



CLAF
Centro Latinoamericano de Física
Rio de Janeiro
Brasil

LABORATORIO SUBTERRÁNEO ANDES

Ingeniería Básica de Anteproyecto



Lineamientos de diseño

6198.1-R-01

0.2	15.05.2019	Gub,Po,RJ,Sof	Gub
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

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objeto	1
1.2	Finalidad y alcance del documento	1
2.	BASES Y ANTECEDENTES	3
2.1	Documentos Laboratorio ANDES	3
2.2	Documentos Túnel de Agua Negra (TAN)	3
3.	NORMAS Y DIRECTIVAS	4
3.1	En general	4
3.2	Obra civil	4
3.3	Instalaciones electromecánicas y ventilación	4
4.	OBJETIVOS GENERALES DE UTILIZACIÓN	7
4.1	Finalidad y utilización del laboratorio	7
4.2	Vida útil	7
5.	EXIGENCIAS DEL LABORATORIO	9
5.1	Cobertura de roca y ubicación	9
5.2	Acceso y salida	9
5.3	Transito interno y aparcamiento	9
5.4	Concepto de revestimiento	9
5.5	Concepto de impermeabilización	10
5.6	Concepto de drenaje	10
5.7	Concepto de desagüe	10
5.8	Aprovisionamiento electricidad	10
5.9	Aprovisionamiento agua	10
5.10	Conexiones de telecomunicación externa	11
5.11	Espacios del laboratorio	11
5.12	Ventilación	14

5.13 Climatización	15
5.14 Iluminación	15
5.15 Vigilancia	15
5.16 Seguridad	16
5.17 Comunicación	16
5.18 Energía y red de cableado	16
5.19 Puesta a tierra	17
5.20 Aire comprimido	17
5.21 Instalaciones sanitarias	17
5.22 Puertas y portones	18
5.23 Puentes grúa y sistemas elevadores	18
5.24 Sector geofísica	18
6. AMBIENTE Y EXIGENCIAS EXTERNAS	23
6.1 Medio ambiente	23
6.2 Seguridad e funcionalidad del Túnel de Agua Negra	23
7. RIESGOS	24
7.1 Riesgo geológico	24
7.2 Seísmo	24
7.3 Riesgos de los experimentos científicos	25
7.4 Riesgos aceptados	25
8. ACUERDO	26

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 **Figura 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 Finalidad y alcance del documento

El presente informe define los lineamientos de diseño para el desarrollo del proyecto del Laboratorio ANDES y persigue los siguientes objetivos:

- Resumir las bases y los antecedentes del proyecto,
- Definir y acordar las exigencias del Laboratorio con respecto a ubicación, cobertura, dimensiones, accesos, equipamientos, conexiones, etc.

- Definir y acordar las interfaces con el proyecto del Túnel de Agua Negra y el ambiente circunstante,
- Identificar los principales riesgos,
- Servir de documento de intercambio entre Ingeniero de proyecto y Comitente durante la fase de la Ingeniería Básica de Anteproyecto (IBA),
- Definir los lineamientos para la fase de licitación (DTL) y para el desarrollo del proyecto ejecutivo de la empresa Contratista encargada de la realización de la obra.

El presente informe reúne las exigencias generales del Laboratorio de forma que sea accesible, habitable, seguro, conectado y adecuadamente provisto de electricidad, agua y aire comprimido. Las exigencias específicas, derivadas de los futuros experimentos científicos que serán llevados a cabo en su interior, no están incluidas en el presente informe y deberán ser tratadas junto con la definición de los experimentos y aseguradas mediante instalaciones adicionales y/o temporáneas.

Del mismo modo el presente informe no comprende las exigencias de mobiliario técnico y de vivienda (computadoras, sillas, escritorios, mesas, cocina, camas, duchas, armarios, etc.) para el acondicionamiento de los locales del Laboratorio.

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,
- [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. NORMAS Y DIRECTIVAS

3.1 En general

Laboratorio debe ser diseñado siguiendo las normas internacionales normalmente en uso considerando igualmente las correspondientes normas argentinas y/o chilenas. En caso de discrepancia, siempre se utilizará la norma más restrictiva correspondiente.

3.2 Obra civil

En la elaboración del proyecto se considera el siguiente cuadro normativo:

Para las prescripciones correspondientes a las metodologías de verificación de los elementos estructurales se ha hecho referencia a los Eurocódigos y en particular:

- EN 1992-1-1: 2005 – Part 1:1 – Eurocode 2: design of concrete structures.
- EN 1997-1: 2005 – Part 1 – Eurocode 7: geotechnical design.

Para la definición de las condiciones ambientales de referencia y para la definición de las características de los hormigones se ha hecho referencia a la norma europea:

- EN 206 Concrete: 2006 – Part 1: Specification, performance, production and conformity

Para la definición de las características mínimas de las fibras metálicas para el refuerzo de los hormigones se ha hecho referencia a la norma europea:

- EN 14889-1 - Fibras for concrete. Part 1: Steel fibres - Definitions, specifications and conformity.

Para la definición de la seguridad contra incendios de las estructuras de revestimiento de las obras subterráneas se ha hecho referencia a los lineamientos de la norma austriaca:

- Richtlinien für das Entwerfen von Bahnanlagen an Hochleistungsstrecken – Anlage 4 - Baulicher Brandschutz – Objektschutz – en unterirdischen Verkehrsbauten von Eisenbahn Hochleistungsstrecken.

3.3 Instalaciones electromecánicas y ventilación

International Electrotechnical Commission IEC:

- IEC 60038 – Standards voltage – Edition 6.2; 2002-07
- IEC 62271-1 – High-voltage switchgear and controlgear – First Edition; 2007-10
- IEC 60364-1 – Low-voltage electrical installations – First Edition; 2005-11
- IEC 61000-4-30-1 – Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods – First Edition; 2003-02
- IEC 60287-1-1 – Electric cables – Calculation of the current rating – Second Edition; 2006-12
- IEC 60287-11 – Power transformers – Dry-type transformers – First Edition; 2004-05

- IEC 60034-1 – Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance – Eleventh Edition; 2004-04

Normas EN/ISO:

- 12464-1:2011 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work
- 10027-1:2005 Designation system for steels
- 10255:2004+A1:2007 Non-Alloy steel tubes suitable for welding and threading - Technical delivery conditions
- 12201-2:2011 Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure - Polyethylene (PE) - Part 2: Pipes
- ISO 15494:2003 Plastics piping systems for industrial applications - Polybutene (PB), polyethylene (PE) and polypropylene (PP) - Specifications for components and the system - Metric series (ISO 15494:2003)
- 1366-2:1999 Fire resistance tests for service installations - Part 2: Fire dampers
- 13501-3:2009 Fire classification of construction products and building elements - Part 3: Classification using data from fire resistance tests on products and elements used in building service installations: fire resisting ducts and fire dampers
- 12237:2003 Ventilation for buildings - Ductwork - Strength and leakage of circular sheet metal ducts
- CSN EN 1507 Ventilation for buildings - Sheet metal air ducts with rectangular section - Requirements for strength and leakage.
- ETSI-TS 100 783 Fibre optic fusion splices for single-mode optical fibre transmission systems for indoor and outdoor applications
- ISO 14644-1:2015. Cleanrooms and associated controlled environments -- Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration. 2015-12.
- EN 12101-3:2015. Smoke and heat control systems. Specification for powered smoke and heat control ventilators (Fans). EN Standards, 30 September 2015.
- EN 12101-7:2011. Smoke and heat control systems. Smoke duct sections. EN Standards, 30 June 2011.
- EN 12101-8:2011. Smoke and heat control systems. Smoke control dampers. EN Standards, 30 June 2011.

Normas VKF/NFPA/ASTRA/ASHRAE:

- VKF 21-15. Rauch-und Wärmeabzugsanlagen. VKF Brandschutzrichtlinie, 01.01.2017.
- BS 7346-7:2013. Components for smoke and heat control systems – Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks. BSI Standards Publication, Second (present) edition, August 2013.

- ASTRA 13011. Türen und Tore in Strassentunneln. ASTRA Richtlinie, V1.05, 2009.
- ASHRAE 62.1. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. ASHRAE Standards Committee, 2006–2007. NFPA 15 Standard for Water Spray Fixed System for Fire Protection
- VKF 18-15 Dispositivos de extincion

4. OBJETIVOS GENERALES DE UTILIZACIÓN

4.1 Finalidad y utilización del laboratorio

El proyecto del laboratorio ANDES propone aprovechar la construcción del Túnel de Agua Negra, que unirá la Cuarta Región en Chile con la Provincia de San Juan en Argentina, para alcanzar una zona al interior del macizo con alta cobertura de roca. Donde serán construidas diversas cavernas que se encontrarán protegidas de la radiación cósmica, en las que podrán ser llevados a cabo experimentos en varios ámbitos científicos, destacándose los siguientes:

- Detección y comprensión de la naturaleza de los Neutrinos,
- Búsqueda de la Materia Oscura,
- Geofísica y estudios de tectónica de placas,
- Estudios de Biología y daños por radiación,
- Astrofísica nuclear y su relación con la fusión,
- Mediciones de baja radiactividad con varios campos de aplicación.

La creación de este laboratorio permitirá además una integración regional efectiva, contribuyendo de manera significativa al progreso científico, la formación de recursos humanos especializados y el desarrollo de nuevas tecnologías, fomentando la cooperación entre países latinoamericanos y con grupos y países del resto del mundo.

4.2 Vida útil

La vida útil es el período durante el cual la seguridad y la eficiencia funcional de la parte de la obra respectivamente del elemento son aseguradas mediante mantenimiento, pero sin renovación.

En principio el Laboratorio tendrá la misma vida útil del Túnel de Agua Negra. En la siguiente tabla se define la vida útil considerada para los diferentes elementos del Laboratorio:

Parte de la obra / Elemento	Vida útil
Obra civil	
Revestimientos en hormigón proyectado	60 años
Impermeabilización	100 años
Revestimientos encofrados y estructuras de hormigón	100 años
Drenajes, conductos y cámaras de inspección desagüe	60 años
Conducto de aprovisionamiento agua	60 años
Conductos cables	60 años
Instalaciones electromecánicas	
Transformadores	40 años
Equipos de ventilación y acondicionamiento	30 años

Parte de la obra / Elemento	Vida útil
Puertas y portones	30 años
Equipos de iluminación	20 años
Sistema de emergencia	15 años
Sistema de seguridad y comunicación	15 años

Tabla 1: Definición de la vida útil

5. EXIGENCIAS DEL LABORATORIO

5.1 Cobertura de roca y ubicación

La cobertura de roca de Laboratorio debe ser maximizada. Se considera necesario tener un mínimo de 1'500 m de roca de cobertura de forma a mantener el Laboratorio en la lista de los laboratorios capaces de recibir experimentos de materia oscura de tercera generación. Tener más de 1'700 m se considera muy conveniente.

Además, en la elección de la ubicación debe también ser considerado el flujo de muones según la nota técnica [10].

5.2 Acceso y salida

El acceso y la salida hacia/desde el Laboratorio deberán ser posibles únicamente para el personal autorizado a través de un portón de seguridad ubicado en correspondencia a una bahía de detención del Túnel de Agua Negra.

El gálibo para el tránsito de vehículos de 3.50 m de ancho por 4.50 m de alto y los espacios deberán permitir el ingreso, maniobra y salida de un camión tipo carretón bajo portando un contenedor marítimo alto de 24 pies de largo.

5.3 Tránsito interno y aparcamiento

Las galerías de conexión internas y los portones internos al Laboratorio deberán asegurar un gálibo para el tránsito de vehículos de 3.50 m de ancho por 4.50 m de alto.

A excepción de la zona de acceso y salida del Laboratorio, el tránsito de vehículos a combustión interna solo estará permitido para la carga y descarga de los equipos y materiales para la construcción y el armado de los experimentos. Todos los vehículos que operen de manera habitual en el laboratorio serán eléctricos.

En la zona de acceso y salida del Laboratorio se requiere la creación de un espacio suficiente para el estacionamiento de 10 vehículos.

5.4 Concepto de revestimiento

Como concepto para el revestimiento de las obras subterráneas del Laboratorio se prevé el uso de un hormigón proyectado de baja radiactividad.

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.

Eventuales exigencias suplementares son detalladas en las tablas del Capítulo 5.11.

5.5 Concepto de impermeabilización

Teniendo en cuenta el tipo de revestimiento previsto, el Laboratorio no dispondrá de un sistema de impermeabilización sistemático. Eventuales infiltraciones de agua del macizo serán captadas y llevadas al pie de la bóveda mediante medias cañas y membranas tipo Delta-drain recubiertas por una capa de hormigón proyectado. El concepto considera admisibles zonas húmedas en las paredes, pero no goteras en la bóveda, puesto que estas deberán ser controladas.

Eventuales exigencias suplementares son detalladas en las tablas del Capítulo 5.11.

5.6 Concepto de drenaje

El concepto de drenaje y desagüe del Laboratorio prevé un sistema que recolecta y evacua las aguas del macizo y de desagüe del Laboratorio de forma separada.

Las infiltraciones del macizo, captadas por el sistema de impermeabilización y drenaje son recolectadas con un sistema de canaletas, conductos y llevadas hasta el Túnel para ser conducidas hacia el portal Chile junto con las aguas del macizo provenientes del Túnel Agua Negra. En correspondencia de las esclusas de aire se prevé la instalación de sifones de altura suficiente a contrastar la diferencia de presión entre los dos lados de la esclusa.

5.7 Concepto de desagüe

Los líquidos provenientes del Laboratorio, potencialmente cargados con agentes contaminantes serán retenidos en tanques/depósitos y evacuados mediante camiones cisterna. Los tanques deberán tener una capacidad mínima de 20 m³ y ser construidos de acero inoxidable SAE 316L (UNS S31603, ISO 3506 A4) y diseñados según las normas ASME Sec. VIII Div. 2.

En el sistema de desagüe se considerará igualmente la posibilidad de instalar una planta de tratamiento de tipo biorreactor (tipo Membrane Bioreactor Module (MBR), Napier-Reid o equivalente).

5.8 Aprovevisionamiento electricidad

La conexión eléctrica del Laboratorio deberá asegurar una potencia suficiente para el funcionamiento del Laboratorio, incluidos sus sistemas de ventilación, enfriamiento y acondicionamiento. Para los equipos y las instalaciones sensibles deberá ser prevista una línea ininterrumpida que asegura la continuidad del aprovisionamiento.

5.9 Aprovevisionamiento agua

Para la demanda interna total del Laboratorio se considera conexión hídrica que garantice el caudal de agua necesario para los experimentos y para el uso del personal estimado en 3-4 l/s con una presión típica de 2 bar.

El agua de uso interno del Laboratorio deberá cumplir con los requerimientos del código alimentario argentino bajo la denominación “Agua Potable de suministro Público” (Art. 982), a excepción de la dureza de la misma, que debe ser inferior a 200 mg/l de CaCO₃ equivalente para evitar incrustaciones en cañerías y en criogeneradoras o torres de enfriamiento.

5.10 Conexiones de telecomunicación externa

El sistema de telecomunicación externa del Laboratorio contará con las siguientes conexiones:

- Una conexión con fibras ópticas monomodo y redundantes hacia los dos portales del Túnel (Chile y Argentina), para la transmisión de datos y la calibración de los equipos del Laboratorio,
- 2 líneas de cobre, una hacia cada país, para conectar un sistema de teléfono de emergencia,
- Una conexión al sistema de comunicación del Túnel, que asegure en todo momento la comunicación y la coordinación entre el Laboratorio y el Túnel Agua Negra.

5.11 Espacios del laboratorio

Las características específicas principales de los espacios del Laboratorio se detallan en las siguientes tablas.

Caverna principal	
Características	Exigencias
Uso	Sala experimental principal
Dimensiones	Espacio libre interno de 21 m de ancho, 23 m de alto y 50 m de largo
Acceso y ubicación	Acceso desde la galería de conexión interna del Laboratorio
Equipamientos	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.
Exigencias específicas	Una cubeta de retención con un volumen de 500 m ³ para contener un eventual derrame de líquidos.

Tabla 2: Definición de las exigencias de la caverna principal

Pozo principal	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para experimentos de gran tamaño
Dimensiones	Diámetro interno útil de 30 m, altura útil entre acceso y el fondo del pozo de 30 m
Acceso y ubicación	Acceso nivel superior: desde la galería de conexión interna del Laboratorio Acceso nivel inferior: desde la galería de acceso al fondo del pozo
Equipamientos	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.
Exigencias específicas	El revestimiento del pozo deberá ser impermeable y estanco para permitir el llenado con agua hasta el nivel del túnel de conexión superior durante los experimentos.

Tabla 3: Definición de las exigencias del pozo principal

Caverna secundaria	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para experimentos de tamaño menor, oficinas e instalaciones secundarias
Dimensiones	Espacio libre interno de 16 m de ancho, 14 m de alto y 40 m de largo
Acceso y ubicación	Acceso desde la galería de conexión interna del Laboratorio
Equipamientos	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.

Tabla 4: Definición de las exigencias de la caverna secundaria

Sala experimental adicional	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para experimentos aislados
Dimensiones	Espacio libre interno de 8 m de ancho, 5 m de alto y 30 m de largo
Acceso y ubicación	Acceso desde la galería de conexión interna del Laboratorio
Exigencias específicas	La parte larga de la sala deberá ser orientada hacia el macizo

Tabla 5: Definición de las exigencias de la sala experimental adicional

Laboratorio biología	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para investigaciones biológicas
Dimensiones	Superficie total ca. 150 m ² con una altura libre de 3.50
Acceso	Acceso directo desde la galería de conexión interna del Laboratorio
Equipamientos	Instalación eléctrica monofásica, Suministro de agua y conducto de desagüe, Predisposición para campana extractora de seguridad química, Predisposición para racks ventilados para el mantenimiento de animales.

Tabla 6: Definición de las exigencias del laboratorio de biología

Sala de emergencia - oficinas	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para oficinas, comedor, sala reunión, baños y sanitarios, zona de descanso y atención médica para el personal del Laboratorio (incluido el personal del sector geofísica). Centro de almacenamiento y de procesamientos de datos, centro de comunicaciones
Dimensiones	Espacio libre interno de mínimo 100 m ² .
Acceso y ubicación	Acceso independiente y seguro. Ubicada en proximidad de las salidas del Laboratorio.
Equipamientos	Suministro de agua y desagüe, instalación eléctrica monofásica, conexiones de telecomunicación

Tabla 7: Definición de las exigencias de la sala de emergencia

Sala técnica	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para instalaciones ruidosas o que necesitan de mantenimiento frecuente (transformadores, compresores de aire, generadores, etc.). Taller mecánico para soldaduras o similares.
Dimensiones	Según exigencias de espacio
Acceso y ubicación	Ubicación externa al área sensible del Laboratorio, fácilmente accesible.

Tabla 8: Definición de las exigencias de la sala de técnica

Sala limpia 1 y sala limpia 2	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para mediciones en condiciones muy limpias
Dimensiones	2 salas separadas con espacio libre interno de 10 m de ancho y 10 m de largo cada una.
Acceso	Acceso desde la galería de conexión interna del Laboratorio. Los accesos contarán con doble puerta de gestión electrónica. Las salas estarán rodeadas por un pasillo técnico ISO Class 7 o Federal Standard Class 10000.
Equipamientos	Accesorios de seguridad y limpieza
Exigencias específicas	Las salas limpias deberán cumplir la norma ISO Class 6 o Federal Standard Class 1000 con presión positiva.

Tabla 9: Definición de las exigencias de las salas limpia 1 y 2

Sala de ventilación y acondicionamiento del aire	
Características	Exigencias
Uso	Espacio técnico para equipos de ventilación y acondicionamiento del aire
Dimensiones	Según exigencias de espacio
Acceso y ubicación	Ubicación fácilmente accesible y conectada a los canales de ventilación y al conducto de aire fresco provenientes de la superficie

Tabla 10: Definición de las exigencias de la sala de ventilación y acondicionamiento del aire

Sala para el tratamiento y la retención de las aguas	
Características	Exigencias
Uso	Espacio técnico para las instalaciones hidráulicas del Laboratorio, tanque de retenciones, planta de tratamiento y otras.
Dimensiones	Según exigencias de espacio
Acceso y ubicación	Ubicación externa al área sensible del Laboratorio, fácilmente accesible

Tabla 11: Definición de la sala para el tratamiento y la retención de las aguas

5.12 Ventilación

El concepto de ventilación del Laboratorio deberá considerar los siguientes puntos:

- La ventilación deberá ser dimensionada de manera que sea asegurado el valor mínimo requerido de un recambio del volumen total de aire del Laboratorio por hora. Este valor deberá ser confirmado en base a la temperatura (ver capítulo 5.13) y a los niveles de radiación.
- La ventilación deberá mantener los niveles de radiación de laboratorio inferiores a 15 Bq/m³ (caso ideal) o 150 Bq/m³ (requisito mínimo),
- El aporte de aire fresco deberá asegurar las siguientes exigencias:
 - 1 recambio por hora en locales sin presencia permanente de personas.
 - 2 recambios por hora en locales con presencia permanente de personas.

- 10 recambios por hora en el laboratorio de biología.
- 20 recambios por hora en la sala limpias.
- El sistema de ventilación deberá prever un sistema de evacuación para los eventuales gases tóxicos provenientes del Laboratorio según la normativa vigente.
- En caso de incendio en el Laboratorio, el sistema de ventilación deberá asegurar el control de los humos y permitir la huida del personal.
- En caso de incendio en el TAN, el sistema debe evitar la infiltración de humos y gases tóxicos en el Laboratorio.

Para las exigencias especiales del sector de investigación geofísica ver capítulo 5.24.

5.13 Climatización

La climatización del Laboratorio deberá asegurar las siguientes condiciones:

- Temperatura interna máxima de 22°C
- Humedad relativa de 45-55%,
- Un acondicionamiento de conductividad eléctrica del aire.

En los espacios sin presencia permanente de personal se admiten temperaturas hasta 26°C.

Para las exigencias especiales del sector de investigación geofísica ver capítulo 5.24.

Para la evacuación del calor generado por las instalaciones experimentales del Laboratorio deberán ser instalados equipos de adicionales dimensionado en base a las exigencias específicas.

5.14 Iluminación

En las cavernas destinadas a los experimentos, así como oficinas y laboratorios deberá preverse una iluminación difusa y uniforme de 200-400 lux, de acuerdo a los lineamientos de la norma IRAM AADL J 20-06.

Se prevé una iluminación de emergencia de las vías de escape.

Exigencias de iluminación adicional temporaria serán aseguradas por medio de instalaciones de luz puntuales.

5.15 Vigilancia

El sistema de vigilancia deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Todos los espacios del Laboratorio deberán estar provisto con alarmas locales y de monitoreo remoto de baja concentración de oxígeno y de concentraciones elevadas de radón y monóxido de carbono.
- En las puertas de acceso a las instalaciones científicas y auxiliares se deberá contar con sistemas de monitoreo portátiles de radiaciones ionizantes.

- Todos los accesos y los espacios internos del Laboratorio deberán ser vigilados mediante un sistema de cámaras en red IP.
- Instalación de un sistema de alarma que permita alarmas por los distintos tipos de riesgo que podrían presentarse en el Laboratorio y sus instalaciones. El sistema deberá ser conectado con el sistema de seguridad del Túnel de Agua Negra.
- Todos los accesos y los espacios internos del Laboratorio deberán ser vigilados mediante un sistema de detección de incendios.

5.16 Seguridad

En el concepto de seguridad del Laboratorio deberán ser considerados los siguientes puntos:

- Una vía de escape adecuada deberá asegurar en todo momento la huida del personal del Laboratorio hacia un lugar seguro, sea en caso de accidente en el Laboratorio, sea de incendio o accidente en el túnel adyacente.
- El Laboratorio estará equipado con sistemas de lucha contra el fuego diferenciados en base a la tipología de ambiente.
- El Laboratorio no es considerado como zona ATEX. Sin embargo, se recomienda la consideración de los lineamientos de la norma ATEX137.

Las exigencias de seguridad específicas resultantes de los futuros experimentos científicos que serán llevados a cabo en el Laboratorio deberán ser consideradas en el ámbito de la planificación de estos últimos y podrán exigir adaptaciones del concepto de seguridad del Laboratorio.

5.17 Comunicación

El Laboratorio deberá tener todas las áreas cableadas para internet 10 Gb/s (cat 7), sobre las cuales se instalarán teléfonos VoIP. Un sistema de parlantes para avisos deberá también estar presente.

5.18 Energía y red de cableado

La distribución de energía eléctrica en el Laboratorio deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Distribución de energía trifásica de 380 V, monofásica de 220 V, trifásica de 190 V y monofásica de 110 V.
- La potencia instalada no deberá ser inferior a 3 kW/m².
- Instalación de tableros o bocas de acceso a estas fuentes de alimentación cada 5 m.
- Cada 20 m se deberá contar con tableros aptos para la distribución de potencia, con una capacidad no inferior a 20kW y encargados además del corte/control de las líneas estabilizadas e ininterrumpidas de su área de cobertura.

- Instalación de al menos dos líneas independientes: una línea de potencia que incluye las distribuciones trifásicas y monofásicas de potencia (aprox. 1.5 kW/m²), una línea estabilizada para solo la distribución monofásica (aprox. 0.75 kW/m²), y una línea ininterrumpida para solo las distribuciones monofásicas (aprox. 0.75 kW/m²).
- Instalación de tableros y las canaletas con diseño modular.
- Se prevé dos instalaciones de puesta a tierra independientes. Una de uso general de las instalaciones eléctricas y otra para uso electrónicos de menos de 2 Ohms.
- El tiempo de autonomía de las UPS debe ser mayor al tiempo de encendido y transitorios de los generadores del sistema de respaldo que alimenta líneas estabilizadas e ininterrumpidas.
- Para la recarga de los vehículos eléctricos previsto para el tránsito interno del laboratorio deberán ser dimensionadas estaciones de recarga, distribuidas apropiadamente en las cavernas. Las estaciones de recarga serán multimodo según el estándar IEC62196 o superior.

5.19 Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra deberá prever dos redes con dos tierras independientes para mantener separados los aparatos ruidosos (soldadora de arco, instalaciones de taller, etc.) de la electrónica de lectura de experimentos.

5.20 Aire comprimido

En el Laboratorio deberá ser instalada una red de distribución de aire comprimido que cumpla con los siguientes requisitos:

- Presión de trabajo de 3-5 bar,
- Caudal de trabajo 0.05 litros/minuto por m² de laboratorio,
- Autonomía sin energía eléctrica de 10 minutos,
- El aire deberá ser provisto libre de aceite y particulado. Prever la instalación de filtros generales e individuales en los conectores,
- Llave de corte general y manómetros en las cercanías de los tableros seccionadores eléctricos que sirven a la misma área del servicio de aire comprimido,
- Válvula de corte con dos conectores de acople rápido ubicado en el perímetro cada 10 m.

5.21 Instalaciones sanitarias

En el Laboratorio se prevé la instalación de sanitarios y duchas para el personal. Las aguas residuales serán retenidas en tanques y evacuadas mediante camiones cisterna o tratadas localmente con un biorreactor.

5.22 Puertas y portones

Las puertas y portones del Laboratorio deberán asegurar las separaciones entre las diferentes partes del Laboratorio y la división entre Túnel y Laboratorio.

Los siguientes puntos deberán ser considerados:

- Las puertas peatonales tendrán una abertura libre mínima de 0.90 m de ancho y 2.10 m de alto,
- Las puertas vehiculares tendrán una abertura libre mínima de 3.50 m de ancho y 4.50 m de alto,
- La resistencia al fuego mínima es de tipo FR60,
- La abertura y el cierre de los portones de acceso y salida hacia/desde el Túnel debe poder ser controlado en remoto desde el Laboratorio y desde el centro de control del Túnel,
- La puerta de acceso al fondo del pozo principal debe ser dimensionada para resistir a la presión en caso de llenado del pozo del agua para los futuros experimentos.
- Para las puertas de la sección geofísica (esclusas de aire) ver exigencia según Tabla 21.
- La fuerza necesaria a la abertura de las puertas debe mantenerse por debajo de un límite de 100 N.

5.23 Puentes grúa y sistemas elevadores

Los espacios principales del Laboratorios estarán equipados con puentes grúa y otros dispositivos de elevación detallados en las tablas del capítulo 5.11. En general en los espacios del Laboratorio deberán ser instalados puntos de fijación cada 5 m en la cumbrera dimensionados para cargas de 5'000 kg.

En los accesos deberán diseñarse mecanismos de izado para carga y descarga de contenedores marítimos de 40 pies, coordinados con los dispositivos de elevación instalados en los respectivos espacios del Laboratorio.

5.24 Sector geofísica

Dentro del Laboratorio ANDES se prevé un sector específico destinado para experimentos y mediciones en el ámbito de la geofísica. Este sector consiste en un túnel lo más alejado posible del Túnel de Agua Negra que permite acceder a algunas salas y espacios para la instalación de instrumentos. Las exigencias de estos espacios difieren en parte de cuanto previsto para el resto del Laboratorio y se resumen en las siguientes tablas (ver también documento [5]):

Depósito (A)	
Características	Exigencias
Uso	Depósito para instrumentos o materiales
Dimensiones	Superficie libre interna de 100 m ²
Acceso	Acceso peatonal directo desde la galería de conexión interna del Laboratorio. Mampara de malla electrosoldada con puerta de 2.0 m de ancho y 2.5 m de alto.

Tabla 12: Definición de las exigencias del depósito del sector geofísica

Sala del compresor del gravímetro superconductor (C)	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para la instalación del compresor dedicado al gravímetro superconductor y de un sistema de enfriamiento.
Dimensiones	Espacio libre interno de 4.0 m de ancho y 8.0 m de largo.
Acceso	Acceso peatonal directo desde Túnel de acceso (F), al exterior del sector delimitado por la primera esclusa de aire.
Exigencias específicas	La sala está conectada a la sala de instrumentos del gravímetro superconductor (D) por medio de 2 perforaciones selladas de 100 mm de diámetro que asegurarán la conexión de los conductos de alta presión y de los cables.

Tabla 13: Definición de las exigencias de la sala del compresor del gravímetro superconductor

Sala de instrumentos del gravímetro superconductor (D)	
Características	Exigencias
Uso	Espacio para la instalación del gravímetro superconductor, incluido sistema de refrigeración criogénico.
Dimensiones	Espacio libre interno de 4.0 m de ancho y 9.0 m de largo.
Acceso	Acceso peatonal desde el Túnel de acceso (F) a través de una esclusa de aire.
Exigencias específicas	Condicionamiento del aire para mantener una temperatura inferior a 35°C (idealmente < 28°C).

Tabla 14: Definición de las exigencias de la sala de instrumentos del gravímetro superconductor

Sala de instrumentos (E)	
Características	Exigencias
Uso	Sala para experimentos temporáneos.
Dimensiones	Espacio libre interno de 4.0 m de ancho y 9.0 m de largo.
Acceso	Acceso peatonal desde el Túnel de acceso (F) a través de una esclusa de aire.
Exigencias específicas	Condicionamiento del aire para mantener una temperatura inferior a 35°C (idealmente < 28°C).

Tabla 15: Definición de las exigencias de la sala de instrumentos

Túnel de acceso (F)	
Características	Exigencias
Función	Asegura el acceso a las salas y los espacios del sector de investigación geofísica asegurando la máxima distancia entre el Túnel de Agua Negra y la sala para sensores de corto periodo (J). Su volumen asegura además la efectividad del sistema de esclusa de aire.
Dimensiones	Gálibo mínimo de 2.00 m de ancho por 2.50 m de alto.
Acceso	Acceso desde la galería de conexión interna del Laboratorio a través de una esclusa de aire.
Exigencias específicas	En principio ningún condicionamiento de aire. La longitud mínima del Túnel de acceso (F) debe asegurar una distancia mínima de 120 m entre la esclusa de la entrada y la esclusa de separación con el sector para extensómetros y clinómetros de larga base (J).

Tabla 16: Definición de las exigencias del túnel de acceso del sector de investigación geofísica

Sala para otros experimentos (G)	
Características	Exigencias
Uso	Sala independiente para otros experimentos y ring-laser gyro.
Dimensiones	Espacio libre interno de 4.0 m de ancho y 9.0 m de largo.
Acceso	Acceso peatonal directo desde el Túnel de acceso (F) a través de una esclusa de aire.
Exigencias específicas	En principio ningún condicionamiento de aire.

Tabla 17: Definición de las exigencias de la sala para otros experimentos

Sala para sensores de largo periodo (H)	
Características	Exigencias
Uso	Sala independiente para la instalación de sensores de largo periodo.
Dimensiones	Espacio libre interno de 4.0 m de ancho y 4.0 m de largo.
Acceso	Acceso peatonal directo desde el Túnel de acceso (F) a través de una esclusa de aire.
Exigencias específicas	En principio ningún condicionamiento de aire.

Tabla 18: Definición de las exigencias de la sala para sensores de largo periodo

Sector para extensómetros y clinómetros de larga base (J)	
Características	Exigencias
Uso	Espacios para la instalación de extensómetros y clinómetros de larga base.
Dimensiones	Sistema de tres brazos formados por un tramo de 60 m de longitud del Túnel de acceso (F) y 2 brazos laterales de 60 m de longitud y 120° grados de ángulo.
Acceso	Acceso peatonal directo desde el Túnel de acceso (F) a través de una esclusa de aire.
Exigencias específicas	Ningún acondicionamiento de aire. Excavación únicamente mediante voladura controlada. Consola lateral de hormigón continua (altura mínima 1.60 m, ancho 30 cm) para la instalación de los instrumentos.

Tabla 19: Definición de las exigencias del sector para extensómetros y clinómetros de larga base

Sala para sensores de corto período (K)	
Características	Exigencias
Función	Sala independiente para la instalación de sensores de corto periodo.
Dimensiones	Espacio libre interno de 4.0 m de ancho y 4.0 m de largo.
Acceso	Acceso peatonal directo desde el Túnel de acceso (F) a través del sector para extensómetros y clinómetros de larga base (J) y de una esclusa de aire.
Exigencias específicas	Posición lo más alejada posible del Túnel de Agua Negra y de posibles fuentes de vibraciones del Laboratorio. Ningún acondicionamiento de aire.

Tabla 20: Definición de las exigencias de la sala para sensores de corto periodo

Esclusas de aire (air-lock)	
Características	Exigencias
Función	Mantener constante la presión de aire y la temperatura del ambiente en el sector de medición.
Dimensiones	Espacio libre interno entre las puertas de 4.0 m de ancho y 3.0-4.0 m de largo, con volumen interno posiblemente mínimo.
Puertas	Las puertas batientes tendrán una abertura de 1.2 m de ancho y 2.0 m de alto y deberán ser alineada para facilitar el transporte de material a través de la esclusa. El sentido de abertura es hacia el exterior de la esclusa.
Exigencias de permeabilidad del sistema pared/puerta	Constante de tiempo: $T=50$ horas Diferencia máxima de presión: $\Delta P=15$ hPa Permeabilidad sistema puerta/pared de la esclusa: $K < 0.00096$ m ³ /(Pa*h)
Otras exigencias	En las paredes de la esclusa deberán preverse aberturas para cables, conductos etc. Para asegurar su impermeabilidad al aire, estos deberán ser sellados con espumas de expansión. Un sistema de seguridad deberá permitir descargar la excesiva sobrepresión que imposibilitaría la abertura manual de la puerta.
Nota	Las exigencias de permeabilidad se aplican a las esclusas de aire previstas en Túnel de acceso (F). Las esclusas de acceso a los espacios (D), (E), (G), (H) y (K) deberán ser construida de la misma manera.

Tabla 21: Definición de las exigencias de las esclusas de aire

Con respecto al sector de investigación geofísica se evidencian las siguientes exigencias generales:

- Consideradas las exigencias de eliminar toda interferencia con los instrumentos y minimizar el sistema de climatización del aire, el sector de investigación geofísica a excepción del depósito (A), sala del compresor del gravímetro superconductor (C), no cumplirá con las normas de seguridad e higiene de trabajo y deberá por lo tanto estar cerrado e inaccesible para las personas. El acceso del personal 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.).
- La evacuación del agua de drenaje del sector de investigación geofísica deberá efectuarse por gravedad. En correspondencia de las esclusas de aire, deberá preverse un sifón de altura mínima 15 cm (diferencia de presión de hasta 15 hPa). El nivel de la solera en correspondencia de las esclusas de aire deberá ser proyectado de manera que el agua estancada por la diferencia de presión no inunde el piso.
- En el sector de investigación geofísica deberá ser instalado un sistema de enfriamiento con una capacidad de 10 kW para la eventual climatización parcial de algunos espacios. Las líneas de ida y vuelta del líquido refrigerante deberán ser instaladas al nivel del piso y llegar a todos los puntos del sector de investigación geofísica con conectores en correspondencia de las salas y espacios de medición.
- Los instrumentos instalados en el sector de investigación geofísica necesitan un suministro constante e ininterrumpido de electricidad y deberán estar conectados a las líneas del resto del Laboratorio (cap. 5.18).
- El sector de investigación geofísica deberá estar conectado con la red de comunicaciones y con la sala de emergencia/comedor/oficina ubicada en la entrada del Laboratorio.

6. AMBIENTE Y EXIGENCIAS EXTERNAS

6.1 Medio ambiente

El Laboratorio deberá ser proyectado de manera que su impacto sobre el medio ambiente sea el mínimo, tanto en la fase de construcción como en la fase de operación.

El impacto ambiental del Laboratorio deberá ser analizado en el ámbito del estudio de impacto ambiental del Túnel de Agua Negra.

6.2 Seguridad e funcionalidad del Túnel de Agua Negra

El Laboratorio deberá ser proyectado de manera que las interferencias con el Túnel de Agua Negra sean mínimas. Los siguientes puntos deberán ser considerados:

- La seguridad de los usuarios del Túnel deberá ser garantizada en todo momento,
- Los espacios del Laboratorio deberán ser separados e inaccesibles para los usuarios del Túnel,
- Las entradas/salidas hacia/desde el Laboratorio deberán ser coordinados y controlados por el centro de control del Túnel que podrá decidir una eventual moderación del tránsito en el Túnel para facilitar la entrada/salida de los vehículos hacia/desde el Laboratorio (cierre temporáneo del carril lado derecho, cierre del Túnel u otro),
- En caso de accidente en el Laboratorio, el sistema de alarma deberá alertar al centro de control del Túnel y viceversa,
- La galería de ventilación del Túnel podrá ser utilizada para la evacuación de los humos/gases en caso de evento en el Laboratorio.

7. RIESGOS

7.1 Riesgo geológico

Teniendo en cuenta la elevada cobertura presente en el tramo considerado (hasta 1'700 m), los conocimientos geológicos/geomecánicos del sector son reducidos y basados esencialmente sobre mapeos de superficie y sobre material bibliográfico recolectado en la fase del Proyecto Preliminar del TAN.

Antes del comienzo de los trabajos de excavación del Laboratorio es por lo tanto indispensable verificar las condiciones del macizo por medio de una campaña de sondeo específica, con perforaciones y medidas de auscultación que confirmen la factibilidad en la posición prevista o permitan la reubicación parcial o total del Laboratorio en una zona geológicamente más favorable.

Del mismo modo, la campaña de sondeo deberá confirmar si las condiciones del macizo son aptas a la instalación de los instrumentos de medición del sector de investigación geofísica. De no ser así la realización de este sector podría ser cancelada.

7.2 Seísmo

La zona del proyecto se caracteriza por la presencia de un elevado riesgo sísmico. Conformemente con lo previsto en el proyecto del Túnel de Agua Negra, las estructuras de sostenimiento y revestimiento de las obras subterráneas deberán ser verificadas con dos niveles de terremoto:

- Terremoto de Operación Normal (TON): evento que debe poder ser absorbido sin anular la operatividad de la obra;
- Terremoto de Seguridad (TS): terremoto que puede implicar la necesidad de interrumpir o abandonar la operatividad de la obra, pero que no debe comportar el colapso total de la misma.

Asumiendo una vida útil para la obra de 100 años, se ha definido para el Terremoto Normal una probabilidad de excedencia del 50% durante la vida útil, mientras que para el Terremoto de Seguridad en el umbral se ha fijado una excedencia del 2% durante la vida útil.

La Tabla 22 siguiente resume los valores de período de retorno y los requisitos para los dos sismos de proyecto.

Terremoto [-]	Probabilidad de excedencia [%]	T_r [años]	Requisito [-]	Niveles de desempeño [-]
TON	50%	144	Daño menor o ausencia de daños	Completamente operacional
TS	2%	5000	Se acepta daño estructural. Debe permitir la evacuación.	Prevención de colapso

Tabla 22: Período de retorno y requisitos para los dos sismos de proyecto.

7.3 Riesgos de los experimentos científicos

Los eventuales riesgos adicionales causados por los experimentos científicos que serán llevados a cabo en el Laboratorio deberán ser evaluados durante la fase de concepción de los mismos.

7.4 Riesgos aceptados

Los eventos siguientes se consideran como riesgos aceptados y no se prevé ninguna contramedida técnica o constructiva para hacer frente a las posibles consecuencias:

- Explosión en el Laboratorio
- Explosión en el Túnel de Agua Negra
- Impacto de vehículos sobre las estructuras y las instalaciones del Laboratorio
- Sabotaje
- Eventos bélicos

8. ACUERDO

El presente documento constituye la base para el desarrollo del proyecto del Laboratorio ANDES en la fase de la Ingeniería Básica de Anteproyecto (IBA) y es confirmado por los siguientes representantes:

INGENIERO DE PROYECTO:	COMITENTE:
Lombardi SA, Ingenieros Consultores Ing. Gabriele Gubler Ing. Stefano Pomaro Ing. Juri Rizzi Ing. Alessandro Sofia	CLAF, Centro Latinoamericano de Física Coordinador General Unidad ANDES Dr. Xavier Bertou