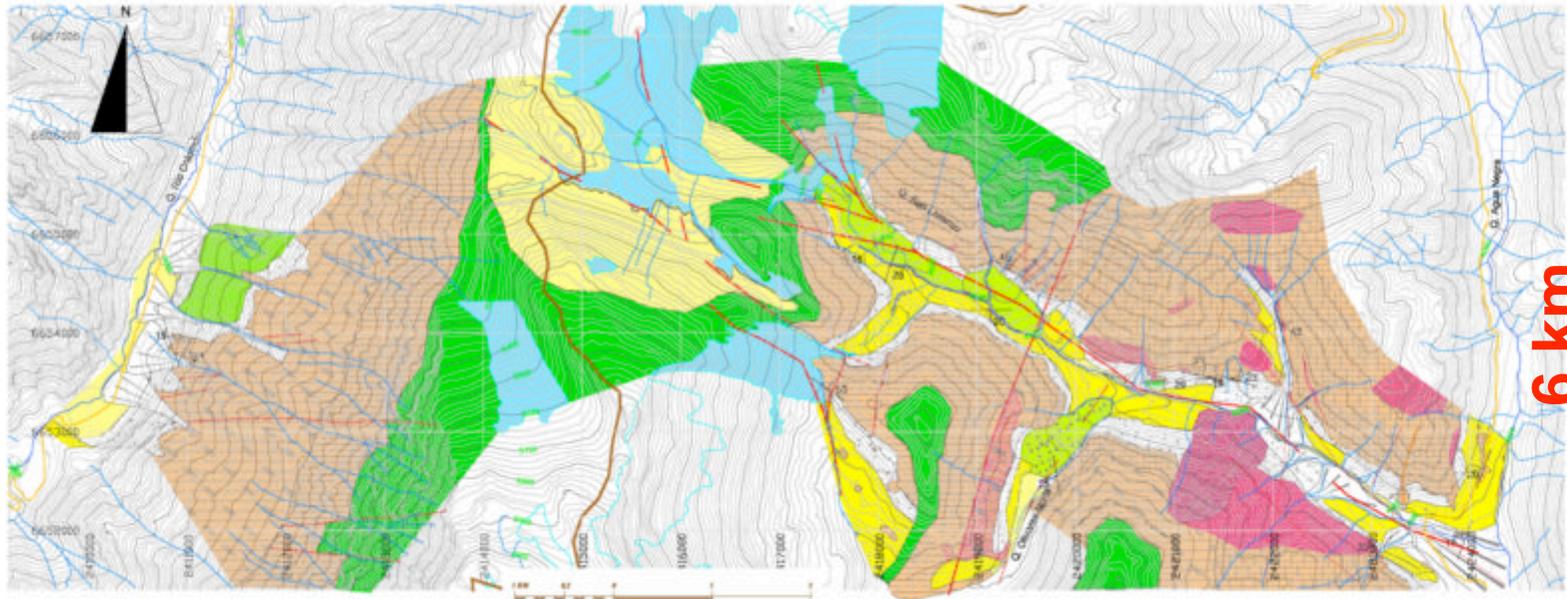
MAPEO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E HIDROGELÓGICO DE SUPERFICIE

- Carta geológica (para el primer informe)

>> escala 1:25.000

Leyenda

Cuaternario	aluviones
	depósito de terrazas
	destruido
	destruido con bloques
	deslizamiento
	remoción en masa
	morenas
	glaciales de roca
	conos aluviales
Hidrología	glaciares
Estratigrafía	
Terciario	Fin. Dofe Ana
	Alteraciones hidrotermales fuertes/intermedias/pequeñas
Permianásico	Grupo Choyoi indiferenciado
	Fin. Choyoi superior
	Fin. Choyoi medio
	Fin. Choyoi inferior
	Fin. Choyoi diques
	Fallas observadas, inferidas
	Rumbo y buzamiento
	Límite internacional



15 km

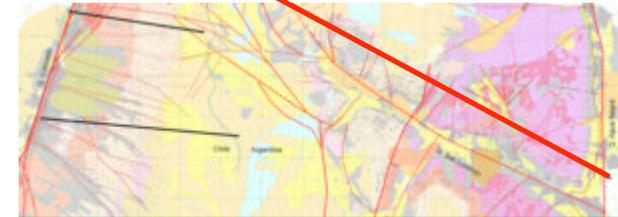
6 km

Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

MAPEO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E HIDROGELÓGICO DE SUPERFICIE

A'



A

Quebrada de San Lorenzo

Leyenda

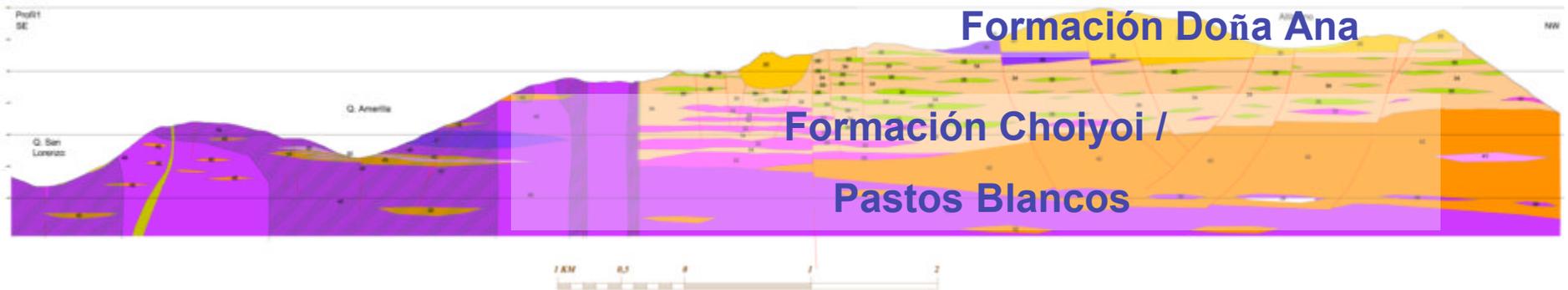
Estratigrafía

Formación

	18 milonita		34 Chy sup - brecha volcanica
	20 D.A. indif.		35 Chy sup - ignimbrita
	24 D.A. - basalto		36 Chy sup - basalto
	25 dique indif.		37 Chy sup - riolita
	26 dique riolítico		38 Chy med indif.
	27 dique basáltico		39 Chy med - andesita
	29 dique aplítico		40 Chy med - traquita
	30 Chy sup indif.		41 Chy med - dacita
	31 Chy sup - toba		42 Chy med - riolita
	32 Chy sup - andesita		45 Chy inf indif.
			46 Chy inf - andesita
			47 Chy inf - basalto
			48 Chy inf - riolita

A

A'



Perfil longitudinal paralelo a la Quebrada de San Lorenzo

Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

TRABAJO N° 2 : ESTUDIOS A NIVEL CONCEPTUAL DEL DISEÑO DEL TUNEL (ALT. S2B)

(SISTEMA INTEGRADO OBRA-OPERACIÓN y SEVICIOS)

- **Selección del Corredor y Diseño Planialtimétrico de la Traza del túnel.**

Considerando :

- Aspectos geológicos-geotécnicos
- Condiciones geométricas del alineamiento.
- Emplazamiento de los portales y piques (acceso / ventilación).
- Metodología constructiva del túnel

- **Definición Preliminar de Alternativas de Sistemas de Túneles**

- Diseño preliminar de las secciones y perfiles transversales del túnel
- Análisis y propuesta de tipos de Túnel en relación con: Sección Transversal., Método constructivo., Modos de operación, Condiciones de seguridad, Sistemas de ventilación.

- **Análisis comparativo de metodologías constructivas.**

- **Sistemas de operación y control del tránsito.**

- **Aspectos de mantenimiento y seguridad.**

- **Programación de la construcción:**

- Costos de inversión de obra. Confección de planos a nivel de ingeniería conceptual (Planos de planta , cortes, secciones transversales , galerías , esquema de instalaciones y equipamientos)

Resultado: Proponer un Sistema Integral de Túnel que resulte seleccionado

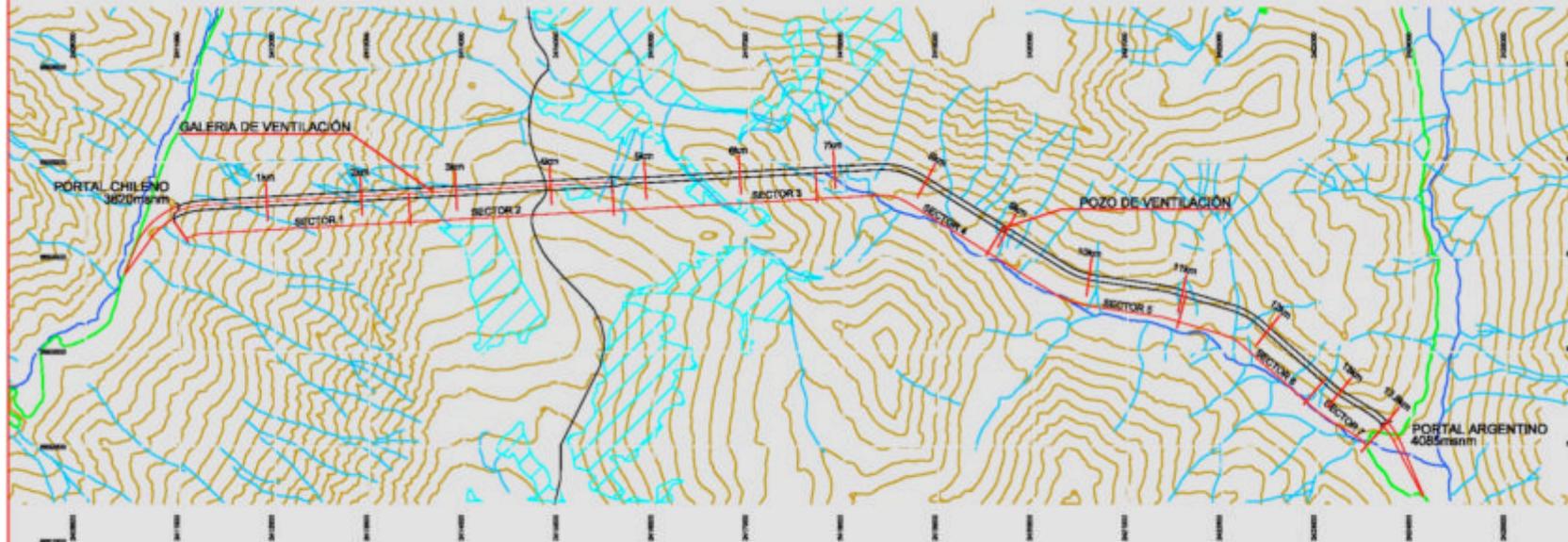
Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

TRABAJO N° 2 : ESTUDIOS A NIVEL CONCEPTUAL DEL DISEÑO DEL TUNEL

PLANTA DE SISTEMA DE TÚNELES

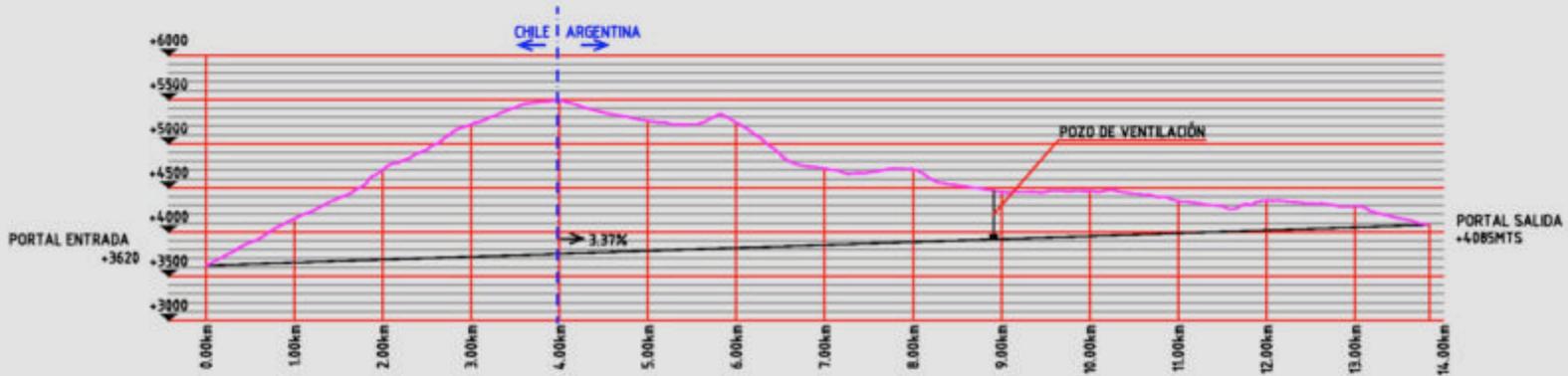
2 TUBOS UNIDIRECCIONALES, GALERIA DE VENTILACIÓN, POZO DE VENTILACIÓN
EXCAVACIÓN CON MÁQUINA TUNELERA Y NATM



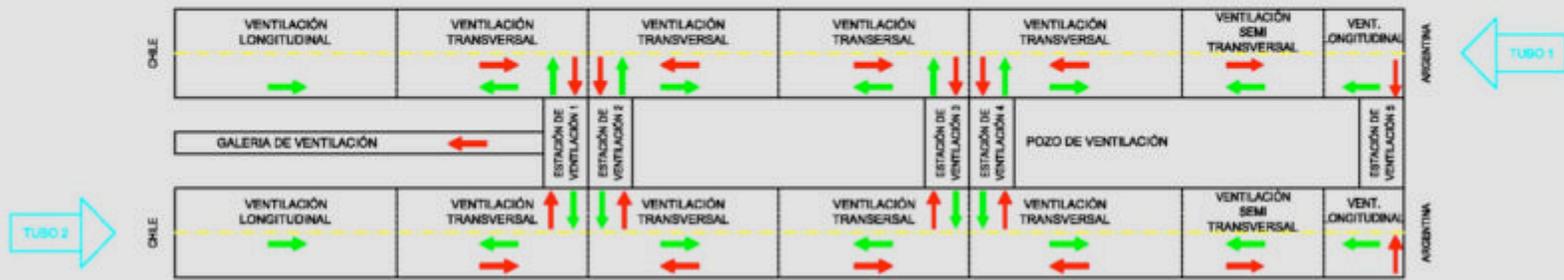
Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

CORTE LONGITUDINAL DE SISTEMA DE TÚNELES
 2 TUBOS UNIRECCIONALES, GALERÍA Y POZO DE VENTILACIÓN
 EXCAVACIÓN CON MÁQUINA TUNELERA Y NATM



SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7
2500mts	2150mts	2150mts	2150mts	2393mts	1700mts	800mts



Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

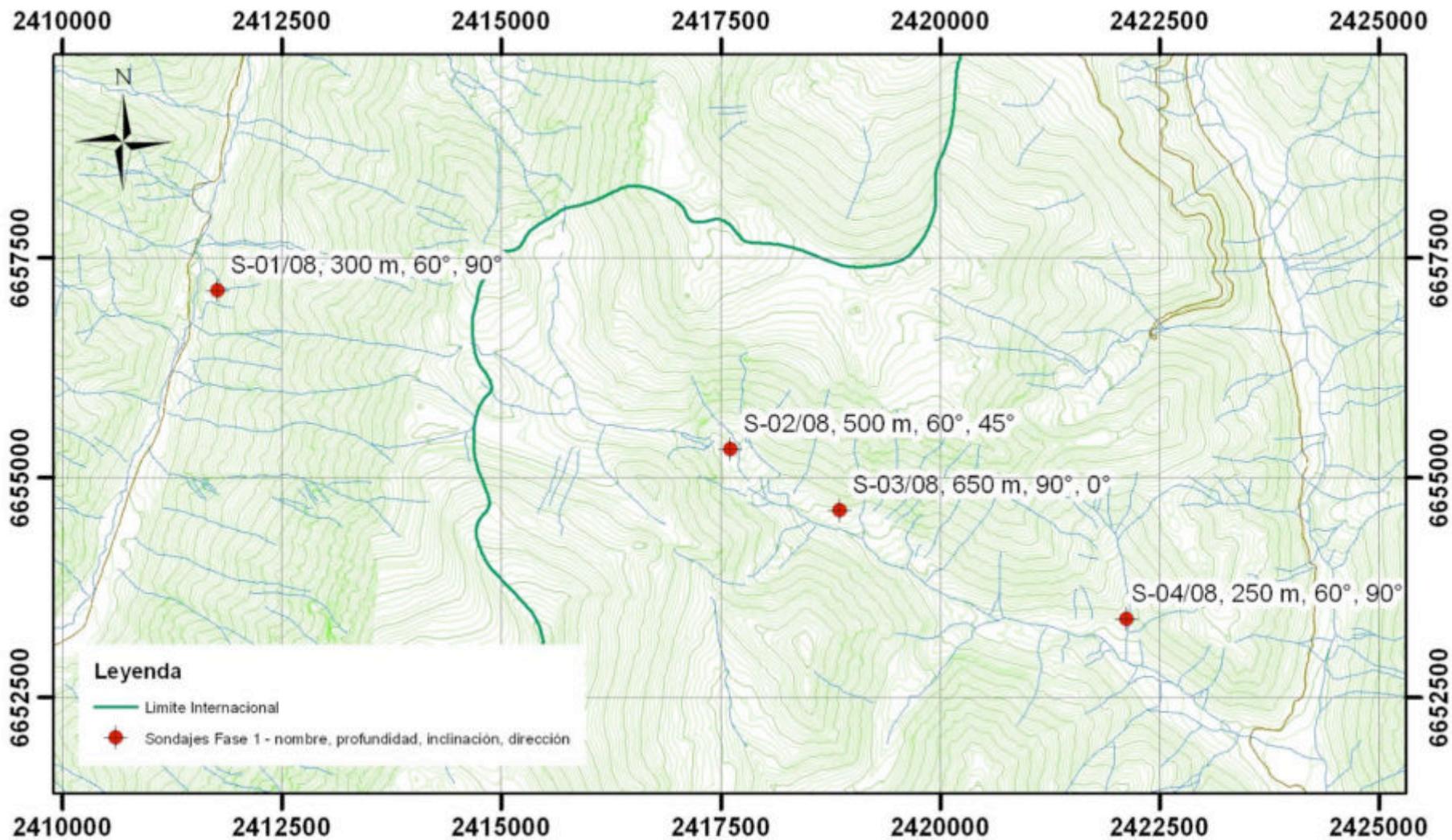
TRABAJOS N° 3: INVESTIGACION GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA E HIDROGEOLOGICA SUBSUPERFICIAL

EJECUCIÓN DE SONDAJES GEOTÉCNICOS CON DIAMANTINA CON EXTRACCION CONTINUA DE TESTIGOS. Fase 1 y 2

Tipos de investigaciones y alcance del trabajo :

- Sondajes geotécnicos, con recuperación continua de testigos, diámetro 96 mm, verticales e inclinados (máx. 45°), profundidad máxima 700 m.
- Instalación de instrumentación geotécnica dentro de sondajes.
- Ejecución de ensayos y mediciones hidráulicas y geofísicas según la ubicación del sondaje, el tipo de roca / suelo:
 - *Determinación de niveles, caudales y velocidades de circulación de agua subterránea*
 - *Determinación de la permeabilidad de la roca (ensayos lugeon)*
 - *Determinación de módulo de deformación de la roca*
 - *Verificación de la existencia de gases y radioactividad..*
 - *Determinación del comportamiento de la roca ante el fracturamiento hidráulico.*
 - *Variación con la profundidad de la temperatura, el PH, la conductividad eléctrica.*
 - *Ensayos geofísicos en sondajes: ensayos acústicos y filmación, scanner óptico y telecámara.*
 - *Mediciones de variación del diámetro, de orientación e inclinación de la perforación*

Emplazamiento Sondajes Fase 1



Programa de Sondajes. Preparación de muestras y ensayos in situ



¡ Muchas gracias !



Abrazo de San Martín y O'Higgins después de la batalla de Maipú.
(Oleo de Subercaseaux que se conserva en el Museo Histórico Nacional).



SAN JUAN
GOBIERNO

Túnel Internacional de Agua Negra

Argentina – Chile

SECCIÓN REGULAR PARA SECTOR 7
2 TUBOS UNIDIRECCIONALES, VENTILACIÓN LONGITUDINAL
EXCAVACIÓN CONVENCIONAL (NATM)

