



CLAF
Centro Latinoamericano de Física
Rio de Janeiro
Brasil

LABORATORIO SUBTERRÁNEO ANDES

Ingeniería Básica de Anteproyecto



Informe técnico general

6198.1-R-02

0.2	15.05.2019	Gub	Gub, LoA
Versión	Fecha	Redactado	Verificado

Lombardi SA Ingenieros Consultores
 Via R. Simen 19, C.P. 97, CH-6648 Minusio
 Teléfono +41(0)91 735 31 00, Fax +41 (0)91 743 97 37
 www.lombardi.ch, info@lombardi.ch

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objeto	2
1.2 Objetivo de la fase actual	2
1.3 Finalidad y alcance del informe	3
2. BASES Y ANTECEDENTES	4
2.1 Documentos Laboratorio ANDES	4
2.2 Documentos Túnel de Agua Negra (TAN)	4
3. CUADRO GEOLOGICO / GEOTÉCNICO	5
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CIVIL	6
4.1 Ubicación del Laboratorio	6
4.2 Acceso y salida hacia/desde el Laboratorio	6
4.3 Esquema del Laboratorio	7
4.4 Entrada	9
4.5 Túnel de acceso	10
4.6 Sala tratamiento/retención de aguas	10
4.7 Zona de tránsito y estacionamiento	11
4.8 Oficina, sala de emergencia y comedor	12
4.9 Sala técnica	13
4.10 Túnel de salida	13
4.11 Salas de ventilación y climatización	14
4.12 Salida	15
4.13 Túnel de conexión central	15
4.14 Caverna secundaria	17
4.15 Caverna principal	17
4.16 Pozo principal	19

4.17 Sala experimental adicional	20
4.18 Salas limpias	20
4.19 Laboratorio biología	21
4.20 Galería de escape y acceso al fondo del pozo	22
4.21 Sector geofísica	23
4.22 Concepto de drenaje y desagüe	28
4.23 Adaptaciones del proyecto del Túnel de Agua Negra	29
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ELECTROMECAÁNICO	32
5.1 Generalidades	32
5.2 Energía	32
5.3 Iluminación	32
5.4 Ventilación	32
5.5 Vigilancia	33
5.6 Gestión, control y automatización	33
5.7 Cableado	33
5.8 Instalaciones accesorias	34
5.9 Adaptaciones del proyecto del Túnel de Agua Negra	34
6. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN	35
6.1 Generalidades y coordinación con el TAN	35
6.2 Obrador Chile	35
6.3 Campaña de sondeo previa a la construcción	36
6.4 Métodos de excavación	37
6.5 Sostenimiento de la excavación	38
6.6 Impermeabilización y drenaje	40
6.7 Revestimiento	41
6.8 Obras interiores	42
6.9 Sondeos, auscultación y mapeo geológico	42
6.10 Ventilación y condicionamiento de obra subterránea	44
6.11 Evacuación y tratamiento desagüe de la obra	45

6.12 Gestión del material	46
6.13 Concepto de seguridad y salud	48
7. PROGRAMA DE TRABAJOS	51
7.1 Coordinación con el Túnel de Agua Negra	51
7.2 Generalidades y bases de cálculo	52
7.3 Fases de realización del Laboratorio y duración	52
8. MEDIO AMBIENTE	54
9. COSTOS	55

Anexos:

1	Cronograma de construcción del Laboratorio
---	--

RESUMEN

El Laboratorio ANDES (Agua Negra Deep Experiment Site) es un laboratorio subterráneo cuya construcción está prevista en el ámbito de la realización del Túnel carretero de Agua Negra de interconexión internacional entre Argentina y Chile (TAN).

El presente informe forma parte del dossier de Ingeniería Básica de Anteproyecto (IBA) y describe los elementos principales del Laboratorio con un enfoque sobre los aspectos de la obra civil.

El Laboratorio está ubicado sobre el lado Sur del Túnel de Agua Negra, entre el km 4'300 y el km 4'550, a una distancia de aproximadamente 650 m del límite territorial Argentina-Chile y a una altura entre los 3'733 y los 3'766 msnm, con una cobertura omnidireccional de roca de aproximadamente 1'700 m. El Laboratorio es accesible desde el Portal Chile, recorriendo el Túnel Sur hacia la Argentina.

Sus espacios se componen de una red de túneles y galerías con una longitud total de aproximadamente 1'500 m que aseguran el acceso y la conexión entre las distintas salas técnicas y cavernas experimentales, ofreciendo al mismo tiempo una segunda vía de escape segura en caso de accidente. Los principales espacios experimentales previstos en el Laboratorio son los siguientes:

- Una caverna principal de 21 m de ancho, 23 m de alto y 50 m de largo,
- Un pozo principal con diámetro de 30 m y una altura de 43 m,
- Una caverna secundaria de 16 m de ancho, 14 m de alto y 40 m de largo,
- Una sala experimental adicional de 8 m de ancho, 5 m de alto y 30 m de largo,
- Dos salas blancas de aproximadamente 100 m² de superficie,
- Un laboratorio de biología de aproximadamente 150 m² de superficie,
- Un sector independiente dedicado a mediciones en el ámbito de las geo-ciencias.

Los equipamientos electromecánicos planeados aseguran que sea accesible, habitable, seguro, conectado y adecuadamente provisto de electricidad, agua y aire comprimido. Un sistema de comunicación y control gestiona la interfaz con el TAN y asegura la operación coordinada entre Laboratorio y el túnel carretero.

La construcción del Laboratorio está prevista en contemporánea con las obras del TAN, aprovechando las instalaciones y los equipos técnicos previstos para el Túnel. En general, los espacios son caracterizados por un revestimiento de hormigón proyectado con un sistema de drenaje abierto. Donde necesario, se prevén estructuras interna prefabricadas o de hormigón colado para el acondicionamiento de los espacios.

La duración estimada de los trabajos de construcción y equipamiento del Laboratorio se estima en aproximadamente 7 años.

El costo total de realización estimado es de 73.2 Mio. de USD.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El Laboratorio ANDES (Agua Negra Deep Experiment Site) es un laboratorio subterráneo cuya construcción está prevista en el ámbito de la realización del Túnel carretero de Agua Negra de interconexión internacional entre Argentina y Chile (TAN) (ver **Ilustración 1**). Una vez construido será el primero y único laboratorio subterráneo del hemisferio Sur. Gracias a su alta cobertura de roca, sus espacios estarán protegidos de la radiación cósmica y ofrecerán las condiciones ideales para llevar a cabo numerosos experimentos científicos en diferentes temas específicos, tanto latinoamericanos como internacionales.



Ilustración 1: Ubicación del proyecto

1.2 Objetivo de la fase actual

El objetivo de la fase de proyecto actual es la elaboración del dossier de Ingeniería Básica de Anteproyecto (IBA) para el Laboratorio ANDES desarrollando los conceptos presentados en el Nuevo Estudio Conceptual (NEC) del 2015.

1.3 Finalidad y alcance del informe

El presente informe se centra en la descripción del proyecto de la obra civil. En el informe se resumen además los aspectos principales de la geología y de geotécnica, de las instalaciones electromecánicas, de la ejecución, del programa de trabajos y de los costos.

El informe es parte del dossier de la Ingeniería Básica de Anteproyecto (IBA), que incluye además de los siguientes documentos principales:

- Informes lineamientos de diseño ver documento no. 6198.1-R-01
- Informe geología ver documento no. 6198.1-R-03
- Informe geotécnico ver documento no. 6198.1-R-04
- Informe técnico instalaciones electromecánicas ver documento no. 6198.2-R-01
- Informe de costos y cómputo ver documento no. 6198.1-R-05
- Planos del proyecto obra civil
- Planos del proyecto electromecánico

2. BASES Y ANTECEDENTES

2.1 Documentos Laboratorio ANDES

Los antecedentes considerados en la elaboración de la Ingeniería Básica de Anteproyecto (IBA) y de la Documentación Técnica de Licitación (DTL) son los siguientes:

- [1] Obra Civil del Laboratorio ANDES en el Túnel Agua Negra, documento y planos, X. Bertou, (sin fecha)
- [2] Assessment of the Civil Plan for the Andes Lab, Tony Noble, Queen's University, Canada, 02.2014,
- [3] Respuestas elaboradas por la coordinación del proyecto ANDES al Memo de Lombardi SA LO/28.10.2014, Ref: INF/14-012, Bariloche, Argentina 24.11.2014,
- [4] Nuevo Estudio Conceptual del Laboratorio Subterráneo ANDES, 6198.0-R-01 - Informe Técnico, Lombardi SA, Minusio, Suiza, 16.01.2015,
- [5] Considerations for a geophysical section of the ANDES laboratory, A. Rietbrock & T. Forbriger, Black Forest Observatory (BFO), Geophysical Institute Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Alemania, 21.03.2018, RevA,
- [6] Documento "Espacio Investigaciones Biológicas del Dr. L. Mongiat, del 29.08.2017,
- [7] Respuestas al documento de Lombardi SA "6198.1-Memo instalaciones electromecánicas", H. Asorey, X. Bertou, M. Gómez Berisso, Rev. 1, febrero 2018,
- [8] Documento "Modificaciones propuestas al Nuevo Estudio Conceptual del laboratorio subterráneo ANDES", Comité de coordinación ANDES, 25.03.2018
- [9] Minuta de reunión "IBA y DTL del Laboratorio ANDES" del 11.04.2018 en Buenos Aires – Casa de San Juan, Argentina.
- [10] Technical ANDES Note TAN-2018-002 "Muon flux estimation at the ANDES deep underground laboratory, Xavier Bertou, Centro Atómico Bariloche, Argentina, 07.05.2018

2.2 Documentos Túnel de Agua Negra (TAN)

Se consideran además los siguientes documentos del proyecto del Túnel de Agua Negra:

- [11] Túnel de Agua Negra de interconexión internacional entre Argentina y Chile, Informes y Planos del dossier de la Ingeniería Básica de Anteproyecto (IBA), Lombardi SA, Minusio, Suiza, 20.10.2014,
- [12] Túnel de Agua Negra de interconexión internacional entre Argentina y Chile, dossier Documentación Técnica de Licitación (DTL), Lombardi SA, Minusio, Suiza, 20.10.2014,

3. CUADRO GEOLOGICO / GEOTÉCNICO

El pronóstico geológico-hidrogeológico-geotécnico considerado en la presente fase de proyecto del Laboratorio ANDES se basa sobre la interpolación de la información de los sondeos y afloramientos más cercanos obtenidos durante las investigaciones llevadas a cabo para el proyecto del TAN. Estas se componen de varias campañas de terreno (mapeos y perforaciones) realizadas entre el 2008 y 2011 y de una campaña adicional del 2013/2014 con 3 perforaciones complementarias en el marco geológico de la zona del portal chileno y al final de la Quebrada San Lorenzo.

De estas bases se escogió la información más relevante para la zona de implantación del futuro Laboratorio, elaborándose el informe geológico-geotécnico e hidrogeológico que forma parte del presente dossier de Ingeniería Básica de Anteproyecto (ver informe 6198.1-R-03).

En la zona del proyecto se pronostica la presencia de rocas volcánicas, en particular riolita porfírica, dacita porfírica, andesita porfírica y diques basálticos, cuyos parámetros geotécnicos provienen del proyecto del TAN.

Los tres sistemas de estructuras más importantes en la zona corren paralelos a las fallas San Lorenzo, Sarmiento y Valle de Cura. Existe la posibilidad de encontrarlos a la profundidad del laboratorio, pero con poca frecuencia.

Se definieron 4 tipos de macizo rocoso (TMR) con similares propiedades geotécnicas, los cuales se subdividen según su GSI:

- TMR 2a, b y c: Volcanitas masivas
- TMR 3a y b: Andesita
- TMR 7: roca fallada I, "damage zone"
- TMR 8: roca fallada II, "core zone"

A posteriori se estimaron las tensiones primarias in situ. Además, se estimó el flujo de agua subterránea, las posibles infiltraciones a lo largo de la zona de implantación del laboratorio, la agresividad al hormigón y su temperatura, estimándose esta última entre 50 y 60° C.

Se estimaron diferentes tipos de comportamiento del macizo rocoso (TCMR) para los distintos sectores que forman parte de la zona de implantación del laboratorio. Se espera que predomine el TCMR 1 (estable), el TCMR 2 (Estable con potencial caída de bloques) y en forma subordinada, el TCMR 3 (Falla por corte poco profundo), este último en zonas falladas o con fuerte fracturamiento. El TCMR 5 (Estallido de roca) se considera posible.

Debido a la escasa cantidad de información geológico-geotécnica de la zona se propone realizar una campaña de investigación previa y simultánea a la construcción de la obra, incluyendo perforaciones, ensayos geofísicos y geotécnicos.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CIVIL

4.1 Ubicación del Laboratorio

Tras la evaluación de distintas variantes (ver Informe NEC [4]), el Laboratorio ANDES ha sido posicionado en territorio argentino sobre el lado Sur del Túnel de Agua Negra entre el km 4'300 y el km 4'550, a una distancia de aproximadamente 650 m del límite territorial Argentina-Chile (ver **Ilustración 2**) en un sector delimitado por las coordenadas 415'100 y 415'400 Este respectivamente coordenadas 6'653'200 y 6'653'800 Norte (sistema de coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19S).

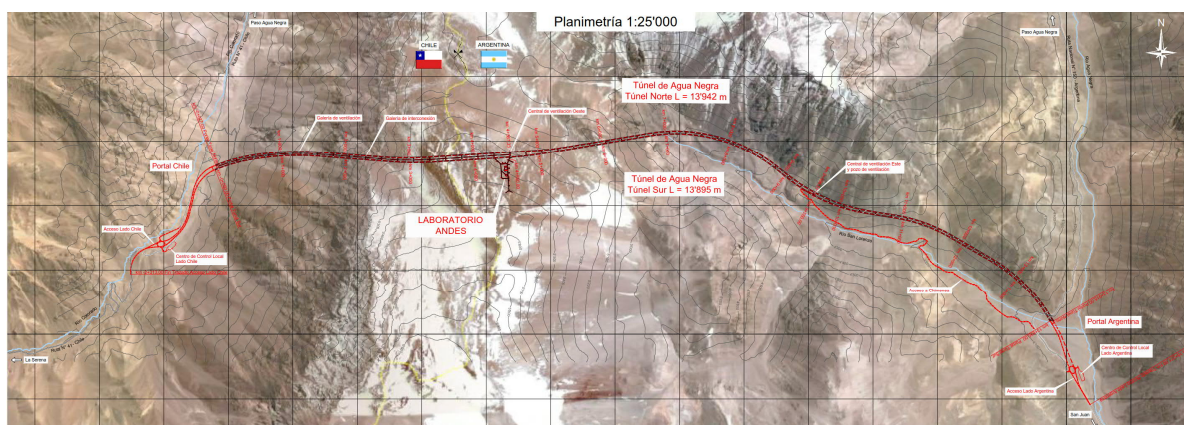


Ilustración 2: Planimetría general Túnel de Agua Negra con emplazamiento Laboratorio ANDES

Altimétricamente el Laboratorio se sitúa a una altura entre los 3'733 y los 3'766 msnm, con una cobertura omnidireccional de roca de aproximadamente 1'700 m.

Cabe especificar que la ubicación deberá ser confirmada en sitio con una campaña de sondeos y de investigación específica (ver capítulo 6.3) a realizar desde el Túnel de Agua Negra durante su construcción, que deberá verificar la presencia de las condiciones geológicas mínimas que permitan la realización y la estabilidad de las importantes excavaciones previstas. De no ser así el Laboratorio o parte de él deberá ser reubicado en una zona geológica más favorable, manteniendo al mismo tiempo las exigencias de cobertura mínimas definidas por el proyecto.

4.2 Acceso y salida hacia/desde el Laboratorio

El acceso al Laboratorio se efectúa recorriendo el Túnel Sur del TAN en subida desde el Portal Chile hacia la Argentina hasta el km 4'300, donde un portón instalado en una bahía de detención permite acceder al Laboratorio.

La salida desde el Laboratorio está prevista en correspondencia de la central de ventilación Oeste del TAN, mediante un portón instalado en una bahía de detención del Túnel, que permite a los vehículos provenientes del Laboratorio de insertarse nuevamente en el tránsito hacia la Argentina.

Los vehículos procedentes desde la Argentina no tendrán acceso directo al Laboratorio y deberán ir hasta el portal Chile y regresar por el túnel paralelo hasta la entrada del Laboratorio. Del mismo modo,

los vehículos que salen del Laboratorio no podrán regresar directamente a Chile y deberán ir hasta el portal Argentina para volver por el túnel paralelo. El cambio de dirección adentro del Túnel será posible solo en caso de emergencia y en acuerdo con el centro de gestión y control del TAN usando las galerías de interconexión vehicular previstas en el Túnel cada 1'500 m.

4.3 Esquema del Laboratorio

4.3.1 General

El esquema planimétrico del Laboratorio es visible en la Ilustración 3 y se compone de una serie de cavernas y salas conectadas mediante una red de túneles y galerías que permiten el acceso a los diferentes espacios y aseguran al mismo tiempo una vía de escape segura en caso de accidente.

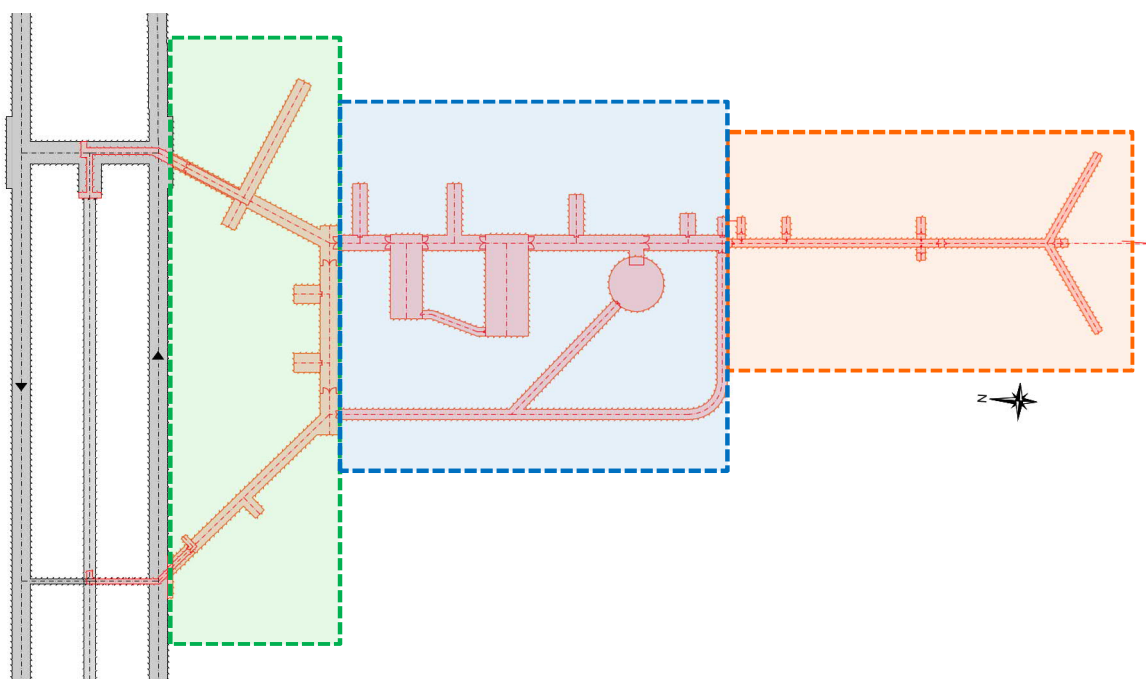


Ilustración 3: Esquema planimétrico del Laboratorio ANDES

Del punto de vista funcional, el Laboratorio se divide en tres sectores distintos:

- Sector de acceso, tránsito y salida (verde en la **Ilustración 3**)
- Sector central (azul en la **Ilustración 3**)
- Sector geofísica (naranja en la **Ilustración 3**)

Altimétricamente el Laboratorio se caracteriza por una pendiente en subida variable entre 1.0 % y 3.5 % que permite evacuar las aguas por gravedad hacia el TAN. Hacen excepción la galería de escape y de acceso al fondo del pozo principal, cuya pendiente variable entre 8 % y 14 % es dictada por la cota del fondo del pozo.

Ver planos:

- 6198.1-P-002-Planimetría esquemática del Laboratorio
- 6198.1-P-003-Modelo tridimensional del Laboratorio
- 6198.1-P-004-Trazado del Laboratorio - Esquema planimétrico y altimétrico

4.3.2 Sector de acceso, tránsito y salida

En este sector del Laboratorio circulan los vehículos que entran, paran y salen del Laboratorio. Aquí se encuentran los locales técnicos que aseguran el funcionamiento del Laboratorio y los locales de estar para el personal activo en el Laboratorio.

Los principales elementos de este sector son los siguientes:

- Túnel de acceso
- Sala tratamiento/retención de aguas
- Zona de tránsito y estacionamiento
- Oficina, sala de emergencia y comedor
- Sala técnica
- Túnel de salida
- Salas de ventilación y climatización

4.3.3 Sector central

En el sector central del Laboratorio, dispuestos a lo largo de un túnel de conexión central de aproximadamente 230 m de longitud, se encuentran los espacios experimentales dedicados a las actividades científicas del Laboratorio. Los principales elementos de este sector son los siguientes:

- Túnel de conexión central
- Caverna secundaria
- Caverna principal
- Pozo principal
- Sala experimental adicional
- Salas limpias
- Laboratorio de biología
- Galería de escape
- Galería de acceso al fondo del pozo

4.3.4 Sector geofísica

En la parte más alejada del Laboratorio, a una distancia mínima de aproximadamente 230 m del TAN, se encuentra el sector geofísica, un brazo independiente de aproximadamente 200 m de longitud a lo largo del cual se sitúan una serie de espacios dedicados a la instalación de instrumentos de auscultación en el ámbito de las geo-ciencias. Sus elementos principales son:

- Deposito (A)
- Sala compresor (C)
- Sala instrumento SG (D)
- Sala de instrumentos (E)
- Túnel de acceso (F)
- Sala para otros experimentos (G)
- Sala para sensores de largo periodo (H)
- Sector para extensómetros y clinómetros (J)
- Sala para sensores de corto plazo (K)

4.4 Entrada

La entrada hacia el Laboratorio está ubicada a la altura de la galería de interconexión peatonal GIP 17 (km 4'300), donde el túnel de acceso al Laboratorio interseca el Túnel Sur. En este punto el proyecto prevé la realización de una bahía de detención adicional de 25 m de longitud donde se instala un portón corredizo motorizado que asegura la separación entre el Túnel de Agua Negra y el Laboratorio. El portón, con un gálibo para el tránsito de vehículos de 3.50 m de ancho por 4.50 m de alto, es de acero inoxidable, hermético y resistente al fuego FR60 y cuenta con una puerta de emergencia para peatones en su interior. La abertura y el cierre del portón es posible mediante llave electrónica y es vigilada por la central de control del Túnel de Agua Negra.

En correspondencia de la entrada hacia el Laboratorio, se encuentra igualmente el canal subterráneo que asegura la vía de escape independiente en caso de inaccesibilidad del Túnel Sur (accidente con fuego/humo o trabajos de mantenimiento en el espacio de tránsito). Este canal realizado por debajo de la calzada del Túnel enlaza la galería de interconexión peatonal adyacente (GIP 17) con el interior del Laboratorio (ver **Ilustración 4**). El canal es conectado al nivel superior por medio de escaleras realizadas en nichos laterales ubicados en el primer tramo del túnel de acceso y en el centro de la galería de interconexión.

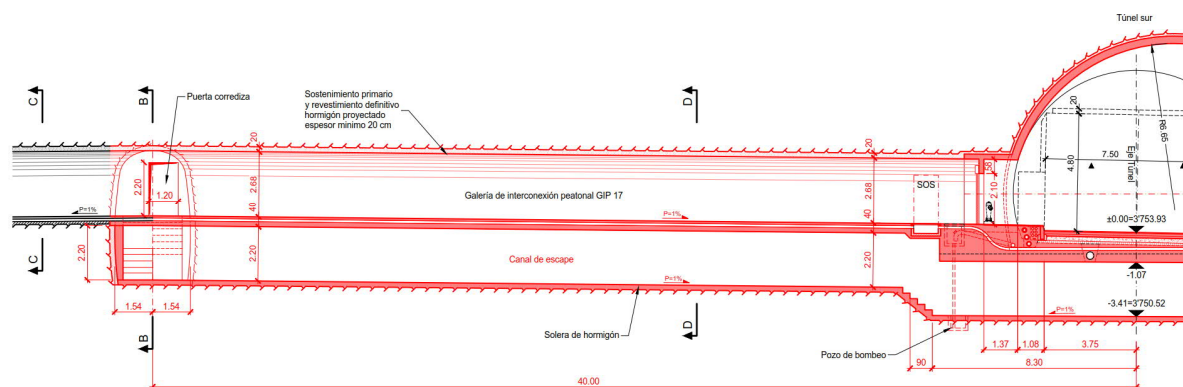


Ilustración 4: Corte longitudinal del canal de escape y GIP 17

Ver planos:

- 6198.1-P-023-Galería de interconexión peatonal GIP 17 y canal de escape.
- 6198.1-P-024-Bahía de detención adicional y entrada al Laboratorio.

4.5 Túnel de acceso

El túnel de acceso conecta la bahía de detención de la entrada con la zona de tránsito y estacionamiento del Laboratorio. El túnel tiene una longitud de aproximadamente 135 m con una pendiente longitudinal en subida hacia el Laboratorio de 3% y forma un ángulo de 46° con el eje del Túnel Sur.

La sección típica es determinada por el gálibo para tránsito de vehículos de 3.50 m de ancho por 4.50 m de alto y es caracterizada por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón armado vertido en obra de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera. Los cables de conexión con el Túnel de Agua Negra son instalados en conductos previstos en la solera.

En los primeros 20 m, cerca de la entrada, el túnel de acceso dispone de dos niveles. El nivel superior asegura el acceso vehicular. El nivel inferior es dedicado al canal de escape mencionado arriba.

A una distancia de aproximadamente 15 m del emboque, está prevista una segunda puerta hermética que, junto con el portón de entrada instalado en la bahía de detención, forma una esclusa de aire que asegura la separación completa entre el TAN y el Laboratorio.

Ver plano 6198.1-P-021-Túnel de acceso, túnel de salida, zona de tránsito y estacionamiento.

4.6 Sala tratamiento/retención de aguas

Lateralmente al túnel de acceso, el proyecto prevé la realización de una sala para el tratamiento y la retención de las aguas provenientes del Laboratorio. En su interior se prevé la instalación de los siguientes equipos:

- Una planta de tipo biorreactor (tipo Membrane Bioreactor Module (MBR), Napier-Reid o equivalente) para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del Laboratorio,
- Un tanque de 20 m³ de capacidad de acero inoxidable SAE 316L (UNS S31603, ISO 3506 A4) diseñado según las normas ASME Sec. VIII Div. 2, para la retención de líquidos provenientes del Laboratorio que no pueden ser tratados por el biorreactor,
- Una planta potabilizadora para la producción del agua potable necesaria para el Laboratorio, alimentada con la red antincendios del TAN y conectada a la red de distribución interna del Laboratorio.

El concepto de desagüe es detallado en el capítulo 4.22.

La sala es realizada al interior de una caverna de 10 m de longitud, 7 m de ancho y aproximadamente 5.5 m de alto. La sección se caracteriza por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón armado vertido en obra de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera.

El Biorreactor y la planta potabilizadora son instalados al nivel calzada. Debajo de la solera se prevé la instalación del tanque de retención, que será accesible mediante una boca de acceso dedicada.

Ver plano 6198.1-P-015-Sala tratamiento y retención de aguas.

4.7 Zona de tránsito y estacionamiento

La zona de tránsito y estacionamiento es el elemento de conexión central del Laboratorio. En este sector circulan los vehículos que entran y salen del Laboratorio a través de los túneles de acceso y salida. Al mismo tiempo, este tramo asegura la conexión con el brazo principal del Laboratorio y con la galería de escape y acceso al fondo del pozo.

Esta parte de obra es constituida por un túnel de aproximadamente 130 m de longitud con una pendiente de 3.5% que corre paralelo al TAN a una distancia de aproximadamente 100 m.

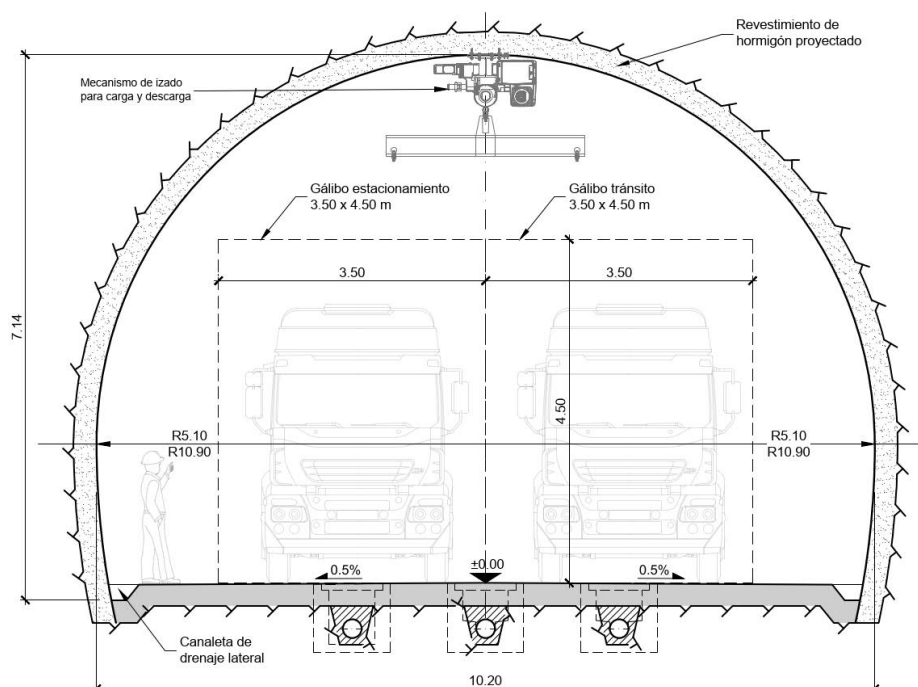


Ilustración 5: Sección típica de la zona de tránsito y estacionamiento

La sección típica es determinada por el gálbo de 7.00 m de ancho por 4.50 m de alto, que permite el estacionamiento de los vehículos y asegura al mismo tiempo el tránsito hacia la salida (ver **Ilustración 5**). Lateralmente y en la bóveda, la sección se prevé un espacio adicional para los peatones, para la instalación de bandejas portacables y para los conductos de ventilación. La sección se caracteriza

por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón armado vertido en obra de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas al pie de la bóveda. Debajo de la solera se prevé la instalación de los colectores de drenaje y desagüe.

Dos portones cortafuego aseguran la sectorización longitudinal de zona de tránsito y estacionamiento, separando la parte central de las zonas de entrada y salida.

En la parte central de la zona de tránsito y estacionamiento se prevé un mecanismo de izado para carga y descarga de contenedores marítimos de 40 pies. Este mecanismo consiste en un monorraíl anclado en la bóveda con una capacidad de carga de hasta 40 t que permite la descarga de los camiones.

Ver plano 6198.1-P-021-Túnel de acceso, túnel de salida y zona de tránsito y estacionamiento.

4.8 Oficina, sala de emergencia y comedor

En la parte central de la zona de tránsito y estacionamiento, sobre el lado del TAN se realizará la caverna para los espacios de vivienda (ver **Ilustración 6**).

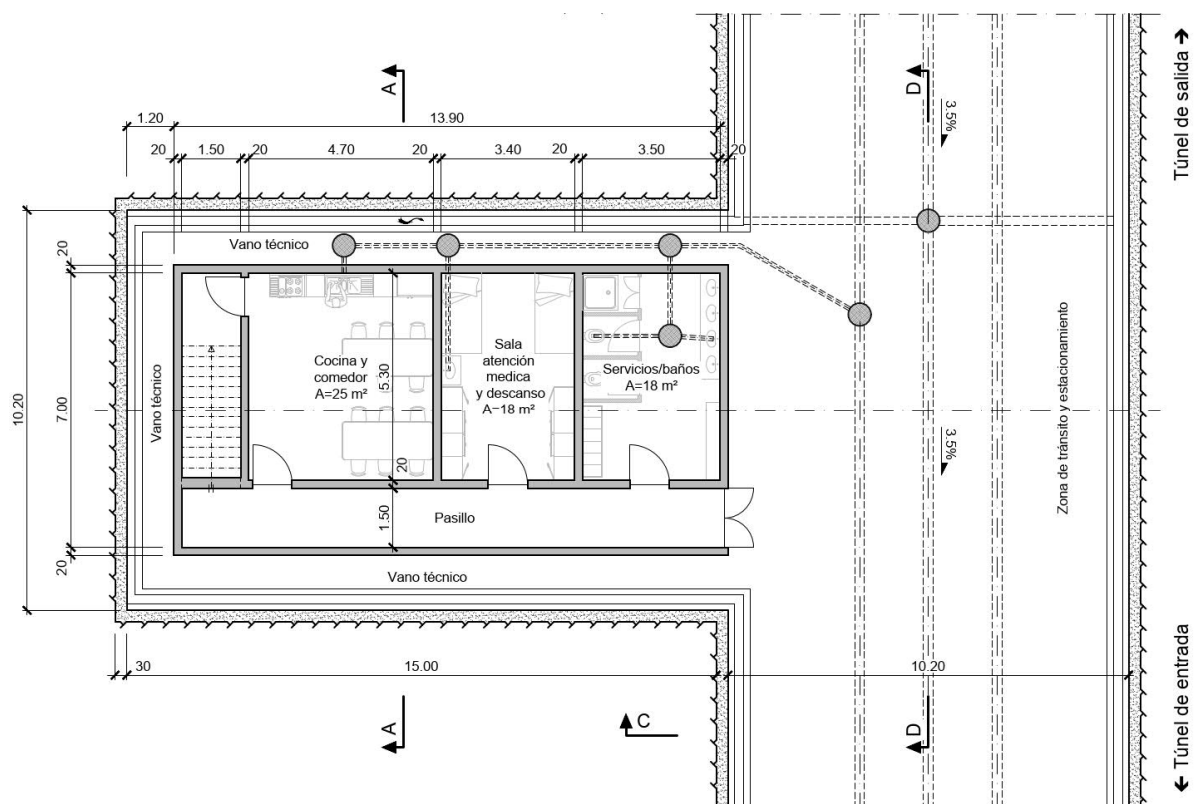


Ilustración 6: Planimetría planta baja: servicios, sala de emergencia y comedor

En su interior se prevén los siguientes espacios:

- un cuarto de servicios, con vestuario, ducha y baños de 18 m² de superficie
- una sala de atención médica y descanso con botiquín médico y 2 camas de 18 m² de superficie
- un comedor para 10-12 personas con cocina de 25 m² de superficie
- dos oficinas de 18 m² con 4 escritorios cada una
- una sala reunión de 25 m² con centro de almacenamiento y de procesamientos de datos y centro de comunicaciones

Todos locales tienen una altura libre de 2.40 m y son colocados dentro de una estructura de hormigón armado de 2 niveles realizada dentro de una caverna de 15 m de longitud, 10 m de ancho y aproximadamente 7 m de alto. El revestimiento de la caverna de hormigón proyectado. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera. Entre la estructura de hormigón armado y el revestimiento de la caverna se dejan vanos técnicos para las conexiones y el equipamiento de ventilación y acondicionamiento.

Ver plano 6198.1-P-008-Oficina, sala reunión, comedor y servicios.

4.9 Sala técnica

Al lado de la caverna para los espacios de vivienda, el proyecto prevé la realización de una sala técnica donde se instalarán los transformadores, el compresor de aire y las otras instalaciones técnicas ruidosas y que necesitan un mantenimiento frecuente.

Análogamente a los espacios de vivienda, la sala técnica está organizada al interior de una estructura de hormigón armado realizada dentro de una caverna de 15 m de longitud, 10 m de ancho y aproximadamente 7 m de alto. Los locales tienen una altura libre de 3.50 m y una superficie útil de aproximadamente 100 m².

El revestimiento de la caverna de hormigón proyectado. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas al pie de la bóveda. Entre la estructura de hormigón armado y el revestimiento se dejan vanos técnicos para las conexiones y el equipamiento de ventilación y acondicionamiento.

Ver plano 6198.1-P-009-Sala técnica.

4.10 Túnel de salida

El túnel de salida conecta la zona de tránsito y estacionamiento con la salida del Laboratorio. El túnel tiene una longitud de aproximadamente 105 m con una pendiente longitudinal en subida hacia el TAN de 1% y forma un ángulo de 58° con el eje del Túnel Sur.

La sección típica es determinada por el gálibo para tránsito de vehículos de 3.50 m de ancho por 4.50 m de alto y por las exigencias de aprovisionamiento y conexión con la sala de ventilación y climatización.

El primer tramo del túnel de salida, entre la sala de ventilación y el Laboratorio, tiene una sección típica con un ancho de 8.0 m y una altura de 6.0 m, que asegura suficiente espacio para el tránsito de los vehículos y para los conductos de ventilación que conectan la sala de ventilación al Túnel de conexión central del Laboratorio.

El segundo tramo, entre la sala de ventilación y el TAN, tiene una sección típica separada en dos niveles. El nivel superior está dedicado al tránsito de los vehículos. Al nivel inferior el proyecto prevé un canal de ventilación, que conecta la sala de ventilación a la central de ventilación Oeste del TAN.

Ambos tramos son caracterizados por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón colado de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera.

A una distancia de aproximadamente 15 m del emboque, está prevista una segunda puerta hermética que, junto con el portón de salida instalado en la bahía de detención, forma una esclusa de aire que asegura la separación completa entre el TAN y el Laboratorio.

Ver plano 6198.1-P-021-Túnel de acceso, túnel de salida y zona de tránsito y estacionamiento.

4.11 Salas de ventilación y climatización

La sala de ventilación es una caverna ubicada aproximadamente en la mitad del túnel de salida sobre el lado derecho. En su interior se prevé la instalación de los equipos necesarios a la ventilación de los locales del Laboratorio.

La caverna tiene una longitud de aproximadamente 76 m, un ancho de 8 m y una altura de 6 m. Longitudinalmente la caverna tiene una pendiente en subida de 1% para la evacuación de las eventuales infiltraciones de agua. La sección típica presenta dos niveles. El nivel superior está dedicado a las máquinas de ventilación. Al nivel inferior el proyecto prevé un canal de ventilación con una sección de aproximadamente 10 m² conectado al canal del túnel de salida y accesible mediante una boca de acceso desde la sala de ventilación.

Sobre el otro lado de túnel de salida, en frente a las sala de ventilación, se encuentra la sala de climatización. En su interior se prevé la instalación de los equipos necesarios a la regulación de la temperatura de los locales del Laboratorio.

La caverna tiene una longitud de aproximadamente 16 m, un ancho de 8 m y una altura de 6 m. Longitudinalmente la caverna tiene con una pendiente en subida de 1% para la evacuación de las eventuales infiltraciones de agua.

Ambas cavernas son caracterizadas por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón armado vertido en obra de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera.

Ver planos:

- 6198.1-P-013-Sala ventilación.
- 6198.1-P-014-Sala climatización.

4.12 Salida

La salida del Laboratorio está prevista a la altura de la central de ventilación Oeste (km 4'550), donde el túnel de salida interseca el Túnel Sur. En este punto el proyecto prevé de aprovechar la bahía de detención ya prevista por el proyecto del TAN como punto de inserción. Análogamente a la entrada, se prevé la instalación de un portón corredizo motorizado que asegura la separación entre el Túnel de Agua Negra y el Laboratorio. El portón, con un gálibo para el tránsito de vehículos de 3.50 m de ancho por 4.50 m de alto, es de acero inoxidable, hermético y resistente al fuego FR60 y cuenta con una puerta de emergencia para peatones en su interior. La abertura y el cierre del portón es posible mediante llave electrónica y es vigilada por la central de control del Túnel de Agua Negra.

En correspondencia de la salida del Laboratorio, se encuentra igualmente el bypass del canal de ventilación que conecta la sala de ventilación del Laboratorio a la central de ventilación Oeste del TAN. Este canal es realizado por debajo de la calzada del Túnel Sur y llega hasta un local dedicado al Laboratorio ubicado en el nivel inferior de la central de ventilación del TAN, donde confluye el aire fresco proveniente del portal Chile transportado por medio de dos conductos de 4.5 km de longitud instalados en la galería de ventilación.

Ver planos:

- 6198.1-P-025-Salida Laboratorio y conexión con el TAN.
- 6198.1-P-026-Central de ventilación Oeste y canal de ventilación 1/2.
- 6198.1-P-027-Central de ventilación Oeste y canal de ventilación 2/2.

4.13 Túnel de conexión central

El túnel de conexión central es el elemento que asegura el acceso a la zona experimental del Laboratorio, donde se encuentran los espacios dedicados a las actividades científicas. El túnel se desarrolla perpendicularmente a la zona de tránsito y estacionamiento con una longitud de aproximadamente 230 m y una pendiente de 1% en subida.

La sección típica considera un gálibo libre para el tránsito de vehículos de 3.50 m de ancho por 4.50 m de alto (ver **Ilustración 7**). Lateralmente y en la bóveda, la sección se prevé un espacio adicional para los peatones, para la instalación de bandejas portacables y para los conductos de ventilación. La sección resultante tiene un ancho de 8.0 m por una altura libre central de 6.0 m y requiere una

superficie de excavación de aproximadamente 50 m². El revestimiento se caracteriza por una capa de hormigón proyectado en la bóveda y una solera de hormigón armado vertido en obra de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera. Debajo de la solera se prevé la instalación de los colectores de drenaje y desagüe.

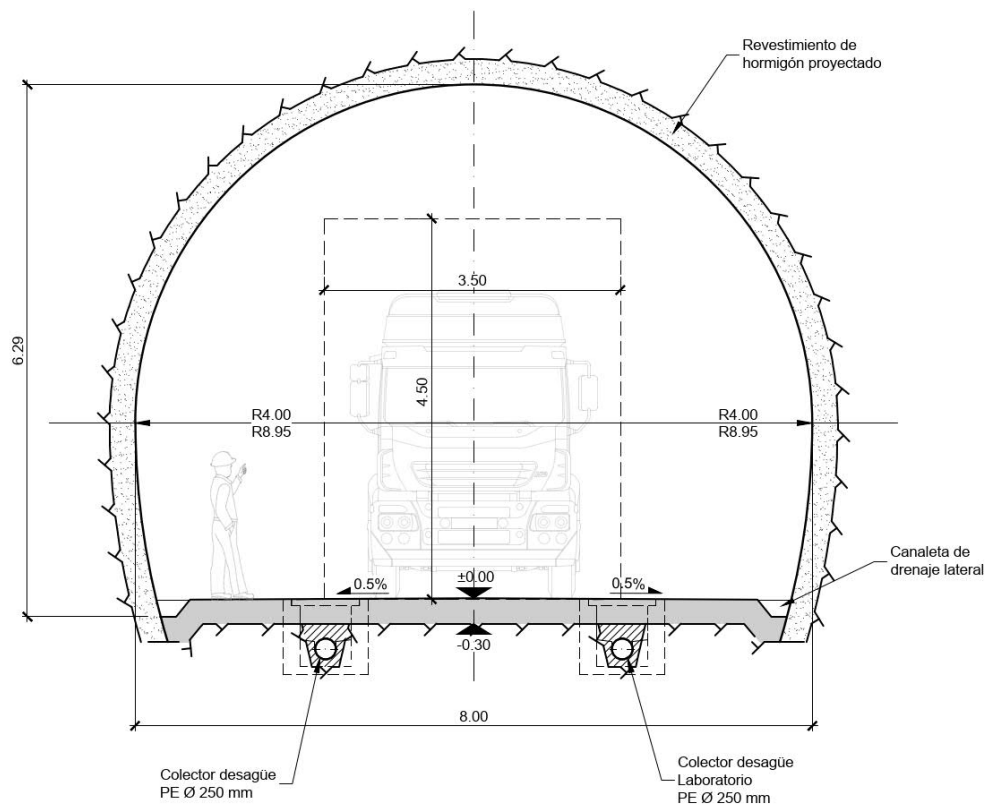


Ilustración 7: Sección típica de la túnel de conexión central

Seis portones cortafuego aseguran la sectorización longitudinal del túnel de conexión central, separando las distintas zonas experimentales del Laboratorio.

Ver plano 6198.1-P-022-Túnel de conexión central, galerías de escape y de acceso al fondo del pozo.

4.14 Caverna secundaria

Ver plano 6198.1-P-007-Caverna secundaria.

4.14.1 Función

La caverna secundaria es un espacio para experimentos de tamaño medio y para instalaciones técnicas secundarias del Laboratorio.

4.14.2 Ubicación y accesibilidad

La caverna se encuentra a unos 35 m de distancia de la entrada al brazo principal del Laboratorio, sobre el lado derecho. La caverna es accesible a través del túnel de conexión central que entra y sale de la caverna a su extremidad.

Para asegurar una segunda vía de escape, la otra extremidad de la caverna es conectada a la caverna principal mediante un bypass de escape de aproximadamente 40 m de longitud. Esta galería tiene la misma sección típica de la galería de escape y acceso al fondo del pozo (ver capítulo 4.20)

4.14.3 Dimensiones y características

La caverna tiene una longitud total de casi 50 m con un ancho de 16 m y un altura de 14 m. Su sección transversal tiene una superficie de excavación de 233 m².

El revestimiento de la caverna es de hormigón proyectado. Con una solera de hormigón armado vertido en obra de 40 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera. Gracias a una pendiente transversal y longitudinal del 0.5%, el agua es evacuada y llevada por gravedad en los colectores previstos en el túnel de conexión central.

4.14.4 Equipamientos y conexiones

En el interior de la caverna se prevé la instalación de un puente grúa principal de 40 toneladas de capacidad, con viga principal curva de manera de asegurar equipos con una altura de al menos 12 metros en el centro de la caverna.

4.15 Caverna principal

Ver plano 6198.1-P-005-Caverna principal.

4.15.1 Función

La caverna principal es uno de los espacios principales del Laboratorio, donde se llevarán a cabo los experimentos científicos de gran tamaño.

4.15.2 Ubicación y accesibilidad

La caverna se encuentra a unos 90 m de distancia de la entrada al brazo principal del Laboratorio, sobre el lado derecho.

La caverna es accesible a través del túnel de conexión central que entra y sale de la caverna a su extremidad. Para asegurar una segunda vía de escape, la otra extremidad de la caverna es conectada a la caverna secundaria mediante un bypass de escape de aproximadamente 40 m de longitud.

4.15.3 Dimensiones y características

La caverna tiene una longitud total de casi 60 m con un ancho de 21 m y un altura de 22 m. Su sección transversal tiene una superficie de excavación de 518 m².

El revestimiento de la caverna es de hormigón proyectado. Con una solera de hormigón armado vertido en obra de 50 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas al pie de la bóveda. Gracias a una pendiente transversal y longitudinal del 0.5%, el agua es evacuada y llevada por gravedad en los colectores previstos en el túnel de conexión central.

En la solera una, una hondonada de 1 m de altura asegura la función de cubeta de retención con un volumen de aproximadamente 800 m³ para contener un eventual derrame de líquidos de los experimentos.

4.15.4 Equipamientos y conexiones

En el interior de la caverna se prevé la instalación de un puente grúa principal de 40 toneladas de capacidad, con viga principal curva de manera de asegurar equipos con una altura de al menos 21 metros en el centro de la caverna.



Ilustración 8: Ejemplo de puente grúa con viga principal curva (fuente: LNGS, Assergi, Italia)

4.16 Pozo principal

Ver plano 6198.1-P-006-Pozo principal.

4.16.1 Función

El pozo principal es el espacio de mayor dimensión del Laboratorio. En su interior se llevaran a cabo experimentos de gran tamaño por los cuales está previsto de llenar el pozo con agua.

4.16.2 Ubicación y accesibilidad

El pozo se encuentra a unos 175 m de distancia de la entrada al brazo principal del Laboratorio, sobre el lado derecho.

El nivel superior del pozo es accesible a través del túnel de conexión central y una obra de emboque que permite acceder a la cúpula del pozo a una altura de 30 m respecto al fondo del mismo. El nivel inferior es accesible por medio de la galería de escape y acceso al fondo del pozo. Esta galería, indispensable durante la fase de excavación, se utiliza igualmente como acceso y vía de escape durante la instalación de los experimentos. Con el llenado el pozo, el acceso al nivel inferior es obstruido y cerrado con una puerta estanca resistente a la presión (Pressure-Tight Door TT7.30, www.huber.de o similar).

4.16.3 Dimensiones y características

El pozo tiene un diámetro interno libre de 30 m y una altura máxima de 43 m. Su sección horizontal tiene una superficie de excavación de aproximadamente 800 m².

El revestimiento definitivo del pozo consiste en un anillo de hormigón armado vertido en obra que recubre toda la superficie interna. El espesor mínimo teórico es de 70 cm.

Consideradas las exigencias de impermeabilidad y estanquidad, el pozo cuenta con doble sistema de impermeabilización. Un sistema de impermeabilización con membrana plástica, colocada entre el sostenimiento primario de hormigón proyectado y el anillo de revestimiento interno, asegura la impermeabilidad frente a las eventuales infiltraciones de agua del macizo en el interior del pozo. Una segunda capa impermeabilizante (tipo Studliner, GSE Environmental o similar), colocada sobre la superficie interna del revestimiento definitivo asegura la estanquidad del pozo frente a las pérdidas del agua de llenado del mismo (ver **Ilustración 9**).

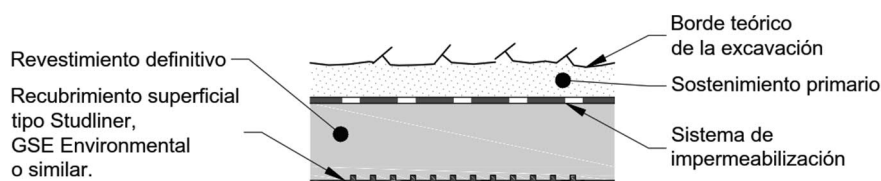


Ilustración 9: Detalle del sistema de impermeabilización del pozo

El drenaje del revestimiento interno es asegurado mediante un sistema de captación y evacuación de las eventuales infiltraciones colocado entre el sostenimiento primario y el sistema de impermeabilización. Esto se compone de los siguientes elementos:

- Eventuales perforaciones radiales de drenaje de 1-2 m de longitud
- Captaciones sistemáticas de las infiltraciones de agua con medias cañas
- Membranas tipo Delta-drain en las zonas con infiltraciones extensas
- Conductos de drenaje DN 160 mm verticales hasta el pie del pozo
- Colector central al fondo del pozo conectado al pozo de bombeo ubicado en el emboque de la galería de acceso.

4.16.4 Equipamientos y conexiones

En el interior del pozo se prevé la instalación de un aparejo central de 40 toneladas de capacidad, diseñado de manera de poder elevar la carga útil desde el acceso superior o inferior del pozo y poder desplazarla y mantenerla en cualquier posición del pozo principal para su instalación.

En la zona del emboque se prevé la instalación un monorraíl anclado en la bóveda coordinado con el aparejo central del pozo para poder desplazar las cargas desde el túnel de conexión hasta el interior del pozo.

Un andamio perimetral a la altura del acceso superior y una escalera vertical hasta el fondo del pozo permiten el desplazamiento peatonal en el interior del pozo durante la fase de instalación de los experimentos.

4.17 Sala experimental adicional

En el primer tramo del sector central del Laboratorio, sobre el lado izquierdo, el proyecto prevé la realización de una sala experimental adicional, donde se podrán instalar experimentos aislados e independientes. La sala es básicamente un espacio vacío de 240 m² ubicado una caverna de 8 m de ancho, 6 m de alto y 30 m de longitud con una pendiente de 1% en subida. El revestimiento es de hormigón proyectado. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera.

Ver plano 6198.1-P-012-Sala experimental adicional.

4.18 Salas limpias

Entre la caverna principal y la caverna secundaria, sobre el lado opuesto del túnel de conexión central, el proyecto prevé la realización de dos salas limpias comunicantes de aproximadamente 100 m² de superficie cada una. Estos espacios serán reservados a mediciones con tamaño limitado que requieren condiciones muy limpias (ISO Class 6 o Federal Standard Class 1000).

Para poder asegurar los estándares requeridos, las salas limpias serán realizadas con sistemas modulares colocados dentro de una caverna de 30 m de longitud, 8 m de ancho y aproximadamente 6 m de alto (ejemplo, ver **Ilustración 10**). La sección se caracteriza por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón armado vertido en obra de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera.



Ilustración 10: Ejemplo sala limpia subterránea (fuente: Matthew Kapust, Sanford Underground Research Facility)

La disposición de los elementos de las salas limpias no es objeto del presente informe y deberá ser profundizada en la próximas etapas del proyecto en colaboración con empresas especializadas en salas limpias modulares.

Ver plano 6198.1-P-010-Salas limpias.

4.19 Laboratorio biología

Entre la caverna principal y el pozo principal, sobre el lado izquierdo del túnel de conexión se prevé la realización de una caverna para el laboratorio de biología. En su interior se prevén los siguientes espacios (ver **Ilustración 11**):

- 1 espacio para laboratorios de 40 m² de superficie
- 2 cuartos multipropósito de 8 m² de superficie cada uno.
- 1 oficina con escritorios de 15 m² de superficie
- 2 salas para el cultivo de células y plantas de 11 m² de superficie cada una.
- 1 sala para el Laboratorio de animales de 15 m² de superficie
- 1 depósito de 6 m² de superficie

Los locales tienen una altura libre de 3.50 m y son colocados dentro de una estructura de hormigón armado realizada dentro de una caverna de 23 m de longitud, 8 m de ancho y aproximadamente 6 m de alto. El revestimiento de la caverna de hormigón proyectado. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera. Entre la estructura de hormigón armado y el revestimiento de la caverna se dejan vanos técnicos para las conexiones y el equipamiento de ventilación y condicionamiento.

Ver plano 6198.1-P-011-Sala laboratorio de biología.

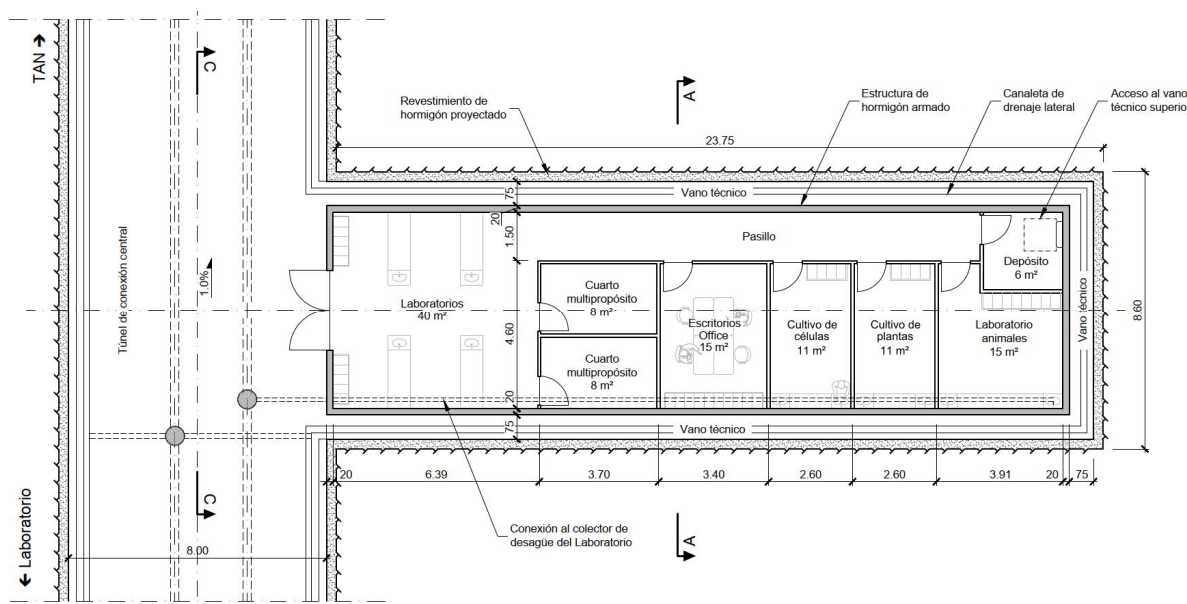


Ilustración 11: Planimetría laboratorio biología

4.20 Galería de escape y acceso al fondo del pozo

Para asegurar una segunda vía de escape al personal del Laboratorio, el proyecto prevé la realización de una galería de aproximadamente 320 m de longitud que conecta el final del túnel de conexión central con el túnel de acceso al Laboratorio. La misma galería es aprovechada como acceso al fondo del pozo principal, gracias a una ramificación de aproximadamente 105 m de longitud. La pendiente longitudinal de la galería es variable entre -14% y +8% y es determinada por cota de los extremos (3'764 y 3'758 msnm) y la necesidad de alcanzar el fondo del pozo (3'733 msnm).

La sección típica es determinada por el gálibo para tránsito de vehículos de 3.50 m de ancho por 4.00 m de alto y es caracterizada por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón armado vertido en obra de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera. La evacuación del agua del macizo es asegurada por un sistema de bombeo (ver capítulo 4.22.2).

Ver plano 6198.1-P-022-Túnel de conexión central, galerías de escape y de acceso al fondo del pozo.

4.21 Sector geofísica

Ver planos:

- 6198.1-P-016-Sector geofísica - planimetría y plantas
- 6198.1-P-017-Sector geofísica, salas sector Norte
- 6198.1-P-018-Sector geofísica, salas sector Sur
- 6198.1-P-019-Sector geofísica, esclusa de aire secundaria
- 6198.1-P-020-Sector geofísica, esclusa de aire principal

4.21.1 Función, ubicación y accesibilidad

Este sector del Laboratorio está destinado a experimentos y mediciones en el ámbito de las geociencias y se compone de un túnel de acceso (F) a lo largo del cual están dispuestas una serie de pequeñas cavernas. En estos espacios se prevé la instalación de instrumentos de medición y auscultación muy sensibles a las vibraciones a los cambios de las condiciones ambientales (temperatura y presión).

Para evitar interferencias debidas a las vibraciones provocadas por el tránsito de vehículos, este sector ha sido posicionado en un brazo independiente, lo más alejado posible del TAN (ver **Ilustración 12**).

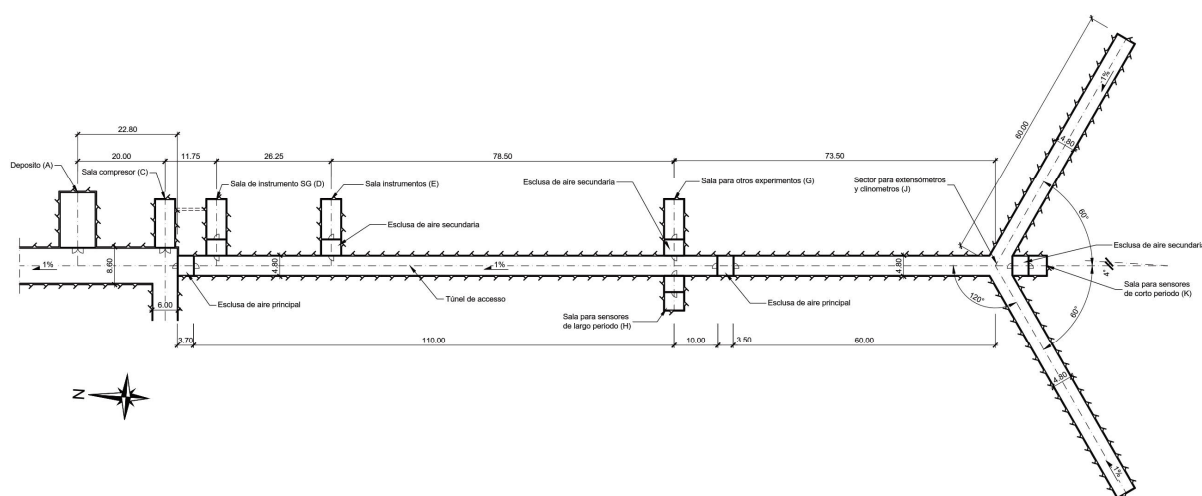


Ilustración 12: Planimetría sector geofísica

Considerada las exigencia de asegurar una condiciones ambientales lo más constantes posibles, en este sector no se prevé ningún sistema de ventilación/climatización y está aislado del resto del Laboratorio mediante un sistema de esclusas de aire que aseguran una presión atmosférica constante. El sector de investigación geofísica, a excepción del depósito (A) y de la sala del compresor del gravímetro superconductor (C), no cumple por lo tanto con las normas de seguridad e higiene de trabajo y deberá estar cerrado e inaccesible para las personas.

El acceso del personal para la instalación de los instrumentos o para su manutención será posible únicamente con un acondicionamiento temporáneo de los espacios (ventilación, iluminación, etc.) o mediante equipamiento personal específico (respiradores de suministro de aire, protección contra el calor, etc.).

4.21.2 Túnel de acceso (F)

El acceso a las cavernas y a los espacios del sector geofísica es asegurado por el túnel de acceso (F), que empieza al final del túnel de conexión central del Laboratorio y se extiende sobre una longitud casi 200 m con una pendiente de 1% en subida.

Su sección típica es determinada por las exigencias de excavación y considera un gálibo libre de 3.5 m de alto por 3.0 m de ancho y es caracterizada por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón armado vertido en obra de 25 cm de espesor con canaleta de drenaje lateral, donde se juntan las eventuales infiltraciones de agua del macizo. En las paredes laterales y en la bóveda se prevé la instalación de bandejas portacables para las conexiones eléctrica y de datos de los instrumentos.

En correspondencia de la entrada del sector geofísica y después de aproximadamente 120 m se encuentran dos esclusas de aire principales que aseguran la separación entre el sector geofísica y el resto del Laboratorio (ver capítulo 4.21.11).

4.21.3 Depósito (A)

Al final del túnel de conexión central, cerca de la entrada al sector geofísica, el proyecto prevé la realización de un espacio de aproximadamente 100 m² para el depósito de instrumentos o materiales. La caverna tiene una longitud de 13 m y una sección típica con 8 m de ancho y aproximadamente 6 m de alto. El revestimiento de la caverna de hormigón proyectado con una solera de hormigón de 30 cm de espesor. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas por medio de perfiles de media caña y láminas tipo Delta-drain que descargan directamente en las canaletas laterales previstas en la solera. La separación con el túnel de conexión central es asegurado por un mampara de malla electrosoldada con puerta de 2.0 m de ancho y 2.5 m de alto.

4.21.4 Sala del compresor del gravímetro superconductor (C)

Entre el depósito (A) y la entrada del sector geofísica se encuentra la sala del compresor dedicado al gravímetro superconductor. La sala tiene una superficie de aproximadamente 43 m² y es realizada dentro de una pequeña caverna de 11 m de longitud, 4.8 m de ancho y 4.6 m de alto. El revestimiento de la caverna de hormigón proyectado con una solera de hormigón de 25 cm de espesor con canaleta de drenaje lateral, donde se juntan las eventuales infiltraciones de agua del macizo. La separación con el túnel de conexión central es asegurada por una pared de hormigón y una puerta de 2.0 m de ancho y 2.5 m de alto.

La sala está conectada a la sala de instrumentos del gravímetro superconductor (D) por medio de dos perforaciones horizontales selladas de 100 mm de diámetro y 7 m de longitud que aseguran la conexión de los conductos de alta presión y de los cables.

4.21.5 Sala de instrumentos del gravímetro superconductor (D)

A poca distancia de la entrada, sobre el lado izquierdo del túnel de acceso, se encuentra la caverna donde se prevé la instalación del gravímetro superconductor, incluido sistema de refrigeración criogénico. La sala, de 36 m² de superficie, es realizada dentro de una pequeña caverna de 13 m de longitud, 4.8 m de ancho y 4.6 m de alto. El revestimiento de la caverna es de hormigón proyectado con una solera de hormigón de 25 cm de espesor en la cual se prevén dos huecos de 3 x 2 m para la futura instalación de los pilares de fundación de los instrumentos geofísicos. Las eventuales infiltraciones de agua del macizo son recolectadas mediante una canaleta de drenaje realizada al pie de la bóveda.

La separación con el túnel de acceso (F) es asegurada por una esclusa de aire secundaria (ver capítulo 4.21.11) con dos puertas estancas de 1.2 m de ancho y 2.0 m de alto.

4.21.6 Sala de instrumentos (E)

A una distancia de aproximadamente 35 m de la entrada del sector geofísica, sobre el lado izquierdo, se encuentra una sala de instrumentos (E) donde se prevé la realización de experimentos temporáneos.

La sala, de 36 m² de superficie, es realizada dentro de una pequeña caverna de 13 m de longitud, 4.8 m de ancho y 4.6 m de alto. El revestimiento de la caverna es de hormigón proyectado con una solera de hormigón de 25 cm de espesor en la cual se prevén dos huecos de 3 x 2 m para la futura instalación de los pilares de fundación de los instrumentos geofísicos. Las eventuales infiltraciones de agua del macizo son recolectadas mediante una canaleta de drenaje realizada al pie de la bóveda.

La separación con el túnel de acceso (F) es asegurada por una esclusa de aire secundaria con dos puertas estancas de 1.2 m de ancho y 2.0 m de alto.

4.21.7 Sala para otros experimentos (G)

A una distancia de aproximadamente 110 m de la entrada del sector geofísica, siempre sobre el lado izquierdo, se encuentra una sala donde se prevé la realización de otros experimentos o la instalación de un ring-laser gyro.

La sala es idéntica a la sala de instrumentos (E).

4.21.8 Sala para sensores de largo periodo (H)

En frente a la sala para otros experimentos (G) se prevé la realización de un espacio donde se instalarán los sensores de largo periodo.

La sala, de 16 m² de superficie, es realizada dentro de una pequeña caverna de 8 m de longitud, 4.8 m de ancho y 4.6 m de alto. El revestimiento de la caverna es de hormigón proyectado con una solera de hormigón de 25 cm de espesor en la cual se prevén un hueco de 2 x 2 m para la futura instalación del pilar de fundación de los instrumentos geofísicos. Las eventuales infiltraciones de agua del macizo son recolectadas mediante una canaleta de drenaje realizada al pie de la bóveda.

La separación con el túnel de acceso (F) es asegurada por una esclusa de aire secundaria con dos puertas estancas de 1.2 m de ancho y 2.0 m de alto.

4.21.9 Sector para extensómetros y clinómetros de larga base (J)

Detrás de la segunda esclusa de aire principal, ubicada a 120 m de distancia de la entrada del sector geofísica, se encuentra el sector para la instalación de los extensómetros y clinómetros de larga base. El espacio es constituido por tres brazos de 60 m de longitud dispuestos con ángulos de 120° entre ellos.

La sección típica de los tres brazos es la misma del túnel de acceso (F) y considera un gálibo libre de 3.5 m de alto por 3.0 m de ancho y es caracterizada por un revestimiento de hormigón proyectado y una solera de hormigón de 25 cm de espesor con canaleta de drenaje lateral, donde se juntan las eventuales infiltraciones de agua del macizo. En las paredes laterales se prevé la instalación de bandejas portacables y de un pilar de hormigón para la instalación de los instrumentos.

4.21.10 Sala para sensores de corto período (K)

Al final del túnel de acceso (F) y detrás del punto de conexión entre los tres brazos del sector para extensómetros y clinómetros de larga base (J) el proyecto prevé una sala independiente para la instalación de sensores de corto periodo.

La sala, de 16 m² de superficie, es realizada dentro de una pequeña caverna de 8 m de longitud, 4.8 m de ancho y 4.6 m de alto. El revestimiento de la caverna es de hormigón proyectado con una solera de hormigón de 25 cm de espesor en la cual se prevén un hueco de 2 x 2 m para la futura instalación del pilar de fundación de los instrumentos geofísicos. Las eventuales infiltraciones de agua del macizo son recolectadas mediante una canaleta de drenaje realizada al pie de la bóveda.

La separación con el túnel de acceso (F) es asegurada por una esclusa de aire secundaria.

4.21.11 Esclusas de aire

Para asegurar la separación entre Laboratorio y sector geofísica, el proyecto prevé la realización de un total de 7 esclusas de aire. Las dos principales son previstas en el túnel del acceso (F) y otras 5 secundarias en las entradas de las salas donde se instalarán los instrumentos.

Los elementos principales de las esclusas son dos paredes de hormigón distantes 3.5 m entre ellas con dos puertas estancas de 1.2 m de ancho y 2.0 m de alto. En las paredes se prevén además aberturas para cables y un dispositivo de alivio de presión para permitir la abertura de la puerta en

caso fuertes diferencias de presión. La evacuación del agua del macizo es asegurada mediante dos cámaras con sifón de 15 cm de profundidad.

Ver planos:

- 6198.1-P-019-Sector geofísica, esclusa de aire secundaria
- 6198.1-P-020-Sector geofísica, esclusa de aire principal

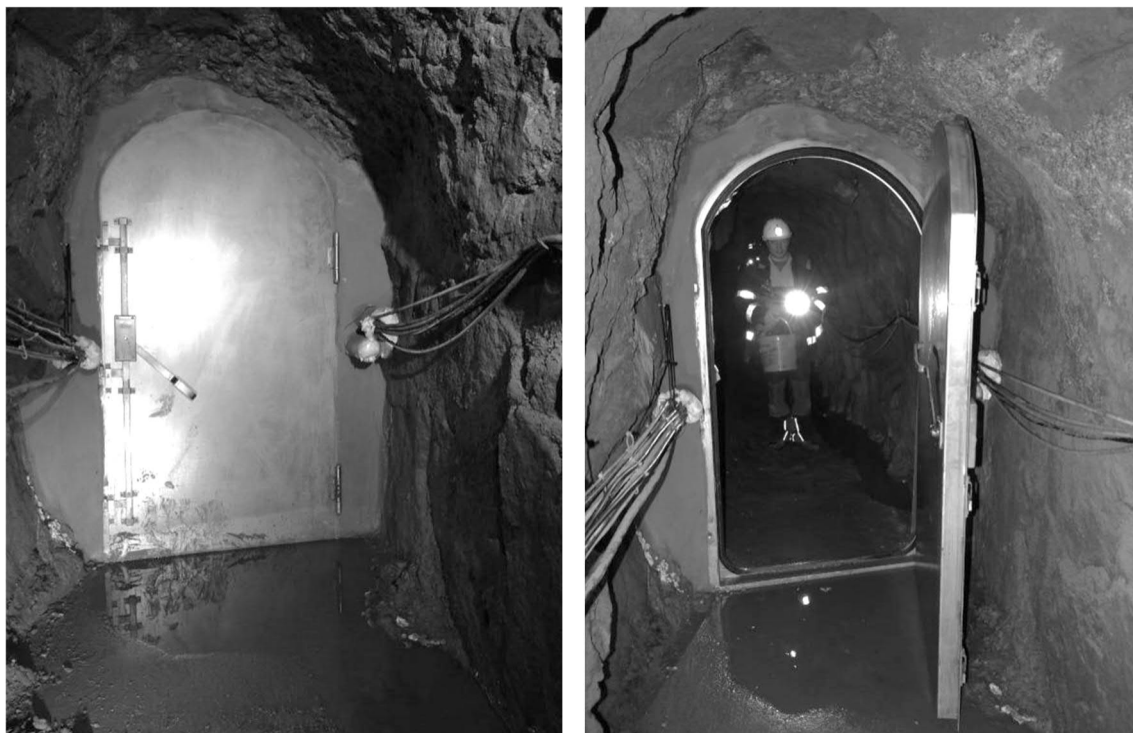


Ilustración 13: Ejemplo de puerta estanca para el sector geofísica (fuente: BFO, Schiltach, Alemania)

4.22 Concepto de drenaje y desagüe

4.22.1 Principio general

El concepto de drenaje y desagüe del Laboratorio prevé un sistema que recolecta y evacua las aguas provenientes del Laboratorio de forma separada. En principio se distingue entre tres tipos de agua:

- **Agua del macizo:** Es agua limpia provenientes de los distintos drenajes de las obras subterráneas del Laboratorio.
- **Aguas servidas:** Son las aguas usadas de origen domestico provenientes de los espacios de vivienda del Laboratorio (cocina, baños)
- **Aguas provenientes de los laboratorios:** Son aguas u otros líquidos potencialmente cargados de contaminantes producidos en los laboratorios (laboratorio de biología, salas limpias u otros) y que no pueden ser tratados como aguas servidas comunes.

4.22.2 Aguas del macizo

Las infiltraciones de agua del macizo son captadas por el sistema de impermeabilización y drenaje de los distintos espacios del Laboratorio y recolectadas con un sistema de canaletas previstas al pie de la bóveda de las cavernas. Estas canaletas descargan el agua en el colector principal del Laboratorio que está conectado al colector de aguas del macizo del TAN en correspondencia de la entrada del Laboratorio. De allí el agua del macizo proveniente del Laboratorio es llevada, junto con las aguas del macizo del TAN, hasta el portal Chile, donde pasa por un desarenador y un control que verifica su conformidad para ser vertida directamente en el río Colorado.

Gracias a la disposición altimétrica de los locales, la gran parte del agua del macizo del Laboratorio es evacuada por gravedad. Hacen excepción las aguas de la galería de escape y de acceso al fondo del pozo y del pozo mismo que, a causa de los su posición altimétrica, tienen que ser bombeadas hasta el túnel de acceso, donde pueden ser introducidas en el sistema de evacuación por gravedad. Análogamente, las eventuales infiltraciones en canal de escape en correspondencia de la entrada y en el canal de ventilación en correspondencia de la salida deberán ser bombeada al nivel superior para ser evacuadas.

En correspondencia de las esclusas de aire del sector geofísica y de la entrada del Laboratorio se prevé la instalación de sifones de altura suficiente a contrarrestar la diferencia de presión entre los dos lados de la esclusa.

4.22.3 Aguas servidas

Las aguas servidas provenientes de los locales de vivienda son evacuadas por gravedad en un colector separado y llevadas hasta la sala de tratamiento y retención de las aguas donde son tratadas con un biorreactor (ver capítulo 4.6). Las aguas servidas tratadas por el biorreactor, aunque consideradas limpias, se mantienen separadas del agua del macizo y son llevadas hasta el TAN e introducidas en el colector de desagüe del Túnel. En este colector, las aguas son conducidas hacia

el portal Chile junto con las aguas de la calzada del Túnel. Allí son controladas y pueden ser tratadas o retenidas por el sistema de tratamiento previsto para el desagüe del TAN.

4.22.4 Aguas provenientes de los laboratorios

Las aguas y los líquidos provenientes de los laboratorios con evacuados por gravedad en un colector separado e independiente y llevados hasta la sala de tratamiento y retención de las aguas, donde son retenidos en un tanque apósito de 20 m³ de capacidad (ver capítulo 4.6). El tanque puede ser vaciado mediante camiones cisterna, que transportarán los líquidos hasta la planta de tratamiento adecuada en base a su grado de contaminación. Un rebosadero de emergencia conectado al colector de desagüe del TAN, asegura la evacuación en caso de volúmenes que superan la capacidad del tanque.

4.22.5 Esquema de evacuación y tratamiento

Los principales elementos del sistema de drenaje y desagüe del Laboratorio, así como su conexión al sistema del TAN es representado en el plano 6198.1-P-029-Sistema de drenaje y desagüe.

4.23 Adaptaciones del proyecto del Túnel de Agua Negra

El proyecto del Laboratorio ha sido concebido con el objetivo de limitar al mínimo las modificaciones y las interferencias con el TAN. La construcción y el funcionamiento del Laboratorio ANDES implica sin embargo una serie de adaptaciones a los siguientes elementos de la obra civil del TAN:

- **Conexión de acceso:** En el punto de conexión entre el Túnel de acceso del Laboratorio y el Túnel Sur (km 4'300) se prevé la realización de una bahía de detención adicional dedicada al Laboratorio que asegura el espacio de maniobra para los vehículos que acceden al Laboratorio y permite la instalación del portón de acceso al mismo. Al nivel inferior se prevé un canal de escape que cruza en diagonal la calzada del Túnel.

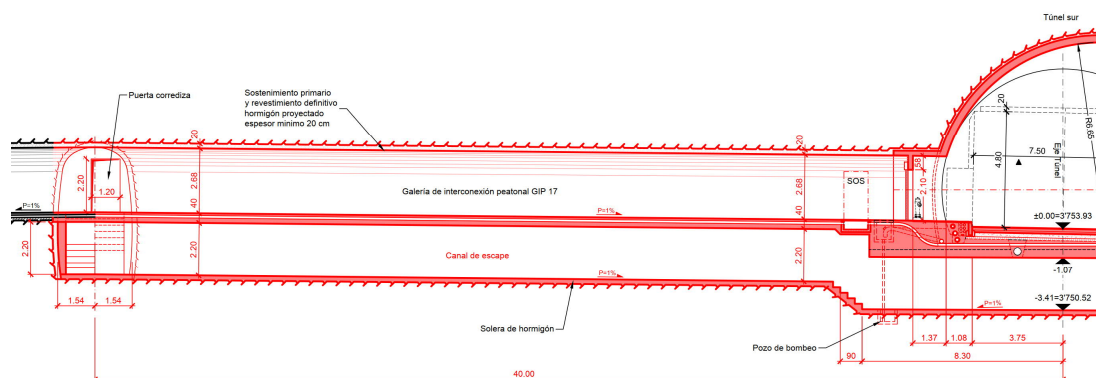


Ilustración 14: Sección longitudinal del GIP 17 con canal de escape del Laboratorio

- **Galería de interconexión peatonal (GIP 17):** Siempre a la altura de la conexión de entrada, se prevé la modificación de la galería de interconexión peatonal (GIP 17) prevista en el

proyecto del TAN. Su sección en los primeros 40 m (lado sur) es ensanchada para dar continuidad al canal de escape (ver **Ilustración 14**), que termina en la mitad de la galería, donde una escalera realizada en un nicho excavado a ese fin permite la subida hasta el nivel calzada.

- **Conexión de salida:** En el punto de conexión entre el túnel de salida del Laboratorio y el Túnel Sur (km 4'550) se aprovecha la bahía de detención ya prevista por el proyecto del TAN para la instalación del portón de salida del Laboratorio. Al nivel inferior se prevé un canal de ventilación que cruza en diagonal la calzada del Túnel y se conecta al nuevo local de ventilación previsto al nivel inferior de la central de ventilación del TAN.
- **Central de ventilación Oeste (CEO 18):** Al nivel inferior de la central de ventilación Oeste (CEO 18) del TAN se prevé la realización de un canal de ventilación dedicado al Laboratorio, donde se juntan los conductos de aire fresco previstos en la galería de ventilación. El canal, realizado en una trinchera (ver **Ilustración 15**), es accesible mediante una escalera y asegura el aporte de aire fresco hasta el canal de ventilación del Laboratorio.

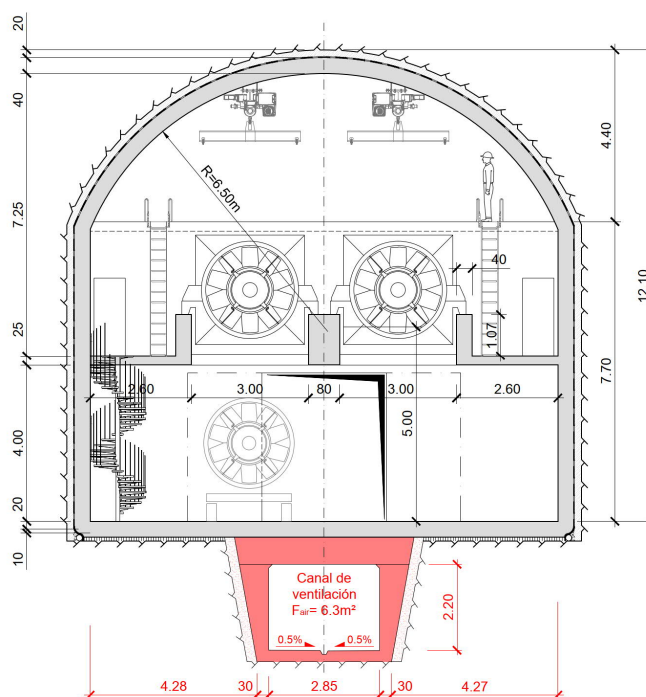


Ilustración 15: Sección transversal CEO 18 con canal de ventilación Laboratorio

- **Galería de ventilación:** Para el aprovisionamiento de aire fresco del Laboratorio, el proyecto prevé la instalación de tres conductos adicionales en la galería de ventilación del TAN. Gracias a estos conductos, el aire fresco es aspirado al portal Chile y llevado hasta la central de ventilación Oeste y luego hasta la sala de ventilación, de donde es distribuido en los distintos espacios del Laboratorio. Los conductos, de 1100 mm de diámetro, son instalados en la bóveda y sobre el lado izquierdo de la galería de ventilación (ver **Ilustración 16**). Con una reducción de 10 cm del ancho y de 30 cm del alto del gálibo para el tránsito de los

vehículos de servicio y mantenimiento (nuevo valor: 3.40 x 3.20 m) es posible aprovechar el espacio libre presente sin tener que ensanchar la sección la galería.

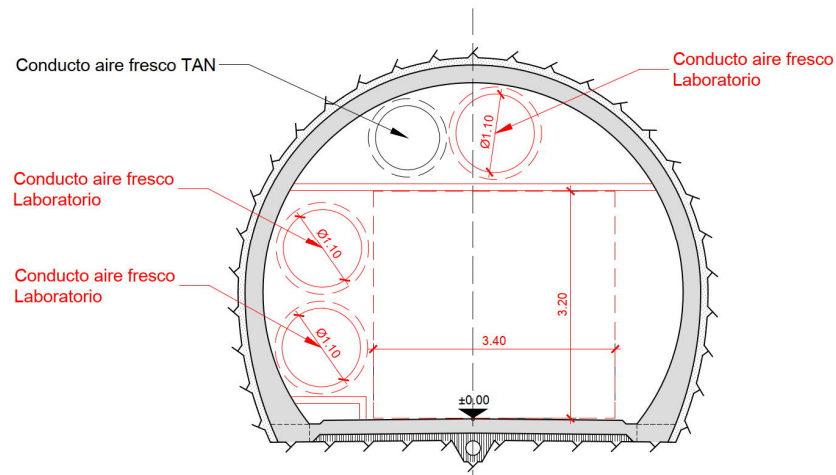


Ilustración 16: Sección típica de la galería ventilación con conductos Laboratorio

- **Edificio al Portal Chile:** El edificio técnico previsto al portal Chile del TAN deberá ser ensanchado para incluir en su interior las instalaciones adicionales previstas para el Laboratorio. El proyecto prevé de agregar dos locales para los ventiladores y los intercambiadores del Laboratorio con una toma de aire fresco independiente (ver plano 6198.1-P-028-Portall Chile, adaptación local técnico). Su integración arquitectónica deberá ser profundizada en la próxima fase de proyecto.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ELECTROMECAÁNICO

5.1 Generalidades

El proyecto de las instalaciones electromecánicas previstas para el Laboratorio son detalladas en el informe técnico no. 6198.2-R-02. A continuación se resumen los conceptos generales de los principales sistemas.

5.2 Energía

Considerada la posición alejada y la altura de ubicación del Laboratorio se excluye la posibilidad de disponer de una conexión eléctrica exclusiva y dedicada al Laboratorio. El Laboratorio será por lo tanto conectado a la dorsal de media tensión 23 kV del sistema previsto para el TAN, que prevé una doble alimentación de alta tensión (una desde el lado Chile y otra desde el lado Argentina) y grupos electrógenos de emergencia.

La carga efectiva sobre la derivación se estima en base a la demanda normal, temporánea y específica de los experimentos que serán llevados a cabo en el Laboratorio.

El sistema dispone de transformadores de media y baja tensión y de los relativos elementos de seguridad. En caso de corte de la línea normal, baterías y acumuladores aseguran la demanda sensible.

5.3 Iluminación

El sistema de iluminación de los espacios del Laboratorio considera los requisitos de iluminación previstos para las personas y los lugares de trabajos al interior y satisface las exigencias de confort y prestación visual previstas en las normas.

5.4 Ventilación

El sistema de ventilación es un elemento clave para la seguridad en el Laboratorio y desenvuelve dos funciones muy importantes. De un lado tiene una función sanitaria y del otro una función esencial en caso de emergencia (incendio). El sistema de ventilación incluye varios componentes (ventiladores, conductos, etc.) necesarios al control de los flujos de aire y de los humos en el Laboratorio.

En el caso normal (sanitario), el objetivo de la ventilación es asegurar una calidad de aire aceptable para el personal del Laboratorio, asegurando al mismo tiempo el requisito en términos de recambios de aire horario (2 para el Laboratorio, 10 para las salas limpias y el laboratorio de biología). Este objetivo es realizable gracias a un sistema de aprovisionamiento que prevé la inmisión de aire fresco desde el portal Chile mediante ventiladores y conductos de aire fresco que son instalados en la Galería de ventilación de TAN que llevan el aire hasta el Laboratorio, donde unidades de climatización

permiten controlar temperatura y humedad de los espacios del Laboratorio. El sistema considera igualmente la infiltración de radón y asegura la el respeto de la normativa ASHRAE 62.1.

El sistema de ventilación está igualmente diseñado para hacer frente a escenario de emergencia (incendio), tanto en el TAN como en el Laboratorio. En el caso de un evento en el TAN, el sistema de ventilación, gracias al aporte de aire fresco desde el portal Chile, asegura una sobrepresión en el Laboratorio, lo que impide la entrada de humo en sus espacios. En caso de incendio en el interior del Laboratorio, el sistema de ventilación puede ser conmutado en un sistema de aspiración de humos y calor que son alejados del Laboratorio y evacuados a través de la galería de ventilación del TAN, utilizando el Túnel Sur como conducto de aprovisionamiento de aire libre de humo.

5.5 Vigilancia

El sistema de supervisión del Laboratorio es asegurado gracias a los datos provenientes de sensores fijos y portátiles. Esto asegura un alto nivel de seguridad y permite identificar inmediatamente los eventos y gestionar eficientemente las alarmas.

La seguridad del personal de Laboratorio es garantizada con una vigilancia continua del ambiente y de las personas. Entre los principales valores monitoreados se citan: detección de humo e incendios, concentraciones de gases y vapores presentes en el aire, concentración de oxígeno, monóxido de carbono, radón así como los valores de temperatura, humedad y las dosis de radiaciones ionizantes.

A nivel de los accesos, el proyecto prevé un control de accesos con gestión centralizada con badges identificativos y llaves electrónicas. Todas las zonas de accesos contarán con vigilancia video.

5.6 Gestión, control y automatización

En el Laboratorio se prevé un sistema de supervisión, control y adquisición de datos tipo SCADA. Su estructura, que se compone de computadoras e interfaces hombre-máquina (HMI), será debidamente conectada e integrada con sistema de gestión del TAN.

Todos los equipos del Laboratorio serán conectados a una red de comunicación y gestionados de forma autónoma. El control local de cada elemento será igualmente asegurado con mandos locales y remotos.

En el Laboratorio se prevé la instalación de difusores sonoros y, sistema de teléfono y alarmas. La comunicación entre el personal de control y los usuarios será por lo tanto siempre asegurada

5.7 Cableado

El sistema de cableado prevé la instalación de cables y fibras ópticas que serán colocados en bandejas instaladas en la bóveda de las cavernas y de los túneles del Laboratorio o en conductos cables realizados en las soleras de los distintos espacios.

5.8 Instalaciones accesorias

Para asegurar el funcionamiento del Laboratorio, el proyecto prevé la instalación de los siguientes elementos accesorios:

- Puertas y portones (incluido corta-fuego)
- Sistema de aprovisionamiento hídrico
- Aprovisionamiento de agua potable
- Sistemas de lucha contra el fuego
- Tratamiento del desagüe
- Evacuación de aguas del macizo (bombeo)
- Grúas y sistema de elevación
- Aprovisionamiento de aire comprimido
- Compartimentación y sistemas corta-fuego

5.9 Adaptaciones del proyecto del Túnel de Agua Negra

El proyecto del Laboratorio ha sido concebido con el objetivo de limitar al mínimo las modificaciones y las interferencias con el TAN. La construcción y el funcionamiento del Laboratorio ANDES implica sin embargo una serie de adaptaciones a los siguientes elementos de los equipamientos electromecánicos previstos para el TAN:

- **Dorsal de media tensión:** se prevé el potenciamiento de la dorsal de distribución con un aumento de la potencia disponible para hacer frente a la mayor demanda generada por el Laboratorio.
- **Centrales eléctricas al portal Argentina y al portal Chile (SP-PA y SP-PC):** para hacer frente a la mayor demanda generada por el Laboratorio en caso de corte de red, las centrales eléctricas a los portales deberán prever grupos electrógenos adicionales.
- **Central eléctrica en CEO 18 (ST):** se prevé una nueva derivación de alimentación de media tensión dedicada al Laboratorio.
- **Instalaciones EM al Portal Chile:** para el abastecimiento del Laboratorio con aire fresco el proyecto prevé la instalación de ventiladores e intercambiadores de calor adicionales al portal Chile, que deberán ser integrados con los dispositivos ya presentes para el TAN.
- **Central de ventilación Oeste (CEO 18):** Los ventiladores de extracción instalados en la central de ventilación Oeste deberán ser adaptados y dotados de un sistema de compuertas para asegurar la conexión con el canal de ventilación y permitir la aspiración de los humos en caso de incendio en el Laboratorio.

6. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

6.1 Generalidades y coordinación con el TAN

La construcción del Laboratorio ha sido concebida en contemporánea con la realización del TAN. Esto permite aprovechar los obradores, los equipos y las instalaciones técnicas de la obra del Túnel que deberán ser eventualmente potenciadas para hacer frente al mayor volumen de trabajo. Por el otro lado, la presencia de una obra paralela como el Laboratorio engendra una serie de trabajos que necesitan ser coordinados con la obra principal para aprovechar las sinergias y limitar las interferencias.

6.2 Obrador Chile

Considerada la ubicación del Laboratorio, los trabajos para su construcción serán realizados principalmente desde el frente chileno. El obrador previsto para el TAN en proximidad del portal Chile (ver dossier de la Ingeniería Básica de Anteproyecto (IBA) [11], **Ilustración 17**) será por lo tanto el obrador de referencia.

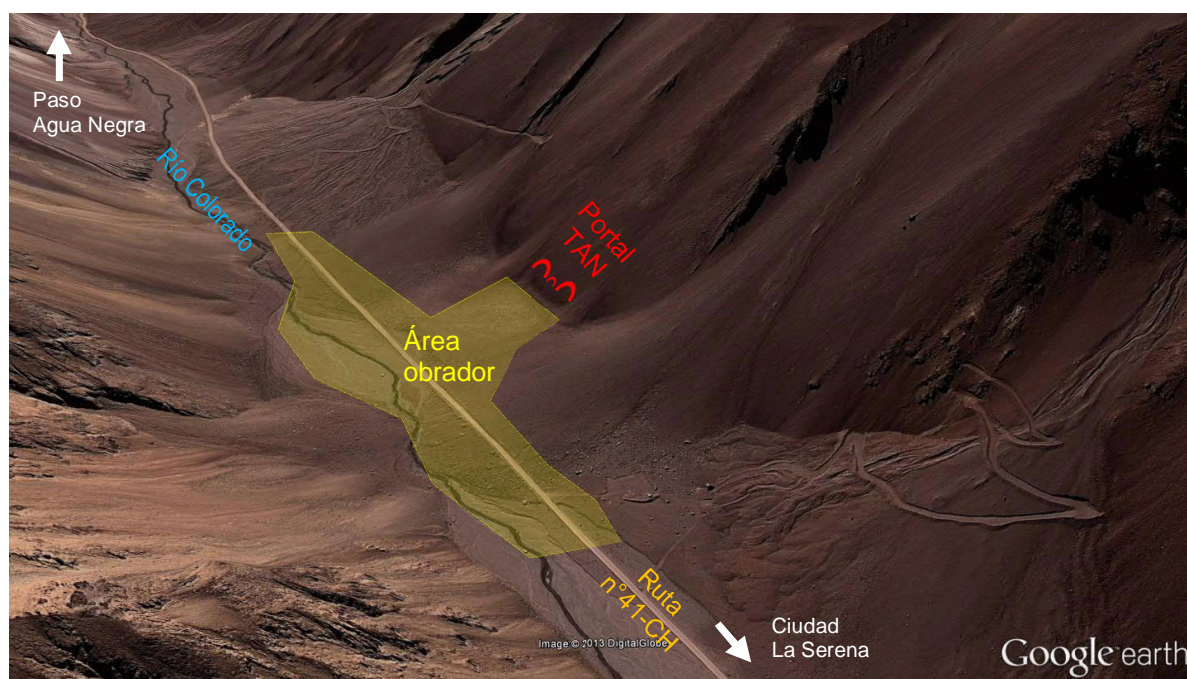


Ilustración 17: Foto aérea de la zona del obrador portal Chile

En sus espacios, el proyecto del TAN prevé la realización de edificios residenciales y oficinas para el personal de la obra y numerosas instalaciones técnicas necesarias para los trabajos y para el funcionamiento del obrador mismo como: una planta eléctrica, un sistema de aprovisionamiento y almacenamiento del agua industrial y potable, una planta de tratamiento del material, una planta de producción de hormigón, una planta de tratamiento de agua, una central térmica, etc. Considerada la altura elevada (3'600 msnm) y la posición alejada (el centro urbano más cercano es La Serena a una

distancia aproximada de 200 km), el concepto de ejecución prevé además depósitos de materiales (cemento, acero, agregados) y consumibles (diésel, explosivos, víveres) de capacidad suficiente para asegurar la continuidad de los trabajos durante todos los periodos del año.

La definición de detalle del obrador cae bajo la responsabilidad la empresa contratista, que deberá definir y dimensionar los recursos necesarios (logística, personal, equipos, materiales, agua, electricidad etc.) para la realización de la obra, considerando además las exigencias adicionales engendradas por la obra del Laboratorio.

6.3 Campaña de sondeo previa a la construcción

Antes de empezar los trabajos de excavación del Laboratorio, el proyecto prevé la realización de una campaña de sondeo que deberá verificar la presencia de las condiciones geológicas mínimas que permitan la realización y la estabilidad de las importantes excavaciones previstas. Las principales condiciones son las siguientes:

- Ausencia de fallas relevantes
- Ausencia de fenómenos squeezing o estallido de rocas extremos
- Macizo rocoso con clase 3 o superior
- Ausencia de radiaciones excesivas
- Ausencia de caudales importantes de infiltraciones de aguas del macizo

Esta campaña deberá ser realizada desde la galería de ventilación del TAN o desde el Túnel Sur una vez alcanzada el sector de ubicación del Laboratorio y se compone principalmente de dos perforaciones horizontales realizadas en el eje del túnel de conexión interna y en el eje de la galería de escape (ver **Ilustración 18**).

Las perforaciones tienen una longitud de aproximadamente 330 m y se realizan con un equipo de perforación adecuado a la recuperación de testigos. La campaña es completada por una serie de ensayos en sitio que permitirán confirmar y corregir el pronóstico geológico considerado por el proyecto. Los principales ensayos en sitio previstos son los siguientes:

- Televiwer óptico y acústico
- Perfil de Caliper
- Registro radiación gamma natural
- Ensayos geofísicos entre sondeos
- Borehole alignment
- Ensayos de hidrofracturación y overcoring

Se prevé además la toma de muestras para la realización de ensayos de Laboratorio.

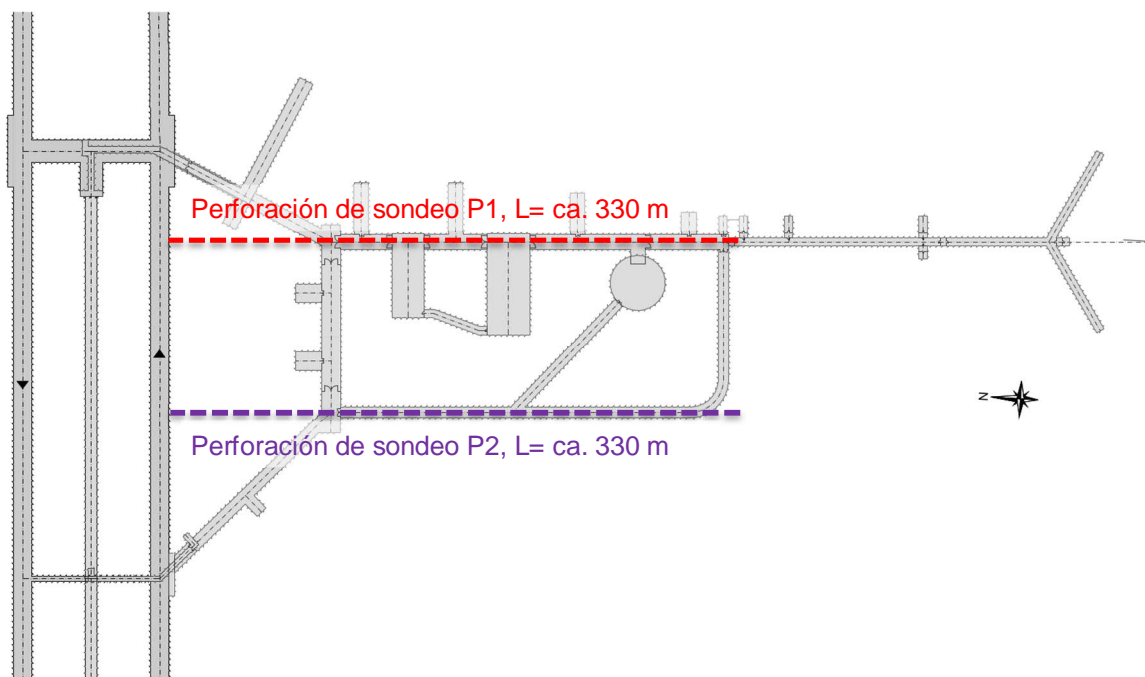


Ilustración 18: Concepto de sondeo previo a la construcción

En base a los resultados será posible confirmar la factibilidad del Laboratorio y su ubicación según el esquema previsto y revalidar el dimensionamiento de los sostenimientos y revestimientos de las obras subterráneas. De no ser así el Laboratorio o parte de él deberá ser reubicado en una zona geológica más favorable, que deberá a su vez ser confirmada con una campaña de sondeo análoga.

6.4 Métodos de excavación

6.4.1 General

La excavación de los túneles, de las galerías y de las cavernas del Laboratorio está prevista con el método de perforación y voladura (Drill & Blast). Este método garantiza una buena flexibilidad y permite adaptarse a las diferentes geometrías y condiciones geológicas. Los trabajos de excavación se realizan con un proceso cíclico que se resume en las siguientes fases:

1. Perforación del frente de excavación según esquema de tiro
2. Carga de los taladros con explosivo
3. Voladura y ventilación
4. Retirada del escombros y saneo del frente, bóveda y hastiales con martillo neumático.
5. Colocación de los elementos de sostenimiento/seguridad (hormigón proyectado, mallas de armadura, pernos de anclaje, cerchas de acero)
6. Control de la sección excavada y preparación nuevo ciclo

En principio la excavación de los túneles, de las galerías y de las pequeñas cavernas es realizada a plena sección. En el caso de las cavernas más grandes (caverna principal y caverna secundaria), la excavación se realiza por etapas.

6.4.2 Pozo principal

Debido a sus dimensiones, la excavación del pozo se realiza por etapas, aprovechando los dos accesos disponibles. Se plantean las siguientes fases principales:

1. Excavación de una galería hasta la culminación de la cúpula,
2. Excavación y sostenimiento por etapas de la cúpula,
3. Ensanche y ultimación de la cúpula hasta el nivel de túnel de conexión central
4. Realización del revestimiento definitivo de la cúpula
5. Excavación de la galería en el fondo del pozo principal
6. Perforación con técnica raise-drill de un pozo central de 3.0 m de diámetro hasta el fondo del pozo principal
7. Excavación y sostenimiento por etapas de arriba hacia abajo de la parte central del pozo, utilizando el pozo realizado con raise-drill para la evacuación del material excavado.

Ver planos:

- 6198.2-P-058-Etapas de construcción pozo principal I-IV
- 6198.2-P-059-Etapas de construcción pozo principal V-VIII
- 6198.2-P-060-Etapas de construcción pozo principal IX-XII

6.5 Sostenimiento de la excavación

Para garantizar la seguridad del personal de la obra y la estabilidad de la excavación hasta la realización del revestimiento definitivo se aplican medidas de sostenimiento provisionales. Los principales elementos de sostenimiento son:

- Hormigón proyectado:
Consiste de un mortero que se coloca contra el perímetro de la excavación compactando el mismo mediante la energía de su proyección. En principio su colocación se realiza por vía húmeda con una lanza robot. Según los requerimientos de seguridad y resistencia, es posible incorporar fibras de acero. Se aplica sobre el borde de la excavación en capas de espesor diferente. Una capa mínima de 5 cm en la bóveda, armada con fibras de acero, es la medida de sostenimiento mínima indispensable para garantizar la seguridad contra la caída de piedras en la zona del avance. Donde las condiciones del macizo lo requieren, la aplicación de hormigón proyectado se extiende sobre parte o incluso la totalidad del frente de excavación.
- Pernos de anclaje radiales:
Garantizan la estabilidad de los bloques y cuñas rocosas potencialmente inestables en el perímetro de la excavación. Si son utilizados de forma sistemática, confieren nuevas propiedades

a la roca que rodea la excavación formando “efecto arco”, que mejora la estabilidad a la excavación y reduce las deformaciones. Su cantidad y distribución así como su longitud depende de las condiciones del macizo. En el proyecto se prevé la colocación de diferentes tipos de pernos pasivos de distinta longitud ($L=3.0$ hasta 12.0 m) en la bóveda y en los hastiales del túnel. Se trata principalmente de pernos a fricción, sea barras corrugadas inyectadas con mortero de cemento o con resina con función permanente.

– Cerchas de acero:

En zonas con roca particularmente inestable, o en caso de empuje del macizo rocoso, está prevista la colocación de cerchas de acero, que consisten básicamente en perfiles metálicos que se ajustan al diámetro de la excavación. En base a las características requeridas se prevé la utilización cerchas reticulares tipo JB 3G/4G: cerchas metálicas constituidas por 3/4 hierros redondos de acero formando una estructura reticular. Las uniones entre los tramos se realizan con placas atornilladas en los extremos.

– Mallas de armadura

Son redes de acero electrosoldadas que se colocan antes de la realización de una capa de hormigón. Su colocación puede ser alternativa al uso de fibras metálicas.

– Chapas-encofrado tipo Bernold:

Consisten en placas metálicas nervadas de espesor 2-3 mm que se colocan entre las cerchas y sirven como encofrado perdido.

La tipología y la cantidad de medidas de sostenimiento a poner en obra dependen básicamente de las dimensiones de la parte de obra y de las condiciones del macizo.

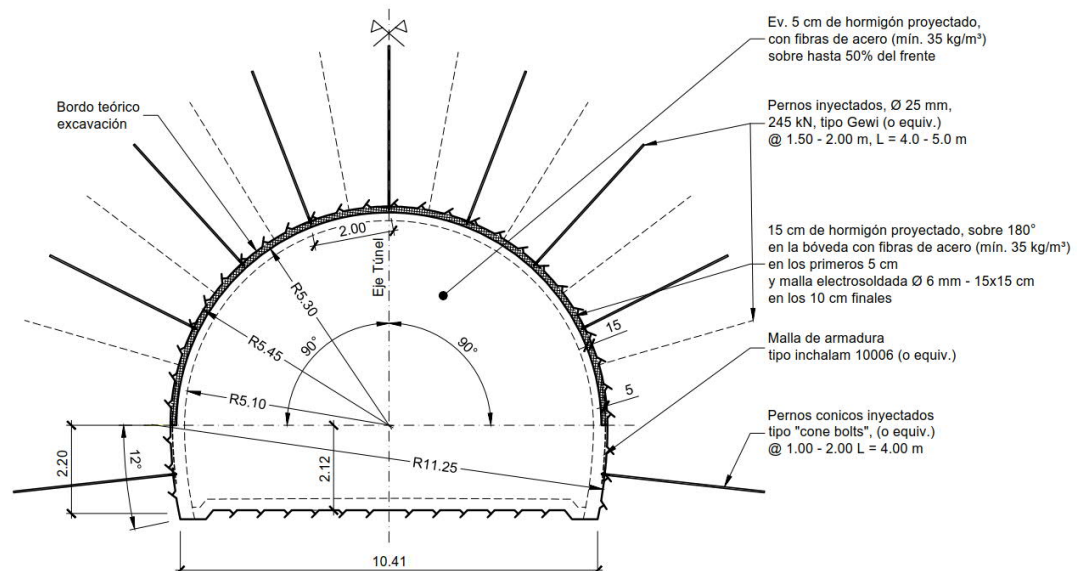


Ilustración 19: Ejemplo de sostenimiento primario para la zona tránsito y estacionamiento en clase CS3

La definición de los sostenimientos para los distintos elementos del Laboratorio es visible en los planos siguientes:

- 6198.1-P-051-Sostenimientos de las galerías de entrada, salida, tránsito y estacionamiento
- 6198.1-P-052-Pozo principal, sostenimiento y revestimiento definitivo
- 6198.1-P-053-Caverna principal y caverna secundaria, sostenimientos
- 6198.1-P-054-Sector geofísica y galerías de escape y acceso al fondo del pozo, sostenimientos

6.6 Impermeabilización y drenaje

6.6.1 General

Teniendo en cuenta el tipo de revestimiento previsto, en el Laboratorio no se prevé la instalación de un sistema de impermeabilización sistemático. Eventuales infiltraciones de agua del macizo son captadas y llevadas al pie de la bóveda mediante medias cañas y membranas tipo Delta-drain, donde son evacuadas en canaletas abiertas realizadas en la solera de hormigón al pie de la bóveda. A su vez, las canaletas descargan puntualmente en el colector de las aguas del macizo.

6.6.2 Pozo principal

Debido a su función, el pozo principal hace excepción al concepto general de impermeabilización del Laboratorio y prevé un doble sistema de impermeabilización.

El primero, que asegura la impermeabilidad respecto a las infiltraciones de agua del macizo, se coloca entre el hormigón proyectado del sostenimiento y el revestimiento y se compone básicamente de las siguientes capas:

- Geotextil de protección:
Consiste en un tejido con peso específico mínimo de 500 g/m² que cumple la función de protección de la membrana impermeabilizante frente a posibles daños causados por la presión de contacto contra la superficie rugosa del hormigón proyectado. El geotextil tiene además la función de asegurar el drenaje del agua del macizo alrededor de la cavidad, de modo que pueda ser evacuada por los drenajes puestos a los pies de la bóveda sin que se genere un estancamiento de agua sobre la cavidad con consiguiente presión hidrostática. El geotextil recubre toda la superficie de la bóveda y es fijado al substrato de hormigón proyectado por medio de clavos especiales.
- Membrana impermeabilizante:
Consiste en una lámina de material plástico (PVC o TPO) con un espesor mínimo de 2 mm que asegura una barrera impermeable. Las láminas son fijadas (tramite soldadura térmica o sistema Velcro) a discos integrados en los clavos de fijación del geotextil y soldada cuidadosamente entre ellas para mantener la continuidad de la membrana de impermeabilización.
- Membrana de protección
Para evitar daños que podrían comprometer su funcionalidad, en las partes con revestimiento armado y en las zonas de las juntas entre los bloques, la membrana de impermeabilización se recubre con una membrana de protección. La membrana consiste en láminas de material plástico de 3 mm de espesor soldadas por puntos con la propia membrana de impermeabilización.

La colocación del sistema de impermeabilización se realiza previamente al revestimiento con una instalación de obra exclusiva y cuenta con las siguientes etapas principales:

1. Control de las dimensiones del galibo libre y eliminación de las eventuales protuberancias inadmisibles.
2. Captación de las eventuales filtraciones de agua mediante lámina de drenaje (tipo Delta-Drain) y/o medias cañas.
3. Realización de una capa de hormigón proyectado de fondo para garantizar una superficie adecuada a la instalación del sistema de impermeabilización. Para preservar la integridad de la membrana impermeabilizante dicha superficie debe ser plana, sin irregularidades ni elementos cortantes como cabezas de pernos de anclaje, cerchas, mallas de armadura, fibras metálicas o similares.
4. Instalación, fijación, soldadura y control de las distintas capas del sistema de impermeabilización.

El segundo sistema de impermeabilización, que asegura la estanquidad respecto a posibles pérdidas del agua de llenado del pozo, está previsto sobre el intradós del revestimiento interno y se compone de un revestimiento plástico tipo Studliner, GSE Environmental. Este sistema consiste en una membrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 3 mm de espesor que se coloca sobre el encofrado del revestimiento y queda anclado al hormigón de revestimiento gracias a dientes moldeados, asegurando una capa de protección durable y estanca de las paredes y del fondo del pozo.

6.7 Revestimiento

6.7.1 General

Por lo general, el revestimiento de las obras subterráneas del Laboratorio consiste en una capa de hormigón proyectado y eventuales medidas de impermeabilización locales (medias cañas, membranas tipo Delta-drain).

A nivel del piso, el proyecto prevé la realización una solera de hormigón armado vertido en obra de espesor mínimo 25 cm, dimensionado para en base a las cargas de tránsito previstas.

6.7.2 Pozo principal

El concepto de revestimiento definitivo del pozo principal difiere del concepto general y considera un anillo interno de hormigón encofrado de 70 cm de espesor. Según el concepto previsto, después de terminar el hormigonado de la losa de fondo del pozo el revestimiento es realizado directamente en contacto con el sistema de impermeabilización, por medio de un sistema de encofrado deslizante. En las juntas entre las etapas de hormigonado se prevé la instalación de juntas Waterstop que completan el doble sistema de impermeabilización del pozo.

6.7.3 Sector geofísica

En el sector geofísica el revestimiento será reducido al mínimo indispensable. Donde las condiciones del macizo lo permitan, la roca deberá permanecer visible y no ser recubierta con hormigón proyectado de revestimiento.

6.8 Obras interiores

Una vez terminados los revestimientos el Laboratorio es completado con la ejecución los siguientes trabajos de obras interiores:

- Instalaciones puentes grúas y sistemas de elevación
- Realización de las estructuras internas y de las paredes de separación entre los diferentes espacios.
- Acabado de las cámaras de inspección y de las cámaras de cables.
- Montaje de puertas y otros elementos metálicos
- Acabado y pintura de los locales

En el caso de alta emanación de radón a través de las rocas, las superficies internas del revestimiento podrán ser tratadas con un producto a base de resina (tipo MineGuard) que minimizará la permeabilidad frente al gas, disminuyendo así los requerimientos de la ventilación.

Terminados estos trabajos los locales son entregados para la instalación de los equipamientos técnicos y electromecánicos (bandejas portacables, conductos ventilación, cables, equipos, etc.)

6.9 Sondeos, auscultación y mapeo geológico

6.9.1 Generalidades

La prognosis geológica y las hipótesis sobre los parámetros geomecánicos considerados en la fase de proyecto para el dimensionamiento de las obras tienen que ser verificadas y eventualmente ajustadas durante la fase de ejecución con métodos de reconocimiento adecuados.

Se prevé de aplicar un método observacional con el cual por medio de la interpretación del mapeo geológico durante la excavación, de las perforaciones de exploración y de los resultados de la auscultación se podrán modificar y ajustar los conceptos de diseño desarrollados.

6.9.2 Concepto y ejecución del mapeo geológico

El mapeo geológico de las condiciones del macizo excavado es un dato base para la definición de las clases de sostenimiento y del soporte de las obras subterráneas. Esta información es asegurada mediante un registro geológico sistemático del frente de excavación después cada voladura. Cada nuevo frente de excavación será descrito a través de una ilustración esquemática, con una información detallada sobre las discontinuidades y una descripción del comportamiento del macizo y

con la definición de todos los seis parámetros de base que permiten la definición del parámetro RMR (Rock Mass rating) según Bieniawski:

- resistencia a la compresión uniaxial del material (UCS – Uniaxial Compressive Strength);
- índice de recuperación en sondeo (RQD – Rock Quality Designation);
- espaciamiento de las discontinuidades;
- condiciones de las discontinuidades (alteraciones);
- condiciones hidráulicas (presencia o no de agua);
- orientación de las discontinuidades con respecto a la dirección de la perforación.

También una estimación sistemática del parámetro GSI (Geological Strength Index – Hoek-Marinos 2000) deberá ser realizada después de cada voladura para permitir una evaluación de la previsión hecha sobre los parámetros de deformabilidad y resistencia para cada litotipo.

6.9.3 Concepto y ejecución perforaciones de exploración

El concepto de sondeo previsto para el acompañamiento de los trabajos de realización del Laboratorio consiste principalmente en perforaciones sistemáticas en el frente de excavación para determinar con antelación el tipo de roca a atravesar. Esto permite reconocer con tiempo eventuales zonas críticas (roca inestable, fallas, infiltraciones de agua, etc.) y adaptar el método de excavación y las medidas de sostenimiento para las distintas obras subterráneas.

Antes de emprender la excavación de las cavernas del Laboratorio, el concepto prevé la realización de una perforación en su eje, para verificar su factibilidad o la eventual oportunidad de una reubicación. El mismo concepto es aplicado para el sector geofísica, donde una perforación horizontal de aproximadamente 200 m, realizada en el eje del túnel de acceso (F) a partir del final del túnel de conexión central, deberá confirmar la factibilidad constructiva y las condiciones mínimas para la instalación de los instrumentos de medición geofísicas.

Las perforaciones tienen una longitud variable se realizan con un equipo de perforación adecuado y pueden ser a destrucción o con recuperación de testigos. Según las necesidades, en las perforaciones podrán preverse la ejecución de ensayos en sitio.

6.9.4 Concepto auscultación e instrumentación

Otros datos importantes para la verificación y la calibración de las hipótesis del proyecto provienen de la auscultación de las obras realizadas.

En la fase de realización se prevé el empleo de los siguientes instrumentos/técnicas:

- Mediciones de las convergencias del borde de la excavación con control geodésico de miras ópticas.
- Secciones de medición instrumentadas con extensómetros multi-base para medir deformaciones del macizo durante la excavación en mínimo tres puntos instalados a distintas profundidades en

la roca. Los extensómetros deberán ser equipados con sistemas de adquisición automática de los datos y con data-loggers

- Anclaje de medida y células de carga para el control de las fuerzas y de las deformaciones de los pernos. Estos instrumentos deberán ser equipados con sistemas de adquisición automática de los datos y con data-loggers.

Algunos de estos instrumentos pueden ser mantenidos o integrados para garantizar el control de algunos parámetros durante la fase de operación.

6.10 Ventilación y acondicionamiento de obra subterránea

6.10.1 Principios

El sistema de ventilación y acondicionamiento de la obra del Laboratorio tiene que asegurar el respeto de las normativas en materia de higiene de trabajo vigente, cumpliendo básicamente tres funciones fundamentales:

1. Suministro del aire fresco para reemplazar el consumido por el personal y por los motores de los equipos.
2. Asegurar la dilución y la evacuación del polvo y de los gases tóxicos producidos por los trabajos (voladuras, perforaciones, carga material, motores diésel de los equipos) o provenientes del macizo (metano, radón).
3. Mantener la temperatura del aire en el ambiente de trabajo por debajo de los límites pre-establecidos.

El sistema elegido tiene además que ser compatible con la logística de obra y causar el menor obstáculo posible a los trabajos del TAN.

6.10.2 Concepto de ventilación de obra

Considerada la ubicación del Laboratorio y la contemporaneidad con las obras del TAN, se prevé la instalación de un sistema de ventilación dedicado a las obras del Laboratorio y coordinado con cuanto previsto para el TAN. El concepto consiste en utilizar la galería de ventilación como conducto de aire fresco para las obras del Laboratorio. El aire viciado es evacuado y llevado hasta el portal Chile usando, similarmente al concepto del TAN, uno de los túneles principales.

El dimensionamiento del sistema propuesto es responsabilidad del Contratista y deberá ser efectuado considerando las fases de realización, los equipos y la organización previstos, en el respecto de las normativas vigentes.

6.10.3 Concepto de acondicionamiento de obra

Debido a la alta cobertura, en el sector de realización del Laboratorio, se prevé un gradiente geotérmico importante con temperaturas de la roca de hasta 50-60°C. Para contrarrestar el calentamiento del aire inducido por ese gradiente y por los equipos de trabajo y asegurar así el

respeto de los límites de temperatura máxima del ambiente de trabajo, la obra tiene que ser equipada con un sistema de acondicionamiento adecuado.

El sistema, ya previsto para las obras del TAN, es realizado en forma modular para adaptarse a las necesidades variables de la obra y cuenta con los siguientes elementos (ver Ilustración 20):

- Enfriamiento local: En la zona de producción de calor (p.ej. equipos en la zona del avance) se instalan equipos de acondicionamiento que sacan el calor del aire del túnel y lo ceden al agua de enfriamiento.
- Transporte del calor: El agua de enfriamiento es transportada al exterior del túnel por medio del circuito cerrado.
- Eliminación del calor: En la zona del portal se instalan las torres de enfriamiento, donde se realiza el intercambio de calor entre el aire ambiental y el agua de enfriamiento del circuito que es reciclada y bombeada nuevamente a los equipos de acondicionamiento.

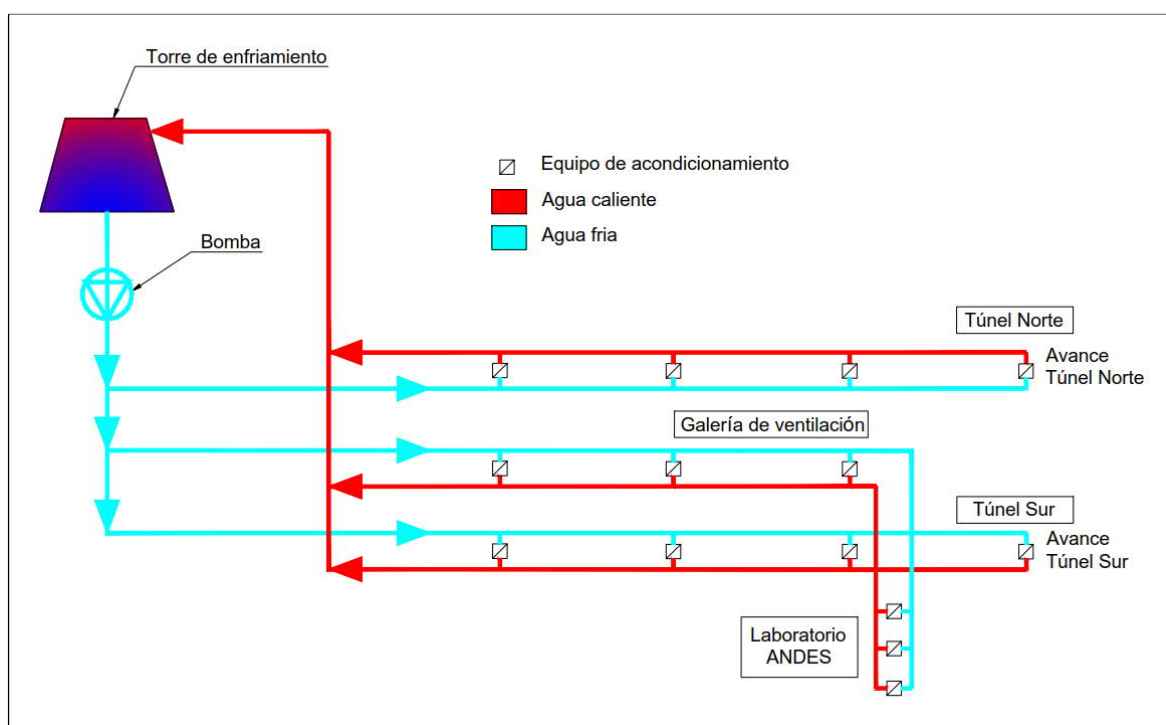


Ilustración 20: Esquema del concepto de acondicionamiento en subterráneo

La verificación de la necesidad y el dimensionamiento del sistema es responsabilidad del Contratista y deberán ser efectuados considerando los equipos y las fases previstas, en el respecto de las normativas vigentes.

6.11 Evacuación y tratamiento de aguas de la obra

Durante las obras de realización del Laboratorio las aguas subterráneas son tratadas en un sistema de drenaje mixto. Esto significa que sea las aguas del macizo, sea las aguas industriales de la obra

son recolectadas en un único canal y llevadas hasta el portal Chile junto con las aguas de la obra del TAN para ser tratadas en una planta de tratamiento específicamente concebida para eso.

El agua subterránea que llega al portal presenta principalmente una carga de sólidos en suspensión provenientes del proceso constructivo de excavación y una cantidad variable de aceites, cemento y otros residuos generados por los trabajos de la obra. Un tratamiento antes del vertido en el arroyo es por lo tanto imprescindible.

En principio, la planta de tratamiento prevista al portal Chile está constituida por los siguientes elementos principales:

- Desarenador y filtro para la separación de los sólidos más gruesos
- Separador de aceite
- Pileta de decantación para la separación de las partículas más finas con empleo de la técnica de floculación.
- Filtro prensa para el barro.
- Sistema de neutralización con CO₂ para la reducción del pH

El proceso de tratamiento es monitoreado con un seguimiento analítico que controla el respeto de los valores límites impuestos por la legislación vigente y determina eventuales tratamientos suplementares (enfriamiento, tratamiento nitritos, etc.).

Los residuos separados con la planta de tratamiento (barro, aceite u otros) son eliminados según el grado de contaminación.

La definición y el dimensionamiento del sistema de tratamiento, incluido su eventual potenciamiento debido al mayor caudal engendrado por el Laboratorio deberá ser objeto de la próxima fase de proyecto.

6.12 Gestión del material

6.12.1 Generalidades

El material resultante de la excavación del Laboratorio es tratado con el mismo concepto de gestión previsto por el TAN.

El objetivo de reutilizar el mayor porcentaje posible de este material para la construcción de la obra. En particular, se pretende aprovechar el material de excavación al máximo como fuente de agregados para hormigones (proyectados o colados in situ) y como material para la construcción de terraplenes.

Gracias al reciclaje interno a la obra del material de excavación se reducen los costos de producción de hormigones "in situ" y se minimiza el impacto negativo causado por los depósitos de arena sobrante. Al mismo tiempo se logra una reducción del impacto ambiental de la obra inherente al tráfico, ruido y polvo, como también una conservación de recursos naturales.

6.12.2 Volúmenes excavados

Las cantidades de material resultantes de las excavaciones de los túneles, de las galerías y de las cavernas del Laboratorio son resumidas en la Tabla 1.

Objeto	Volumen excavación [m ³ _{sólido}]	Peso (2.7 to/m³) [to]
Entrada y túnel de acceso	5'420	14'630
Sala tratamiento/retención de aguas	390	1'050
Zona da tránsito y estacionamiento	8'780	23'710
Oficina, sala de emergencia y comedor	1'100	2'970
Sala técnica	1'100	2'970
Túnel de salida	4'810	12'990
Salas de ventilación y climatización	6'520	17'600
Túnel de conexión central	9'740	26'300
Caverna secundaria	12'520	33'800
Caverna principal	31'360	84'670
Pozo principal	36'980	99'850
Sala experimental adicional	3'180	8'590
Salas limpias	1'590	4'290
Laboratorio de biología	1'250	3'380
Galería de escape	9'050	24'440
Galería de acceso al fondo del pozo	2'500	6'750
Sector geofísica	8'400	22'680
Total Laboratorio	144'700	390'690

Tabla 1: Estimación cantidad de material de excavación

6.12.3 Clasificación marina

Análogamente al material proveniente de las excavaciones del TAN, el material de las excavaciones del Laboratorio es analizado con el objetivo de verificar la conformidad para su reutilización. Los análisis comprenden un estudio petrográfico, el control de la granulometría así como análisis de laboratorio para verificar la presencia de eventuales componentes críticos o reactivos (sulfatos, cloruros, ASR, etc.).

En base a los resultados el material es clasificado en las tres clases siguientes, de acuerdo a su posible reutilización:

- Clase de material 1: Agregados para hormigón proyectado y colado in situ
- Clase de material 2: Material para la construcción de terraplenes
- Clase de material 3: Material sin uso específico, a ser depositado en vertederos

Considerada la información geológica disponible y los estudios llevados a cabo durante las fases de proyecto precedentes, se considera que, por lo general, las rocas presentes en el área del proyecto son aptas para su uso como agregado de hormigones. Esta hipótesis deberá ser verificada y en las próximas fases y confirmada durante la ejecución de la obra mediante análisis de las muestras.

6.12.4 Concepto de gestión del material

El material de excavación es transportado por medio de camiones (o con cintas transportadoras) hasta la zona del portal Chile donde es separado en las tres clases citadas y depositado provisoriamente.

El material de clase 1 es llevado a la planta de tratamiento prevista en los obradores, donde es procesado (trituración, tamizado, lavado) para obtener las diferentes componentes de los agregados para la producción de hormigón y almacenado (en silos o acopios) para su posterior utilización.

El material de clase 2 queda depositado provisoriamente en sitios adecuados y elegidos según el concepto del Contratista, en la espera de ser transportado y compactado en los terraplenes del proyecto.

El material de clase 3 es evacuado y depositado de forma definitiva en vertederos autorizados, idealmente ubicados en los alrededores del portal, para evitar el transporte sobre largas distancias y minimizar así el impacto ambiental.

6.13 Concepto de seguridad y salud

6.13.1 Generalidades

El concepto de seguridad y salud es parte integrante del proyecto y es desarrollado por la empresa constructora encargada de la ejecución en función de su propia organización y de acuerdo con la legislación vigente en el país de actuación. Su objetivo es la prevención de accidentes y enfermedades profesionales durante la ejecución de la obra.

Los trabajos de realización del Laboratorio deberán ser integrados en el concepto de seguridad y salud del TAN.

6.13.2 Riesgos principales

Los riesgos laborales son específicos para cada tipología de trabajo y su determinación se basa sobre un análisis de riesgo detallado de cada actividad. A nivel general, para la obra de Laboratorio, se reconocen los mismos riesgos laborales principales especificados para el TAN:

- Caída de personas al mismo o a distinto nivel
- Caída de objetos, desprendimientos o derrumbes
- Colisión entre vehículos o equipos
- Golpes y cortes por objetos o herramientas

- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento entre objetos o máquinas
- Atropello de personas por equipos o vehículos
- Exposición a temperaturas ambientales extremas (calor y frío)
- Exposición a contactos eléctricos
- Riesgos causados por la manipulación de explosivos
- Exposición al ruido
- Intoxicación por gases
- Presencia de polvo
- Exposición a vibraciones
- Incendio
- Quemaduras
- Sobreesfuerzos
- Accidente químico

6.13.3 Medidas de seguridad

Para hacer frente a los riesgos listados en el capítulo precedente, el concepto de seguridad y salud requiere la actuación de distintas medidas de seguridad que incluyen medidas de prevención así como medidas de reducción de las consecuencias. A continuación se listan las principales:

- Medidas a nivel de proyecto y preparación de los trabajos:
 - . Correcta elección de métodos y materiales
 - . Correcta elección de los equipos y de los procedimientos de trabajo
- Dispositivos de protección personal:
 - . casco, zapatos, ropa de protección
 - . equipo de respiración autónoma
 - . mascarilla, orejeras, lentes y guantes
 - . otros según tipo de trabajo y riesgos específicos
- Dispositivos de seguridad colectivos:
 - . centro de control y coordinación con registro de presencia en subterráneo
 - . cámaras de escape y salvamento
 - . iluminación de emergencia
 - . extintores
 - . sistema de telecomunicación y alarma
 - . barreras de limitación y señalización
- Medidas a nivel de organización

- . Formación del personal
- . Definición planos de evacuación y rescate
- . Equipos de rescate
- . Control y seguimiento por encargado de seguridad
- . Plan bomberos y coordinación general

7. PROGRAMA DE TRABAJOS

7.1 Coordinación con el Túnel de Agua Negra

Los trabajos de construcción del Laboratorio deben ser integrados en el programa de trabajos del TAN. En principio, la construcción del Laboratorio se realizará en contemporánea con la ejecución de las obras del Túnel, en lo posible, sin provocar un retraso en la puesta en servicio del TAN.

El programa de trabajos del Laboratorio es evidentemente vinculado a los trabajos de realización del TAN, siendo posible su comienzo únicamente cuando el primer frente de excavación del TAN ha alcanzado el punto conexión con el Laboratorio. Según el cronograma preliminar incluido en la IBA del TAN, esta condición se realiza a la mitad del 4° año de trabajos, cuando la galería de ventilación alcanza la central de ventilación Oeste al km 4'550 del Túnel Sur (ver **Ilustración 21**).

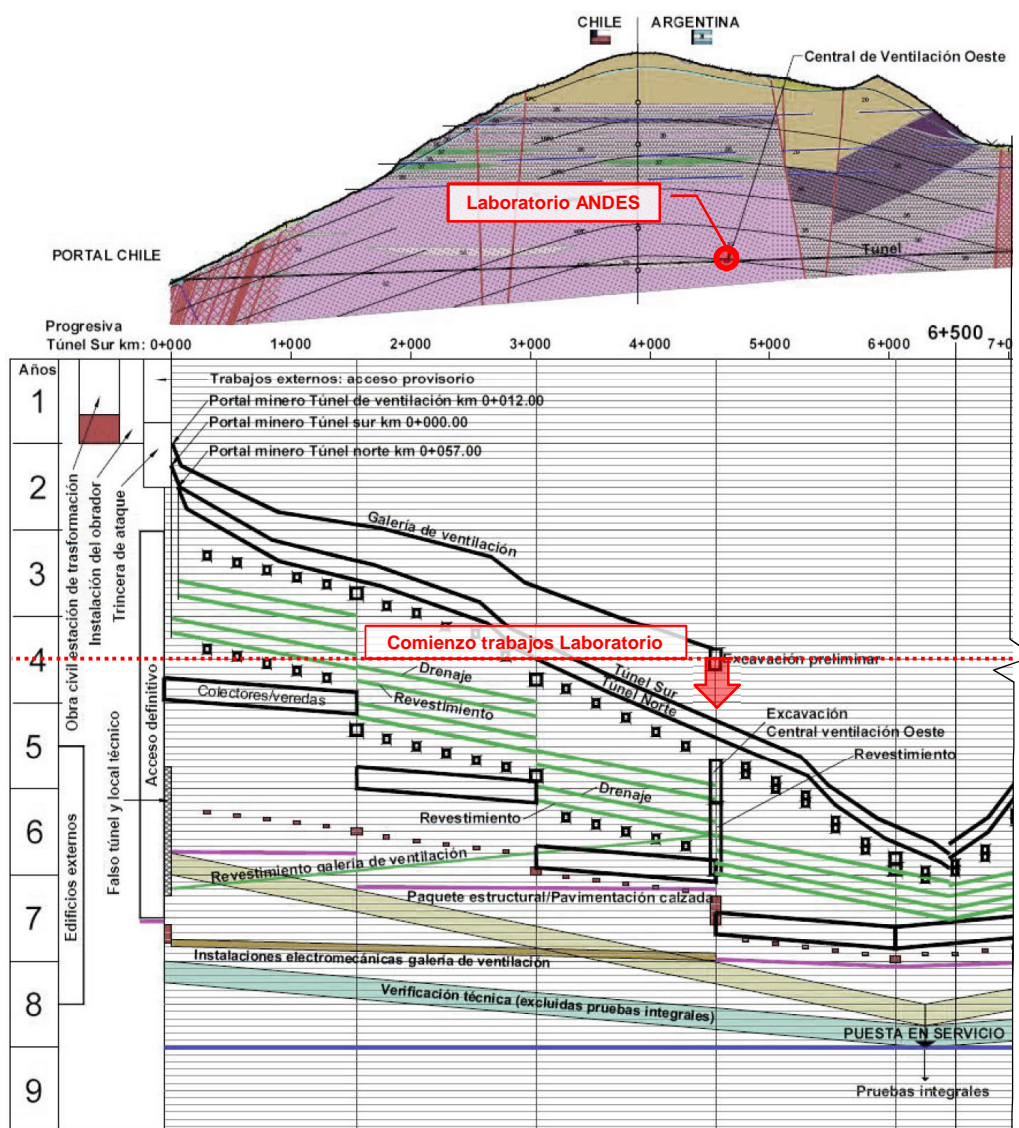


Ilustración 21: Extracto del cronograma preliminar del TAN con trabajos Laboratorio

Los trabajos deberán empezar lo antes posible, aprovechando el acceso a través de la Galería de Ventilación de manera que la construcción gruesa del Laboratorio pueda ser ejecutada paralelamente a la obra civil del TAN. Los trabajos de equipamiento y la puesta en servicio del Laboratorio podrán ser realizados independientemente del Túnel, si fuera necesario, también posteriormente de la puesta en servicio de este último.

7.2 Generalidades y bases de cálculo

Considerando las metodologías propuestas y las etapas de excavación previstas (ver plano 6198.1-P-057), ha sido posible formular un cronograma de trabajos preliminar para la construcción del Laboratorio (ver **Anexo 1**).

En la definición del programa de trabajo se toman en cuenta las mismas base de cálculo usadas para el programa de trabajos preliminar del TAN, o sea:

- Días de trabajo al año: 360
- Turnos: 2 turnos de 12 horas de trabajo por día (7 días a la semana)

El programa considera que los trabajos de realización del Laboratorio se desarrollan independientemente de las actividades de la obra del TAN. Esto supone que la logística de la obra principal deberá ser dimensionada y coordinada en consecuencia.

Se observa además que el presente programa se basa sobre la hipótesis geología descrita en el proyecto y no comprende ninguna reserva para eventuales imprevistos geológicos y/o para la reubicación parcial o total del Laboratorio.

7.3 Fases de realización del Laboratorio y duración

Las principales fases de trabajo son las siguientes:

- *Fase 0 - [año 1]: Campaña de sondeo previa*
Realización de la campaña de sondeo previa a la construcción y confirmación de la ubicación del Laboratorio.
- *Fase 1 - [años 1]: Excavación etapa 1*
Realización de los túneles de acceso, de la zona de tránsito y estacionamiento y del Túnel de salida.
- *Fase 2 - [años 1-2]: Excavación etapa 2 y 3*
Realización del túnel de conexión central y de la galería de escape y acceso al fondo del pozo.
- *Fase 3 - [años 2-3]: Excavación etapa 4, 5 y 6*
Realización de la caverna principal, de la caverna secundaria y del pozo principal.
Contemporáneamente: sondeo y excavación del sector geofísica

- *Fase 4 - [años 4-5]: Excavación etapa 7, 8 y 9*
Realización de las salas técnicas y laboratorios secundarios. Ultimación de los canales en la zona de entrada y salida.
- *Fase 5 - [año 5]: Obras internas*
Construcción obras internas (paredes separación, estructuras de hormigón, escaleras, etc.) e instalación de puente grúas, aparejos de elevación y otras obras de carpintería metálica.
- *Fase 6 - [años 6-7]: Instalación equipamientos electromecánicos*
Instalación definitiva equipos energía, iluminación, ventilación y climatización y otros equipos accesorios (tratamiento agua, seguridad, salas limpias)
- *Fase 7 - [año 7]: Acondicionamiento espacios y pruebas técnicas*
Acondicionamiento espacios, obras de pintura, y otros trabajos de acabado, limpieza final, pruebas técnicas de funcionamiento, conexión con el sistema TAN y entrega Laboratorio.

Para la realización de Laboratorio se estima por lo tanto un plazo de aproximadamente 7 años. Sumado a los 3.5 años teóricamente necesarios para la alcanzar el punto de ataque con el avance del TAN, implicaría un total de aproximadamente 11 años desde el comienzo de la obra del TAN.

8. MEDIO AMBIENTE

La construcción del Laboratorio deberá ser considerada en el estudio de impacto ambiental del Túnel de Agua Negra por el cual ya han sido efectuados estudios básicos que han alcanzado un grado razonable de desarrollo. En las próximas fases del proyecto, el Laboratorio deberá ser incluido en la actualización de estos estudios.

9. COSTOS

En el ámbito de la presente fase de proyecto ha sido efectuada una estimación preliminar de los costos de realización del Laboratorio.

La estimación considera los elementos de proyecto descritos en los planos y en los informes de la Ingeniería Básica de Anteproyecto y ha sido realizada considerando unos precios unitarios basados sobre diversos objetos de referencia de reciente realización en Suiza, Europa y en América Latina, con características similares a las del proyecto.

El detalle de costos y cómputos es descrito en el informe específico no. 6198.1-R-05.

En la **Tabla 2** se resume la estimación de los costos totales para la realización y el equipamiento del Laboratorio según el proyecto actual.

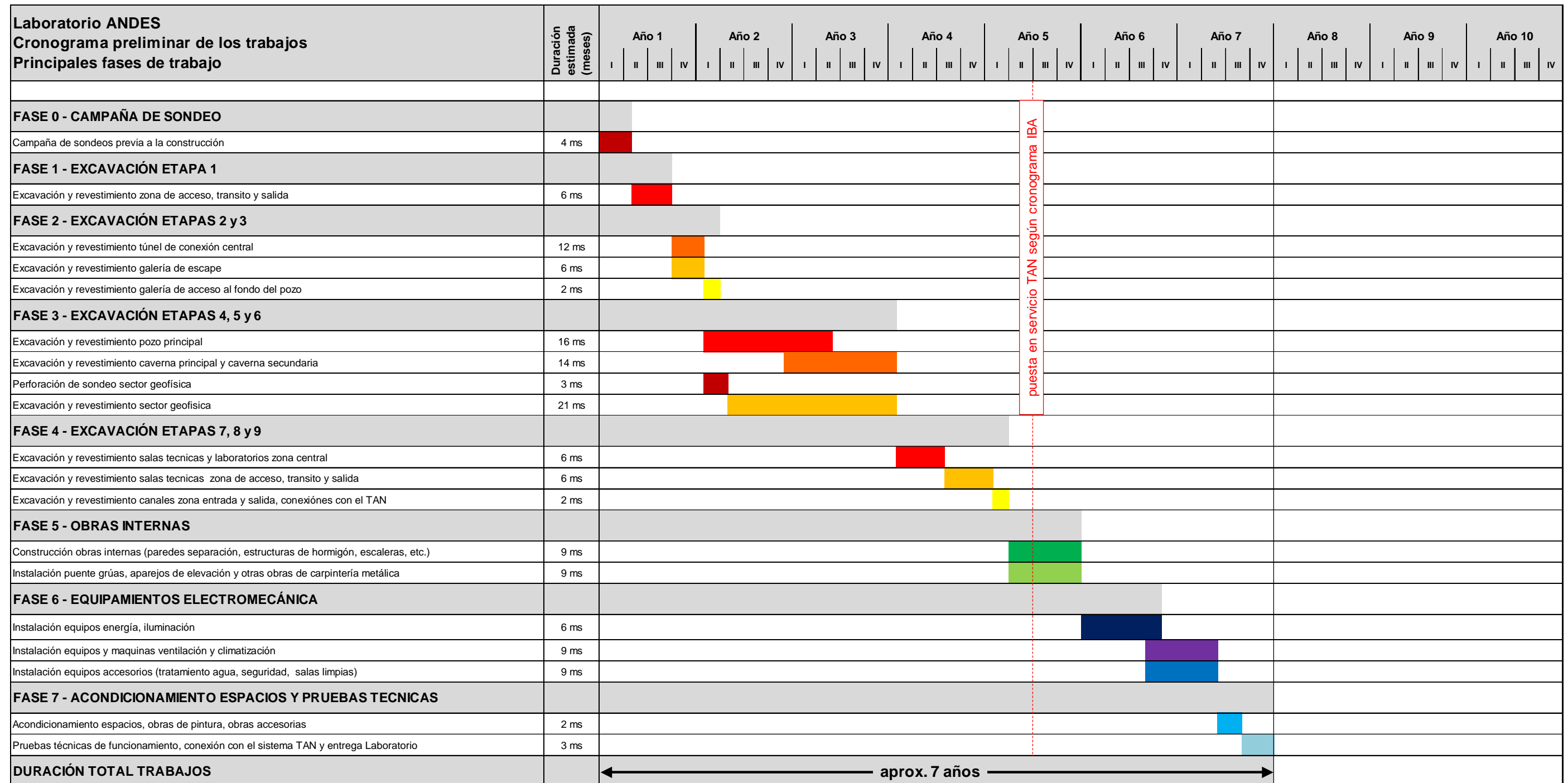
Objeto	Costo [USD]
Obra civil	36'761'000.00
Instalaciones electromecánicas	36'437'000.00
Total excl. IVA [USD]	73'198'000.00

Tabla 2: Resumen costos de realización y equipamiento

ANEXO 1

Cronograma de construcción del Laboratorio

ANEXO 1: Cronograma preliminar de la construcción del Laboratorio



puesta en servicio TAN según cronograma IBA

aprox. 7 años

Observaciones:

- El cronograma del Laboratorio empieza una vez alcanzado con la excavación del TAN el punto de conexión entre el Túnel Sur y los túneles de acceso y salida del Laboratorio. Según el cronograma preliminar del TAN (IBA) esa condición se realiza aproximadamente 3.5 años después del comienzo de los trabajos del TAN.