

Túnel Kennedy | Programa Santiago Centro Oriente 2 | Chile | COSTANERA NORTE



Excelencia en
Ingeniería de Túneles
2019

Energía / Minería / Transporte



www.youtube.com/subterraIng



www.es.linkedin.com/in/subterra/



[@Subterra_Ing](https://twitter.com/Subterra_Ing)



Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo | Chile | HOCHTIEF-CMC

1. Información Corporativa

1.1. Introducción

1.2. Misión, visión, valores

1.3. Medios humanos

1.4. Medios técnicos

1.5. Calidad y gestión medioambiental

1.6. Presencia en organismos



Mina Las Cruces | España | COBRE LAS CRUCES



Túnel T2. Autopista E-65 | Grecia | OBRAS SUBTERRÁNEAS

1.1. Introducción

SUBTERRA es una empresa de capital privado, sin vinculación alguna a constructoras, suministradoras de equipos o servicios y empresas financieras. Nuestros proyectos se basan exclusivamente en el análisis riguroso del problema, proponiendo soluciones técnicas, que reducen los costes de obra, en las máximas condiciones de seguridad, respeto al medio ambiente, y compromiso con la comunidad. La empresa está certificada en los sistemas de gestión ISO 9001, 14001 y 166002; y OSHAS 18001.

Desde su nacimiento **SUBTERRA** ofrece servicios tanto en la fase de diseño como durante la construcción. Como ingeniería de diseño, sus servicios abarcan la toma de datos en terreno y su interpretación, sofisticados cálculos del sostenimiento y del revestimiento, diseño funcional y de instalaciones de seguridad; y todo ello aplicado a las fases de factibilidad, ingeniería básica, ingeniería de valor e ingeniería de detalle. En la fase de construcción, sus servicios se extienden al seguimiento geotécnico y monitoreo de taludes, túneles y espacios subterráneos.

En la actualidad el **Grupo SUBTERRA** está formado por las empresas:

- SUBTERRA Ingeniería Ltda en Chile,
- SUBTERRA Ingeniería SAS en Colombia,
- SUBTERRA Ingeniería SL en España,
- SUBTERRA India Engineering Pvt. Ltd, y
- SUBTERRA Ingeniería SAC en el Perú;

que a efectos funcionales operan como una única empresa, organizando sus recursos humanos y sus medios, para ofrecer el servicio óptimo según el proyecto y fase del mismo de que se trate.

SUBTERRA cuenta con sedes permanentes en Delhi, Lima, Madrid, Medellín y Santiago; así como varias oficinas de obra; desarrollando otros proyectos durante 2018 en Noruega, Italia, Portugal, Irlanda, Georgia, India, Vietnam, Ecuador, Brasil y México. Todas las oficinas están equipadas con software especializado, tal como FLAC 2D y 3D, UDEC, PFC, EXAMINE 2D y 3D, FAGUS, STEPS, SOLVENT, SAP2000, entre otros.

El staff de **SUBTERRA**, con técnicos de nueve países, está formado por un equipo multidisciplinar, del que el 81 % son egresados universitarios que aúnan una experiencia de más de 30 años, con juventud y empuje.

SUBTERRA se ha consolidado a nivel mundial como una de las principales empresas de ingeniería especializadas en el ámbito de las obras subterráneas.



C.H. Minas San Francisco | Ecuador | GNF ENGINEERING



CH Torito | Costa Rica | GNF ENGINEERING



Acceso Rajo Sur. El Teniente | Chile | SACYR CHILE

1.2. Misión, Visión, Valores

Visión

Ser el referente del sector de la ingeniería geotécnica y de túneles y espacios subterráneos en Iberoamérica y la India.

Misión

Prestar servicios de ingeniería geotécnica y de espacios subterráneos basados en el análisis riguroso del problema, proponiendo soluciones técnicas que reduzcan los costes de obra en las máximas condiciones de seguridad, respeto al medio ambiente, y compromiso con la comunidad.

Valores

- **Excelencia:** a través de la calidad y de la mejora continua. Aportar soluciones óptimas desde el punto de vista técnico, ambiental y la seguridad.
- **Innovación:** aplicando soluciones tecnológicamente avanzadas, aprendidas a través de la investigación aplicada, compartidas con la comunidad técnica.
Compromiso: con el éxito y seguridad del cliente. Sus problemas son nuestros desafíos y nuestras soluciones su éxito.
- **Compromiso social:** con la comunidad para mejorar el bienestar de las personas donde estemos presentes.
- **Motivación:** nuestro equipo, el mejor capital a su servicio, tiene pasión por la tierra y aprende de sus errores y de sus aciertos. Creemos en lo que hacemos.
- **Integridad:** nuestra honestidad e independencia son garantía de éxito de nuestras soluciones técnicas.

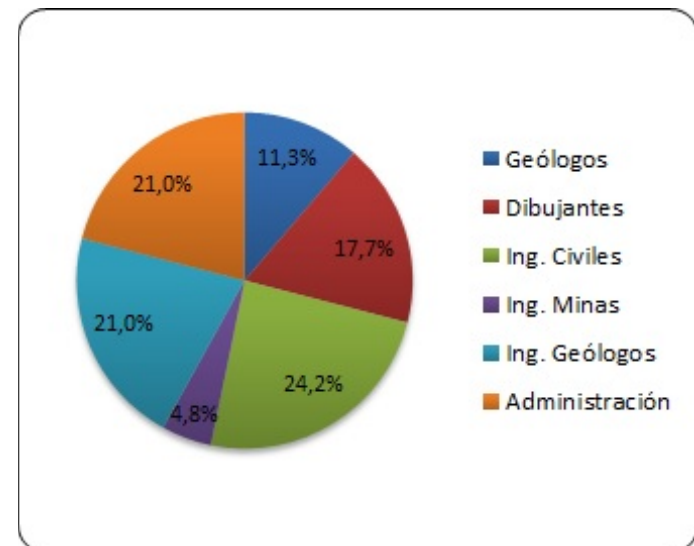
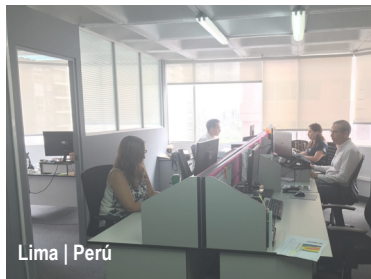


1.3. Medios Humanos

SUBTERRA posee una **organización ágil** que permite ofrecer un servicio de alta calidad. Para ello disponemos de un **equipo humano multidisciplinar** altamente **cualificado**, formado por técnicos de nueve países (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Guatemala, España, India, Perú y Venezuela).

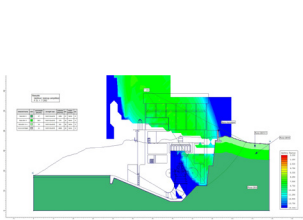
Dentro de SUBTERRA se considera fundamental la **formación** de nuestros profesionales. Para ello se tiene elaborado un sistema de formación continua tanto interna como externa. Consideramos prioritario facilitar a su equipo los medios técnicos más innovadores para exigirles compromiso de profesionalidad con nuestros clientes

En SUBTERRA Ingeniería se trabaja en pos de la **igualdad** en el trabajo, lo que hace que el 40% de nuestra plantilla esté formado por mujeres altamente cualificadas.

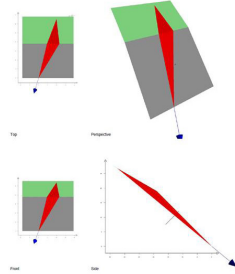


1.4. Medios Técnicos

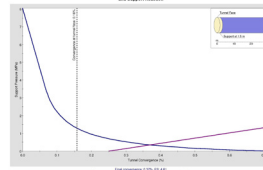
Tenemos oficinas permanentes de Santiago (Chile), Medellin (Colombia), Madrid (España), Delhi (India) y Lima (Perú), todas ellas equipadas con el siguiente software técnico avanzado que permite ofrecer soluciones innovadoras:



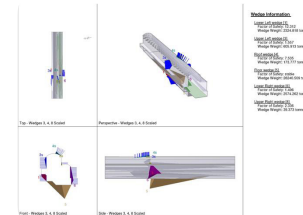
SLIDE V.6.0



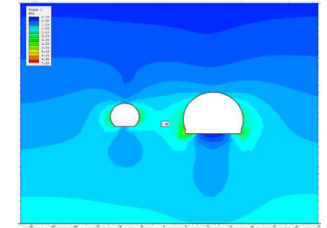
SWEDGE V.5.012



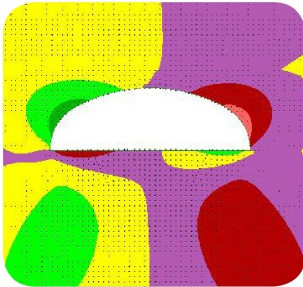
ROCSUPPORT V.3.0



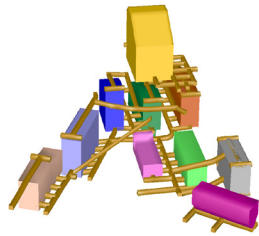
UNWEDGE V.3.0



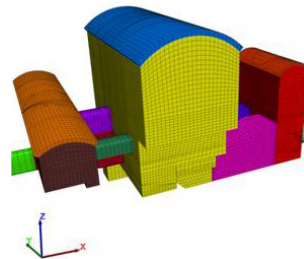
EXAMINE 2D V.7.0



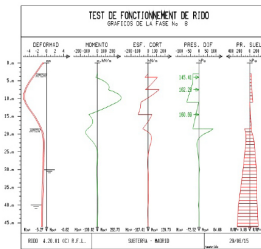
FLAC V.6.0



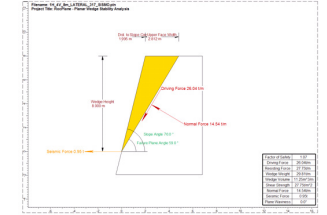
EXAMINE 3D V.4.0



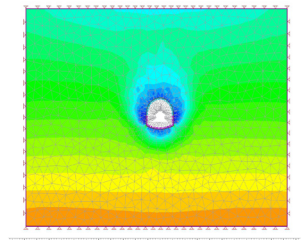
FLAC 3D V.5.0



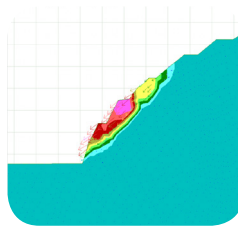
RIDO V:4.20.01



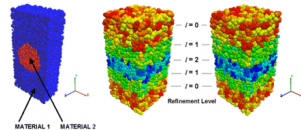
ROCPLANE V.6.0



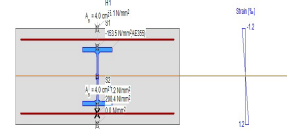
PHASE 2 V.8.0



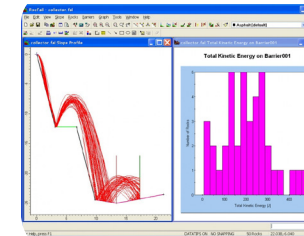
UDEC V.5.0



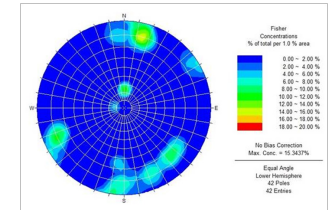
PFC2D V.4.0



FAGUS V.6.0



ROCKFALL V.4.0



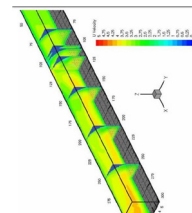
DIPS V.5.1



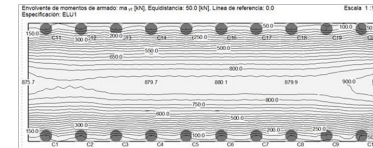
STATIK V.6.0



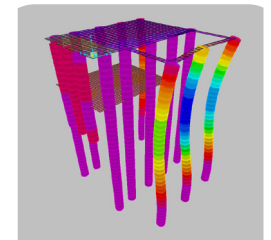
STEPS V.5.3



SOLVENT V.4



CEDRUS V.6.0



SAP2000

1.5. Calidad y Gestión Medioambiental



SUBTERRA INGENIERÍA está Certificada en los Sistemas de Gestión según UNE-EN-ISO 9001:2015, UNE-EN-ISO 14001:2015 y UNE 166002 Sistemas de Gestión de I+D+i desde 2011 (a partir de 2018 por la Certificadora Bureau Veritas) y OSHAS 18001 en Chile.

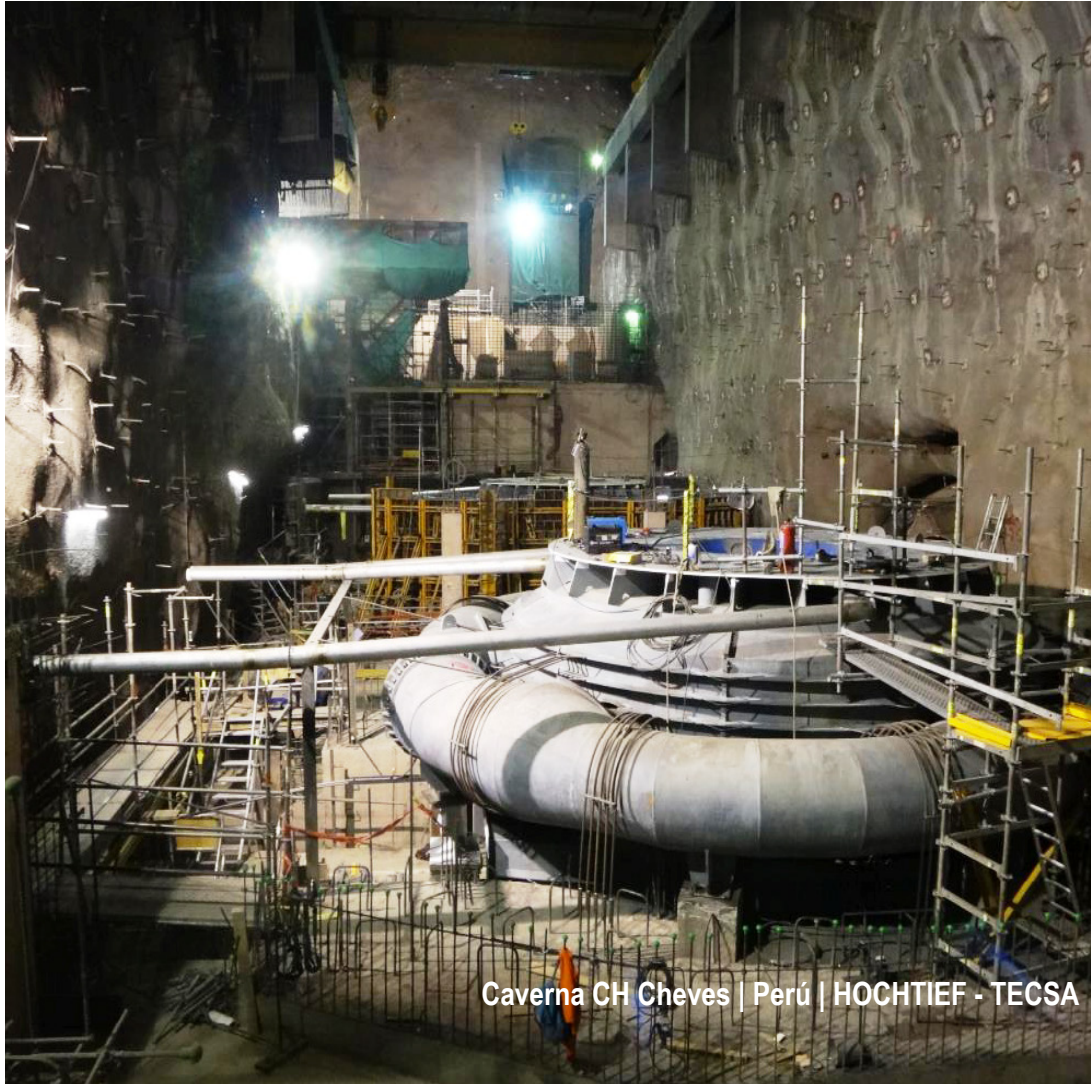


Este propósito responde a nuestro fuerte compromiso para ofrecer a nuestros clientes la máxima CALIDAD en nuestros proyectos, fomentando entre nuestro equipo el respeto y la responsabilidad con el MEDIO AMBIENTE.

Así mismo manifestamos nuestro empeño en desarrollar nuestro trabajo en óptimas condiciones de Seguridad y Salud.

Por último disponemos de un sistema de gestión de proyectos de I+D+i, que tanta importancia posee para nosotros.

1.6. Presencia en organismos



SUBTERRA participa en las siguientes asociaciones:

- | **AETOS.** (Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas)
- | **AIC.** (Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G.)
- | **AMINER.** (Asociación de Empresas Investigadoras, Extractoras, Transformadoras Minero-Metalúrgicas, Auxiliares y de Servicios)
- | **CTES.** (Comité de Túneles y Espacios Subterráneos de Chile)
- | **SEMR.** (Sociedad Española de Mecánica de Rocas)
- | **APTOS.** (Asociación Peruana de Túneles y Obras Subterráneas)
- | **ACTOS.** (Asociación Colombiana de Túneles y Obras Subterráneas)
- | **PTTP.** (Plataforma Tecnológica de Túneles)
- | **EURACOAL.** (European Association for Coal and Lignite)
- | **TECNIBERIA.** (Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos)
- | **PTES.** (Plataforma Tecnológica Española de Construcción)

Sus miembros pertenecen o han pertenecido a los siguientes organismos:

- | **AENOR:** Comité CTN 103 "Geotecnia".
- | **COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN CETN TG 341 WG5:** Geotecnia.
- | **ASTM:** Comité D18.02.07. Ensayos de presiometría y dilatometría.
- | **COMISIÓN EUROPEA:** Coal Advisory Group (TGC1-DGXII)
- | **CORDIS (Comm. Research and Development Information Services):** FP7.

SUBTERRA cuenta con personal afiliado a los siguientes Colegios Profesionales:

- | **CHILE:** Colegio de Ingenieros de Chile A.G.
- | **COLOMBIA:** Consejo Profesional Nacional de Ingeniería
- | **ESPAÑA:** Colegio Oficial de Ingenieros de Minas
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos
- | **PERÚ:** Colegio de Ingenieros del Perú

Líderes del sector de consultoría de Túneles en Latinoamérica

2. Áreas de actividad

- 2.1. Servicios profesionales
- 2.2. Actividad de I+D+i
- 2.3. Instalaciones de seguridad
- 2.4. Diagnóstico y rehabilitación de túneles





Túnel de Vivaceta | Programa Santiago Centro Oriente 1 | Chile | COSTANERA NORTE

Excelencia en Ingeniería de Túneles

Carreteras

Ferrocarriles

Metropolitanos

Obras Hidráulicas

Obras Hidroeléctricas

Minería



Túnel de Lo Saldes | Chile | COSTANERA NORTE

2.1. Servicios Profesionales

Espacios subterráneos

- Estudio y Diseño de Túneles
- Análisis de Procesos Constructivos
- Tuneladoras (TBM)
- Diseño del Sostenimiento y Revestimiento
- Estudios de Subsistencia
- Portales
- Túneles Falsos
- Cavernas y Pozos
- Asesoría Geotécnica durante la Construcción
- Programas de Monitoreo
- Diagnóstico y Rehabilitación de Túneles
- Instalaciones de Seguridad (Ventilación, Iluminación, etc)

Minería

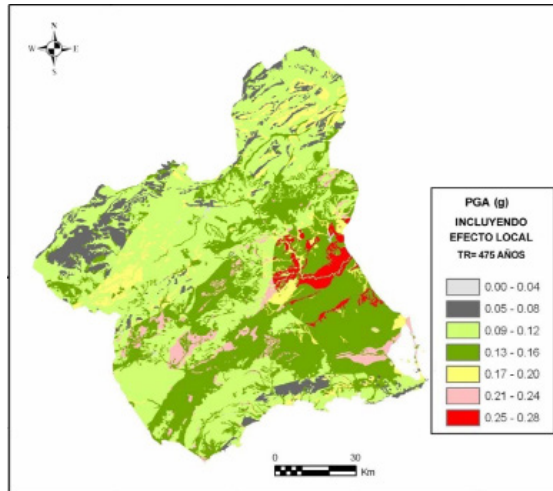
- Modelamiento Geológico 3D
- Evaluación de Recursos y Reservas
- Estudios de Factibilidad Minera
- Diseño de Explotaciones a Cielo Abierto
- Rehabilitación de Espacios Mineros
- Diseño de Explotaciones Subterráneas
- Cierre y Desmantelamiento de Minas
- Estudio de Botaderos y Relaves
- Estudios de Infraestructura Minera Subterránea (Galerías, Pozos y Cavernas)

Geotecnia

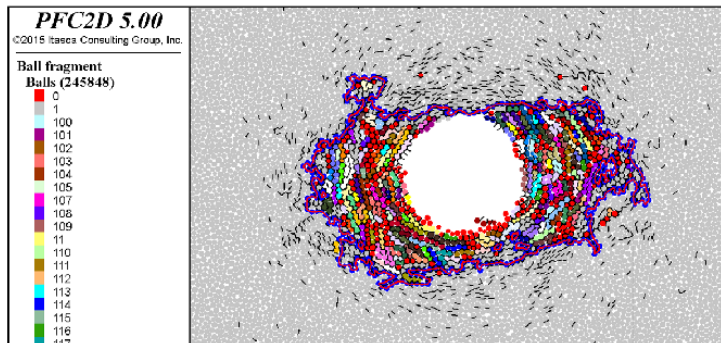
- Estudios de Peligrosidad y de Riesgo Geológico
- Estudios Hidrogeológicos
- Mecánica de Rocas y Suelos

- Estudio de Taludes de Desmonte
- Estudio de Terraplenes, Pedraplenes y Botaderos
- Estudios de Excavabilidad
- Estudios para Agregados (Canteras, Préstamos y Graveras)

2.2. Actividad de I+D+i



Mapa de aceleraciones sísmicas | MODEL RISK



Efecto térmico en un sondeo de gasificación | COGAR



La investigación aplicada nos permite ofrecer a nuestro clientes técnicas y medios a la vanguardia de la ingeniería del terreno, optimizando nuestros diseños y capacitándolos para resolver los problemas más complejos.

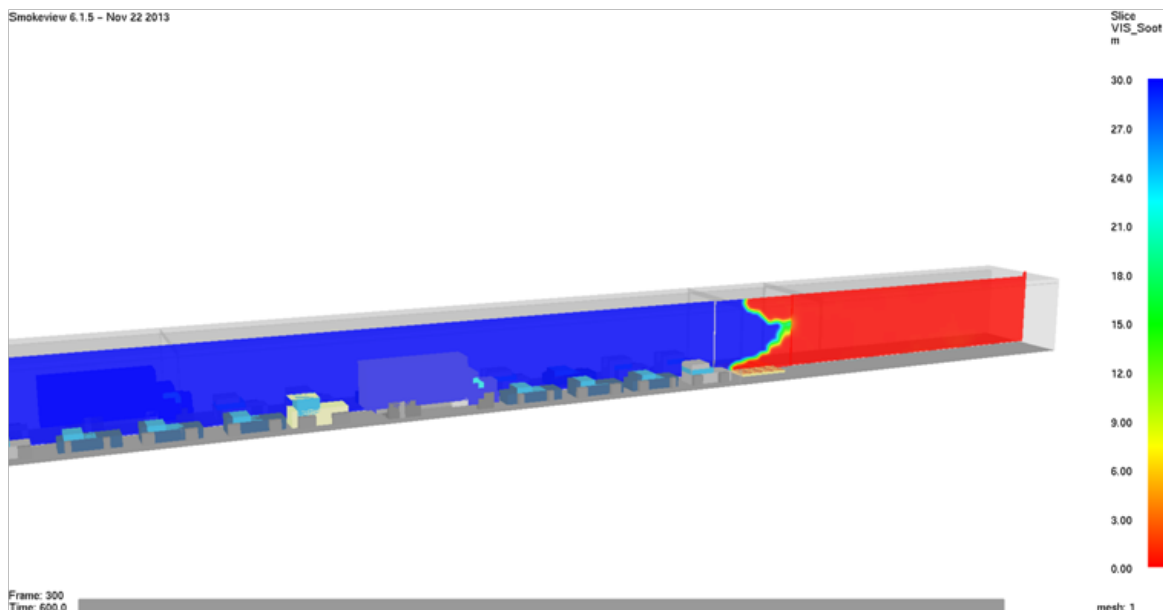
Como se ha señalado con anterioridad, disponemos de un sistema acreditado UNE 166002 para la gestión de proyectos I+D+i. Durante el pasado obtuvimos el sello de PYME innovadora.

En el pasado hemos colaborado y desarrollado los siguientes proyectos:

- Herramienta avanzada para la estandarización en la evaluación y gestión de Riesgos Naturales basada en Cartografía Cuantitativa. “MODEL RISK”. SUBPROGRAMA INNPACTO 2010-2014. Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Underground Coal Gasification in operating mine and areas of high vulnerability (COGAR). RFC-PR-12005 – (2013-2016). Comisión Europea. DG XII.
- Smarter Lignite Open Pit Engineering Solutions (SLOPES). RFCR-CT-2015-00001 – (2015-2018). Comisión Europea. DG XII.

Posteriormente hemos resultado adjudicatarios por parte de la DGXII de la Comunidad Europea y del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial:

- Investigación para la mejora competitiva del ciclo de perforación y voladura en minería y obras subterráneas mediante la concepción de nuevas técnicas de ingeniería, explosivos, prototipos y herramientas avanzadas (TUÑEL). 2015-2018. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI).
- Metodología avanzada basada en zonificación sísmica para evaluar y manejar la sismicidad en obras subterráneas (SYOS). 2017-2019. CONCYTEC.
- Herramienta para la predicción de comportamiento del conjunto macizo-túnel mediante la gestión e interpretación de información geológico geotécnica de proyectos subterráneos (KNOWTUNNEL). 2017 - 2019. CDTI.
- Risk Assessment of Final pits during Flooding (RAFF). 2019 - 2022. RFCS.
- The impact of EXtreme weather events on MINing operations (TEXMIN). 2019 - 2022. RFCS.



Simulación de la visibilidad en un túnel tras alcanzar el régimen estacionario.

Túnel	País	Función	Tipología		Tráfico	Longitud (m)	Nivel de Estudio	Año
Américo Vespucio Oriente	Chile	Vial	Monotubo	3 pistas	Unidireccional	8.360	Proyecto Constructivo	2014-16
Américo Vespucio Oriente 2	Chile	Vial	Bitubo	3 pistas	Unidireccional	5.200	Proyecto Constructivo	2018-19
Aeropuerto Guayaquil	Ecuador	Vial	Bitubo	2 pistas	Unidireccional	3.270	Proyecto Constructivo	2016
Os Campos	España	FFCC	Monotubo	2 vías	Bidireccional	2.795	Proyecto Básico	2011
O Galo	España	FFCC	Monotubo	2 vías	Bidireccional	4.705	Proyecto Básico	2011
Barro	España	FFCC	Monotubo	2 vías	Bidireccional	7.792	Proyecto Básico	2011
La Aldea	España	Vial	Bitubo	2 pistas	Unidireccional	3.100	Manual de Explotación	2017
Tramo 4 FFCC Gran Canaria	España	FFCC	Monotubo	2 vías	Bidireccional	6.430	Proyecto Constructivo	2018
Xaltepec	México	Vial	Monotubo	4 pistas	Bidireccional	302	Proyecto Constructivo	2009-10

Principales referencias de proyectos de instalaciones de seguridad.

2.3. Instalaciones de seguridad

Dentro de la ingeniería de los túneles y los espacios subterráneos, es imprescindible disponer de modernos sistemas de instalaciones que posibiliten su funcionalidad en las máximas condiciones de seguridad.

A este respecto tanto la normativa internacional, como las diferentes normativas nacionales, cada vez son más exigentes en cuanto a los sistemas de seguridad de un túnel incluyendo la explotación de los túneles tanto en condiciones normales como, sobre todo, en caso de un incendio. Ello implica disponer de adecuados:

- Concepto de seguridad.
- Sistema de Ventilación.
- Sistema de detección y contra incendios.
- Iluminación.
- Sistemas electromecánicos.

Para atender esta demanda SUBTERRA ofrece los siguientes servicios:

- **Proyecto de instalaciones de seguridad:** incluyendo la ventilación, iluminación, y resto de instalaciones electromecánicas necesarias.
- **Manual de explotación,** de los túneles atendiendo a su funcionalidad e incluyendo plan de operaciones normales, plan de emergencia y plan de mantenimiento.
- **Análisis de riesgos,** ante diversos escenarios tipificados en la normativa para casos de accidente e incendio.

2.4. Diagnóstico y rehabilitación de túneles

SUBTERRA ofrece un servicio de inspección, diagnóstico y rehabilitación de túneles, ya construidos, basado en su experiencia en el análisis de la interacción entre el terreno, gobernado por sus parámetros mecánicos y las características del sostenimiento revestimiento aplicado al túnel.

Inspección de Túneles

SUBTERRA realiza minuciosos levantamientos de las patologías visibles y del terreno situado inmediatamente detrás de la estructura de un túnel, que reflejan su estado actual, adecuando la metodología de trabajo y herramientas a emplear en función de las peculiaridades de cada túnel.

Fruto de esta inspección se dispone de un diagnóstico certero del túnel y del estado de su estructura entendiendo esta como el conjunto sostenimiento - revestimiento. Como resultado se emite un informe del estado del túnel, jerarquizando las acciones futuras necesarias.

Proyectos de Rehabilitación Estructural de Túneles

La inspección y el diagnóstico del estado de un túnel es la base de partida para la ejecución de los trabajos de ingeniería de detalle necesarios para redactar un proyecto de rehabilitación estructural del mismo.

La rehabilitación del túnel se efectúa al objeto de conseguir la adecuación del mismo a su nueva funcionalidad (cambio de gálibo, etc) o simplemente para rehabilitar la estructura del túnel. Para este último aspecto es necesario llevar a cabo sofisticados análisis retrospectivos que reproduzcan las patologías que se observan, empleando para ello software especiales que permiten cálculos numéricos tenso-deformacionales. Posteriormente la bondad y eficacia de las medidas de rehabilitación propuestas son analizadas empleando para ello las mismas herramientas.

Programas de Mantenimiento de Túneles

Muchas veces se puede convivir con las patologías existentes en un túnel pero sin embargo, se hace necesario un control y seguimiento de las mismas.

Por ello, un tercer servicio en el ámbito de la inspección y rehabilitación de túneles, es la ejecución de programas de mantenimiento basados en la inspección y diagnóstico de un túnel, empleando para ello técnicas de auscultación y monitoreo que permiten conocer a tiempo real el estado y evolución de un túnel, adoptando con anticipación suficiente, las medidas necesarias.

Principales Referencias

2010

- Inspección de los túneles del Canal de Jabarrella (Huesca, España)
- Proyecto de rehabilitación del túnel ferroviario de Son Sureda (Baleares, España)

2011-12

- Inspección, proyecto de rehabilitación y asesoría durante las obras del túnel Portillo de la CH La Confluencia (VI Región, Chile)

2012

- Proyecto de rehabilitación de los túneles ferroviarios de la Variante de Llanes (Túneles de Altares y El Bolao) (Asturias, España)

2013

- Inspección de los túneles ferroviarios de Forcadíña, Sierra Pequeña y El Molino (Orense, España)

2013-14

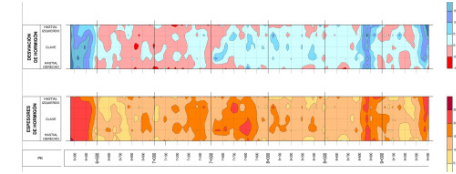
- Inspección y proyecto de rehabilitación del túnel de aducción de la CH Pizarra (Cajamarca, Perú)

2015

- Inspección del estado del sostenimiento del Túnel 1 de la autopista Agaete-La Aldea. Análisis del revestimiento y drenaje del túnel. (Gran Canaria, España)



Rehabilitación CH La Confluencia, Chile



Isolíneas de espesor de hormigón proyectado. Túnel de La Aldea, España

2016

- Definición de las soluciones de estabilización de los túneles de San Lorentzo y Belabieta en la A-15 Autopista de Navarra-Gipuzkoa. (Guipúzcoa, España)

2016-17

- Inspección del sostenimiento del túnel de desvío del río Asana. Mina Quellaveco (Perú)

2017

- Inspección y verificación de estado del túnel de la Faja 1, Estocadas y By Pass. Antamina (Perú)
- Asesoramiento especializado en túneles durante la construcción de los túneles del tramo Astigarraga-Irún (España)
- Servicio de inspección y verificación del estado del túnel de la CH Pangal (Chile)

2018

- Mantenimiento túnel terminal. Sistema aducción Colca-Sigüas (Perú)



San Lorentzo y Belabieta, España



Túnel de la Quebra. Concesión Vial del Nus | Colombia | MINCIVIL

3. Trabajos ejecutados

3.1. Proyectos Viales

3.2. Proyectos Ferroviarios

3.3. Proyectos Hidráulicos

3.4. Proyectos Hidroeléctricos

3.5. Proyectos Mineros



3.1. Proyectos viales

Desde su inicio SUBTERRA ha participado en el diseño y/o seguimiento durante la construcción de 49 túneles viales que suman 99,5 km de longitud, en 14 países.

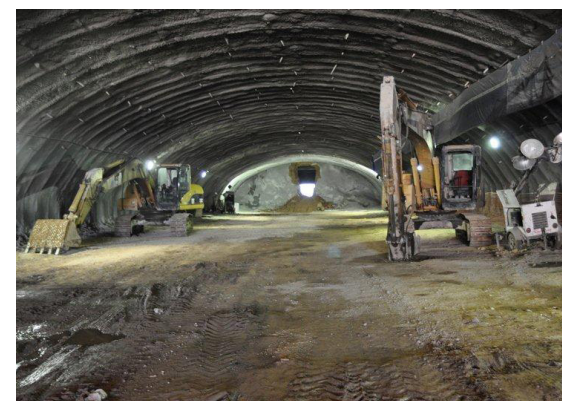
Proyecto	Tipología	Sección (m ²)	Longitud (m)	Método Constructivo	Litología/s	Nivel de Estudio	Año	Cliente	País
Costanera Norte-Costanera Sur. (Túnel: Costanera N-S)	Monotubo	75	311	NATM	Gravas, andesitas y lutitas	Anteproyecto	2010	GEOCONTROL CHILE	Chile
Carretera Maitenes-Confluencia. (Túneles: T1/T2/T3)	Monotubo	75	447/989/3.361	NATM	Andesitas, Conglomerado y Tobas	Proyecto Constructivo/Asistencia	2012-15	SACYR CHILE	Chile
"Santiago Centro - Oriente 1". (Túnel: Vivaceta)	Monotubo	92	580	NATM	Gravas	Asistencia	2013-14	COSTANERA NORTE	Chile
Proyecto Constructivo del Túnel AVO bajo Kennedy. (Túnel AVO)	Monotubo	284	42	ALEMÁN	Gravas	Ingeniería de detalle	2013	COSTANERA NORTE	Chile
Américo Vespucio Oriente. El Salto-Príncipe de Gales (Túnel: AVO)	Monotubo	148	8.360	NATM. CUT & COVER	Tobas, andesitas y gravas	Ingeniería de licitación	2013	SACYR CHILE	Chile
"Santiago Centro-Oriente 2". (Túneles: Kennedy, Costanera N-S y Lo Saldes)	Monotubo	200	1.150	NATM	Gravas	Ingeniería de detalle	2013-14	SACYR CHILE	Chile
		80	292	NATM	Andesitas y lutitas	Ingeniería de detalle	2013-14	SACYR CHILE	Chile
		90	65	NATM	Gravas	Ingeniería de detalle	2013-14	SACYR CHILE	Chile
Américo Vespucio Oriente. El Salto - Príncipe de Gales. (Túnel: AVO)	Monotubo	148	8.360	NATM. CUT & COVER. ALEMÁN	Tobas, andesitas y gravas	Ingeniería de detalle	2014-15	OHL-SACYR	Chile
"Santiago Centro-Oriente 2". (Túnel: Kennedy)	Monotubo	200	1.507	NATM. CUT & COVER	Gravas, andesitas y lutitas	Asistencia	2014-17	COSTANERA NORTE	Chile
Radial NO. Túnel Chamisero 2	Bitubo	80	1.590	NATM	Andesitas y coluviales	Ingeniería de detalle	2015-16	COSTANERA NORTE	Chile
Radial NO. Túnel Chamisero 2	Bitubo	80	1.590	NATM	Andesitas y coluviales	Asistencia	2016-17	GESVIAL	Chile
Eje Los Maitenes Parque Negocios Enea	Monotubo	85	282	NATM	Pumicita	Anteproyecto	2016	ENEA	Chile
Américo Vespucio Oriente Príncipe de Gales- Los Presidentes (AVO 2)	Bitubo	120	5.200	NATM	Gravas, arcillas	Licitación	2016-17	OHL-SACYR	Chile
Américo Vespucio Oriente. Apoquindo - Príncipe de Gales. (AVO 2)	Bitubo	120	5.200	NATM	Gravas, arcillas	Ingeniería de detalle	2018	SOCIEDAD CONCESIONARIA VESPUICIO ORIENTE S.A.	Chile
Américo Vespucio Oriente. El Salto - Príncipe de Gales. (AVO 1. Túnel de La Pirámide)	Monotubo	120	1.805	NATM. CUT & COVER	Tobas, andesitas y gravas	Asistencia	2018-21	SOCIEDAD CONCESIONARIA VESPUICIO ORIENTE S.A.	Chile
Sector 2º de la carretera Bogotá - Villavicencio. (Túnel: Túnel 6A)	Monotubo	88	4.333	NATM	Cuarzitas, Filitas, y Coluviales	Proyecto de Licitación	2011	SACYR-CAVOSA	Colombia
Túneles de Sinifaná UF1, Autopista Pacifico 1	Bitubo	80	3.000	NATM	Andesitas	Supervisión de proyecto	2018	OSSA	Colombia
Túnel de la Quiebra	Bitubo	80	8.200	NATM	Cuarzodioritas	Asistencia	2018-20	MINCVIL	Colombia
Ctra. Eix Diagonal C15/C37 (Túnel: Montconill)	Monotubo	90	615	NATM	Lutitas y areniscas	Asistencia	2010	DRAGADOS	España
Variante de Elorrio. (Túneles: Gaiztelua I y Gaiztelua II)	Bitubo	85	594	NATM	Lutitas, Margas y Areniscas	Proyecto de Licitación	2011	FCC	España
			1.141						
Variante de Bermeo. (Túneles: Ormaetxe, Sollube y Gainzadala)	Monotubo/Bitubo	85	950/1.150/640	NATM	Argilitas, limolitas, areniscas y margas	Proyecto de Licitación	2011	FCC	España
Autopista Arequipa-La Joya. (Túnel: La Joya)	Bitubo	90	740	NATM	Granitos	Anteproyecto	2014	AYESA	Perú
Accesos puerto de Chancay. (Túnel: Chancay)	Monotubo	75	2.300	NATM	Gravas, arcillas	Asistencia/Ingeniería Detalle	2014-15	T. PORT. CHANCAY	Perú
Construcción del túnel Yanango y accesos.	Monotubo	100	1.062	NATM	Granitos, saprolitos	Asistencia	2014-15	BALZOLA	Perú
Interoceánica Sur. Túnel Olachea	Carretero	90	930	NATM	Andesitas, areniscas, limonitas, cuarcitas y pizarras	Ingeniería de detalle	2017-18	INTERSUR	Perú
Tramo "Monteagudo - Ipati". (Túnel: Incahuasi)	Carretero	72	1.230	NATM	Areniscas, lutitas, y limolitas	Proyecto Constructivo	2010	GEOCONTROL MAB	Bolivia
Rodoanel Trecho N. (Túnel 501)	Bitubo	180	1.100	NATM	Filitas, granitos y milonitas	Asistencia/Ingeniería detalle	2014-16	COPASA	Brasil
Lotes 1 a 5 de Rodoanel. Trecho Norte de Sao Paulo. (Túnel: Rodoanel)	Bitubo	187	(7 túneles) 6.360	NATM	Granitos y saprolitos	Proyecto de Licitación	2012	ISOLUX-CORSAN	Brasil
Tramo Chongón - Colónche. Autopista Guayaquil - Santa Elena. (Túnel: Santa Elena)	Bitubo	92	3.000	NATM	Areniscas, lutitas y calizas	Anteproyecto	2014	GEOESTUDIOS	Ecuador
Túnel Aeropuerto Guayaquil	Bitubo	110	3.140	NATM	Calizas, lutitas, areniscas y conglomerados	Ingeniería Básica + Ingeniería de detalle	2016	CVA - AET	Ecuador
Carretera Amazoc-Veracruz. (Túnel: Xalpetec)	Monotubo	145	302	NATM	Basaltos y tobas volcánicas	Proyecto Constructivo	2009-10	ISOLUX CORSAN	México
Proyecto Escénica Alterna en Acapulco. (Túnel: Acapulco)	Monotubo	115	3.204	NATM	Granitos, esquistos y filitas	Proyecto de Licitación	2012	SACYR-CAVOSA	México
Libramiento Acapulco (María Bonita)	Monotubo	210	495	NATM	Gneises	Ingeniería de detalle	2015	MOTA ENGIL	México
Autopista Jala-Las Varas. Túneles de Las Truchas y Paso del Jaguar	Monotubo	200	870/1.100	NATM	Lahares/flujo piroclásticos	Asistencia	2017-18	OSSA	México
Autopista Atizapán-Atzacmulco. Túneles de Los Gallos y Cahuacán	Monotubo	215	210/115	NATM	Lahares/flujo piroclásticos	Asistencia	2018-19	OSSA	México
Ionia Odos Motonway. (Túnel: Kalydona)	Bitubo	95	1.180	NATM	Areniscas y limolitas	Asistencia	2010	OSSA	Grecia
Central Greece Motonway. E-65. (Túnel: T2)	Bitubo	95	3.000	NATM	Diabasas, basaltos y lavas	Asistencia	2010	OSSA	Grecia
Tuen Mun - Chek Lap Kok Link - Northern Connection Subsea	Bitubo	150	2 x 4.100	HIDRO-ESCUDO	Granitos y Arenas	Proyecto de Licitación	2012	OHL	Hong Kong
Autopista Struma. Túnel Zheleznița	Bitubo	90	2.000	NATM	Anfibolitas y gneis	Licitación	2016	STOSE-OSSA	Bulgaria
Gorges de Kherrat (RN09). Túneles Kherrata	Monotubo	85	520/250/370	NATM	Dolomias	Licitación	2016	ISOLUX-CORSAN	Argelia
Autopista Tharthri-Kilhotran. Túnel de Kahaljugasar	Bitubo	90	2x4.000	NATM	-	Proyecto Constructivo	2018-19	NHIDCL	India

TÚNEL DE XALTEPEC (AUTOPISTA AMOZOC - VERACRUZ), México

El túnel de Xaltepec forma parte del Proyecto de la Autopista Amozoc – Veracruz.

Una de las cuestiones clave para hacer frente a la construcción del túnel Xaltepec es el diseño de la sección transversal, ya que debe abarcar cuatro carriles de 3,5 m de ancho y con un gálibo mínimo de 5,5 m de altura (desde el hastial).

Esta disposición tiene una anchura útil de 18 m, lo que equivale a una anchura de excavación de aproximadamente 19 m, que se puede considerar como una anchura excepcional, aunque hay algún precedente, es evidente que se trata de un túnel único en términos de su ancho de excavación y que significa que, independientemente de la calidad geomecánica del terreno, la construcción de este túnel será un hito importante.



CONSTRUCCIÓN TÚNEL DE YANANGO Y ACCESOS, Perú

La construcción del túnel de Yanango mejora las actuales carencias de la actual carretera Tarma-San Ramón en su cruce con la quebrada del río Yanango, resuelto actualmente mediante un puente colgante que admite el paso de vehículos ligeros y medianos, pero cuyo uso no está permitido para vehículos pesados, que deben usar un vado que ocasiona incomodidad, inseguridad y pérdida de tiempo a los usuarios.

El túnel, de 1.012 m de longitud y 96 m² de área útil, permite albergar tres carriles de circulación, dos de subida y uno de bajada, así como las bermas y aceras recogidas en la normativa. En su desarrollo, el túnel se divide en tres grandes bloques: túnel en suelo coluvial, situado en el portal de entrada, túnel bajo la quebrada en la zona intermedia y túnel en roca en el resto. Esta tramificación condiciona el soporte a emplear en cada caso. Así mismo, se contempla la ejecución, tanto en el portal de entrada como en el de salida, de sendos falsos túneles; siendo el del portal de salida, un medio túnel cuya sección se completa con la estructura.



PROYECTO SANTIAGO CENTRO - ORIENTE (KENNEDY, COSTANERA N-S, LO SALDES), Chile

El MOP dentro del Programa denominado “Santiago Centro - Oriente”, ha delegado a Costanera Norte la responsabilidad de su construcción. Subterra desarrollará el Proyecto Constructivo y la asesoría especializada de las siguientes obras:

- **Túnel Lo Saldes**, de 65 m de longitud y que, con 14.0 metros de anchura de excavación.
- **Túnel Costanera Norte – Costanera Sur**, de 292 m de longitud, con 10.0 metros de anchura alojará dos carriles de circulación vial.
- **Túnel Kennedy**: de 1150 metros de longitud entre la rotonda Perez Zujovic y Américo Vespucio. La sección alojará una plataforma para 4 carriles lo que conlleva anchuras de en torno a 20 metros y secciones de excavación de 200 m². La excavación se desarrollará siguiendo el NATM y mediante la partición de la sección en distintas fases.



3.2. Proyectos ferroviarios

SUBTERRA ha intervenido en el diseño y/o seguimiento durante la construcción de 28 túneles ferroviarios que suman 175 km de túnel de 6 países.

Proyecto	Tipología	Sección (m²)	Longitud (m)	Método Constructivo	Litología/s	Nivel de Estudio	Año	Ciente	País
L3 y L6 Metro de Santiago. (Túnel: Metro Santiago)	Bitubo	58-185	21.397	NATM/CAVERNAS/POZOS	Gravas	Proyecto de Licitación	2013-14	ISOLUX CORSÁN-COPISA	Chile
LAV Burgos-Vitoria. Tramo: Burgos-Prádanos de Bureba. (Túnel: Fresno de Rodilla)	Bitubo	77	5.250	EPB	Lutitas margosas	Ingeniería de Detalle	2009-10	CYE	España
Tren Sur. Tramo 6: San Miguel - Montaña de Guaza (Arona). (Túnel: Túnel 6)	Monotubo	115	2.283	NATM	Coladas basálticas, escorias e ignimbritas	Ingeniería Básica	2010	EYSER / GETINSA	España
Eje Atlántico de Alta Velocidad. Tramo: Vigo - O Porriño. (Túnel: Vigo - Porriño)	Monotubo/ Bitubo	115/77	10.000	NATM/TBM	Granitos y gneises	Ingeniería Básica	2010	TRN	España
Reapertura línea: Manacor-Artá. Tramo 3: Son Servera-Artá. (Túnel: Son Sureda)	Monotubo	40	80	NATM	Calizas y margas	Ingeniería de Detalle	2010	DRACOTEC	España
LAV Bobadilla-Granada. Tramo: Archidona-Arroyo de la Negra. (Túnel: Archidona)	Monotubo	138	1.053	NATM	Margas, calizas, brechas dolomíticas y arcillas	Asistencia	2010	DRAGADOS	España
Tramo 4. FFCC Las Palmas - Maspalomas. (Túnel: El Goro)	Monotubo	105	2.000+4300	NATM + CUT&COVER	Basaltos y aglomerados	Ingeniería Básica	2011-12	EYSER / GETINSA / GIPIC	España
Tramo 7. FFCC Las Palmas - Maspalomas. (Túnel: Maspalomas)	Monotubo	100	3.000	NATM	Fonolitas	Ingeniería Básica	2011	PROINTEC / INGENIA	España
LAV Galicia. Tramo: Ourense - Vigo. Subtramo: O Carballiño - O Irixo. (Túneles: Túnel 1, Túnel 2 y Túnel 3)	Bitubo	78	2.400	NATM	Granitos	Ingeniería Básica	2011	TRN INGENIERÍA	España
	Monotubo	110	2.271	NATM	Granitos				
	Monotubo	110	2.278	NATM	Esquistos				
LAP Galicia. Tramo: Ourense-Vigo. Subtramo: Cerdedo-Barro. (Túneles: Os Campos, O Galo y Barro)	Monotubo	110.1	2.795	NATM	Granitos	Ingeniería Básica	2011	GOC-CALTER	España
	Monotubo	110.1	4.705	NATM	Granitos. Esquistos Ortogneises				
	Bitubo	71.03	7.792	TBM DOBLE ESCUDO	Granitos				
LAV Asturias. Tramo: Pola de Lena-Oviedo. (Túnel: Pola de Lena)	Monotubo	118	11.380	NATM	Pizarras y areniscas	Ingeniería Básica	2012	PROINTEC	España
Corredor N-NW LAV Madrid - Galicia. Tramo: Prado-Porto. Variante. (Túnel: Túnel de Prado)	Bitubo	72	7.606	NATM	Cuarcitas, Filitas, Esquistos, Granitos y Gneises	Ingeniería de Detalle	2012	COMSA/ ALDESA / COPASA / AZVI / COPISA	España
Corredor N-NW LAV Madrid - Galicia. Tramo: Cerdedel-Prado. VD. Var. (Túnel del Corno)	Bitubo	72	8.510	NATM	Pizarras, Filitas, Liditas, Ampelitas Y Cuarcitas	Ingeniería de Detalle	2011-12	COPROSA -INSERSA - RUBAU	España
Corredor N-NW LAV Madrid - Galicia. Tramo: Cerdedel-Prado. VI. Solución Variante. (Túnel del Corno)	Bitubo	80	8.510	NATM	Pizarras, Filitas, Liditas, Ampelitas Y Cuarcitas	Asistencia	2012-16	COPROSA-INSERSA-RUBAU	España
		80	8.500					ISOLUX / TABOADA	España
Acceso al Puerto Ferrol (Túnel de Brión)	Monotubo	70	5.640	NATM	Esquistos y granitos	Proyecto de Licitación	2016	COPASA	España
Metro San Sebastián Estación La Concha	Metro y estación	150	190	CAVERNA	Margas y calizas	Ingeniería de detalle	2016	FULCRUM	España
Metro de Dublin	Metro y estación	80	7.000	EPB	Calizas y arcillas	Proyecto de Licitación	2018	IDOM	España
Avant Project Detaillé Troçon 2. (Túneles: Tramo 2, Tramo 1 y Tramo 1A2)	Monotubo	75	600+800	NATM	Calizas y margas	Ingeniería Básica	2013	GETINSA	Argelia
	Monotubo	75	18.900	NATM	Calizas, calcoarenitas, areniscas	Ingeniería Básica	2013-15	GETINSA	Argelia
	9 Monotubo / 2 Bitubo	52	3.680	NATM	Calizas, calcoarenitas, areniscas	Ingeniería Básica	2013-15	GETINSA	Argelia
LC y LD Metro de La Meca. (Túnel: Metro de La Meca)	Bitubo	40-85	16.741	NATM/C&C/TBM/ CAVE	Granodioritas, tonalita, cuarzo-diorita, gabro, anfíbolitas y unidades volcánico-sedimentarias	Proyecto de Licitación	2014	ISOLUX CORSÁN	Arabia Saudi
Nueva línea Obulavaripalle - Venkatachalam. (Túnel: Chennai)	Monotubo	52	980+6.780	NATM	Filitas y cuarcitas	Ingeniería Básica	2010	AYESA	India
Línea 3 Metro de Guadalajara	Metro y estaciones	120	4.500	PANTALLAS / POZO / TUNELADORA	Tobas y basaltos	Ingeniería / Asistencia	2015-17	MOTA ENGIL	México
Ho Chi Minh City Urban Mass Rapid Transit Line 2	Metro y estación	70	8.000	EPB	Depósitos deltaicos	Proyecto de Licitación	2018	IDOM	Vietnam

INGENIERIA DE DETALLE DE LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA 3 DEL METRO DE GUADALAJARA, México

La línea 3 del metro de Guadalajara tiene una longitud de 22 km y dispone de 18 estaciones, 13 de ellas elevadas y el resto subterráneas.

Subterra colabora con el Concorcio Túnel Guadalajara S.A.P.I. de CV en la elaboración de la ingeniería de detalle de las estaciones Bandera, Independencia, Normal, Catedral y Alcalde; de 90 m de largo y 20 m de ancho, ejecutadas al abrigo de muros pantalla recalzados con micropilotes.

El proyecto se ubica en la denominada Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) en el estado mexicano de Jalisco. El proyecto discurre de Noroeste a Sureste por la Zona Metropolitana de Guadalajara, entre Zapopan, el municipio de Guadalajara y Tlaquepaque.

El trazado tiene una longitud aproximada de 21.447 m y comprende un primer tramo aéreo de 8.715 m que contempla 7 estaciones elevadas y se desarrolla en su mayor parte en viaducto. Le sigue un tramo subterráneo de 5.337,83 m de longitud, que contempla cinco estaciones subterráneas y cuatro tramos de túnel entre ellas. Tras el tramo subterráneo se continúa con un segundo tramo aéreo de 7.393,61 m de longitud que, como el anterior, discurre en su mayor parte en viaducto y en el que se contemplan 6 estaciones aéreas.



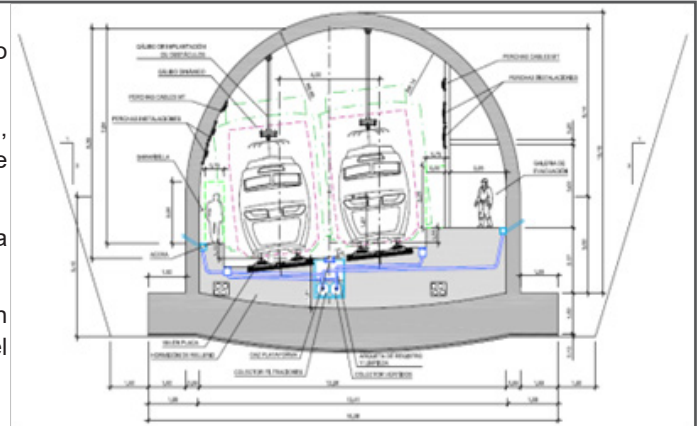
TÚNELES FERROVIARIOS LÍNEA LAS PALMAS-MASPALOMAS, España

Línea Ferroviaria entre Las Palmas de Gran Canaria y Maspalomas, tramo 4: Polígono Industrial de El Goro - Barranco de Guayadeque y, Tramo 7: Playa del Inglés (El Cañizo) - Estación de Meloneras (Faro de Maspalomas).

Tramo 4: se divide en tres túneles con una longitud total de 3 kilómetros y tres falsos túneles con 4 km de longitud, que conectan con el Aeropuerto Internacional de Gran Canaria. 10 secciones han sido necesarias para el diseño de este tramo de túnel que incluye, Cut and Cover y la excavación entre muros pantalla.

Además, el sistema de ventilación exigirá la construcción de pozos intermedios de extracción condicionados por la disposición de las estaciones intermedias.

Tramo 7: es un túnel con 5,6 km de longitud (2,6 km en la estructura del falso túnel). Debido a la construcción de un centro comercial, cerca del emboquille de entrada, coberteras medidas desde la clave del túnel hasta el sótano del edificio entre 12 y 13,7 m.



TÚNEL DE EL CORNO. LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD LUBIÁN - ORENSE, España

El túnel de El Corno, proyectado en el tramo Cerdedelo-Porto Línea de Alta Velocidad Lubián - Ourense, es un túnel de doble tubo que tiene una longitud de 8,5 km.

El trazado del túnel cruza en varios puntos la ruta actual de la vía del tren, que es un hito importante a considerar en el análisis de la estabilidad del túnel.

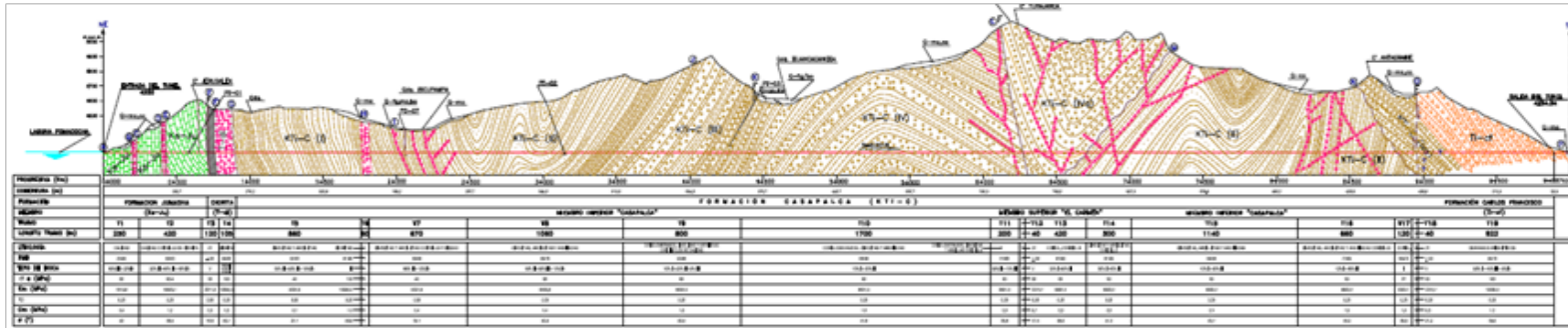
Está diseñado un túnel de ataque de cerca de 800 m. con el fin de llevar a cabo la excavación del túnel de El Corno mediante cuatro frentes de excavación. Además, se ha diseñado la unión entre el túnel y la Adit en un área donde el aporte de agua a la excavación es elevado.



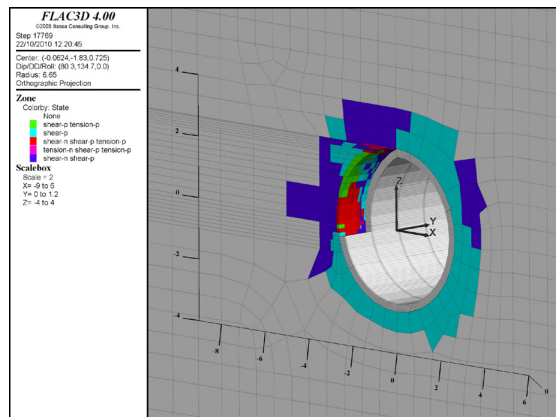
3.3. Proyectos hidráulicos

SUBTERRA ha participado en el diseño de 10 túneles hidráulicos, saneamiento y abastecimiento, que suman 53,5 km de túneles en tres países.

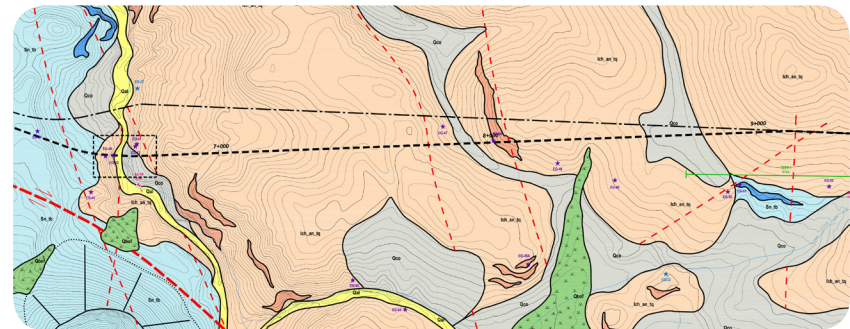
Proyecto	Tipología	Sección (m²)	Longitud (m)	Método Constructivo	Litología/s	Nivel de Estudio	Año	Cliente	País
Embalse de Chironta. Túnel de desvío	Hidráulico	70	473	NATM	Granitos	Proyecto Constructivo	2018	BESALCO-DRAGADOS	Chile
Colector-interceptor en Pozuelo de Alarcón	Hidráulico	6.5	4.572	EPB	Arena tosquiza, tosco arenoso y arena de miga	Proyecto Constructivo	2010	EUROCONSULT	España
Trasvase Majes – Sigüas (Túnel: Transandino y Pucara)	Hidráulico	25	11.410+6.450	NATM	Andesitas y Brechas	Proyecto Básico e ingeniería de detalle	2011	COBRA-COSAPI	Perú
Derivación Llucila-Sigüas	Hidráulico	25	4.600 2.500 3.100	NATM /TBM	Areniscas, conglomerado, granito y gneis	Ingeniería de detalle	2012-14	COBRA-COSAPI	Perú
Abastecimiento agua potable Lima (Marca 2)	Hidráulico	15	9.898	NATM/TBM	Calizas, lutitas areniscas, y conglomerados	Ingeniería Básica	2014-15	PROINVERSIÓN	Perú
Abastecimiento agua potable Lima (Marca 2)	Hidráulico	15	9.898+10.000	NATM/TBM	Calizas, lutitas areniscas y conglomerados	Licitación	2014-15	ABENGOA - DAELIM	Perú
Harbour Effluent Tunnel. Stonecutters Island	Hidráulico	65	900	NATM + Pozos	Granito	Licitación	2011	KADEN / OSSA / CHINA RAILWAY G.	Hong Kong



Ingeniería básica de las obras de cabecera y abastecimiento de agua potable a Lima | Perú | PROINVERSIÓN



Colector Pozuelo de Alarcón | España | EUROCONSULT



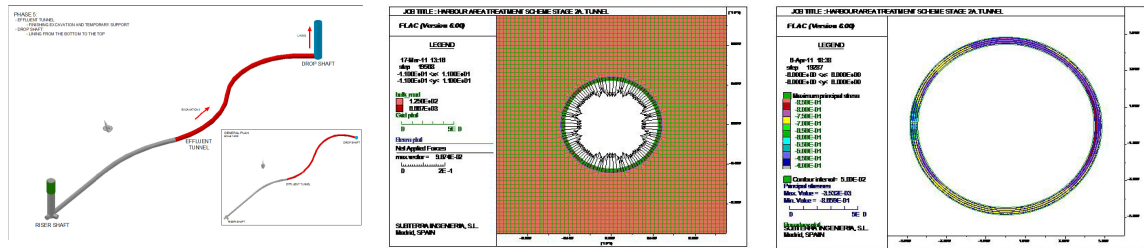
Ingeniería conceptual y PC de los túneles del trasvase Majes - Sigüas | Perú | COBRA-COSAPI.

COLECTOR ISLA STONECUTTER, Hong Kong

Para mejorar la calidad de las aguas de Victoria Harbour, el Harbour Area Treatment Scheme (HATS), también nombrado como “Plan estratégico de eliminación de aguas residuales” (SSDS), se ha comprometido a proporcionar tratamiento para las aguas residuales provenientes de las áreas urbanas en ambos márgenes del puerto. Actualmente se está desarrollando la Fase 2A cuyos principales objetivos son la mejora de las ocho obras existentes de tratamiento preliminar en la Isla de Hong Kong y la mejora de la depuración de aguas residuales existente desde la capacidad de tratamiento actual de 1,7 millones de metros cúbicos por día hasta la capacidad de tratamiento correspondiente al completo desarrollo del SSDS.

El proyecto implica la construcción de un túnel de conducción de las aguas desde las plantas de tratamiento de Stonecutter Island hasta el emisario submarino. Este túnel se excavará mediante el método de perforación y voladura. Tendrá aproximadamente 880 m de longitud, 8,5 m de diámetro interior y conecta con un pozo de 80 m de profundidad en cada extremo.

La geología de la alineación del túnel y de los pozos se encuentra compuesta por granitos pertenecientes a la Lion Rock Suite (Período Jurásico o Cretácico). El lecho de roca es generalmente de grano medio a grueso, con espaciamiento medio y apertura cerrada. Por lo general, a la cota del eje del túnel se encuentran granitos moderadamente descompuestos o de calidad superior. Los depósitos superficiales, cuyo espesor varía entre 15,0 y 25,0 metros, consisten principalmente en rellenos antrópicos, suelos aluviales y suelos marinos.



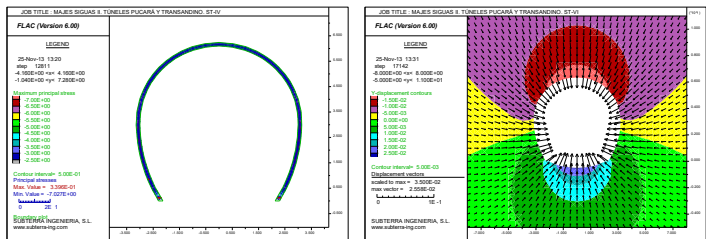
PROYECTO MAJES - SIGUAS (FASE 1), Perú

El consorcio formado por COBRA Instalaciones y Servicios y COSAPI ha resultado adjudicatario de la concesión de “Obras mayores de afianzamiento hídrico y de infraestructura para la irrigación de las pampas de Siguas”, en el Perú. Incluido en las obras de la concesión, se encuentra la conducción en túnel que permitirá tomar el agua almacenada por la presa de Angostura y entregarla en el río Chahuanca.

La conducción, denominada Túnel Pucará-Transandino, está conformada por dos túneles: túnel Pucará y túnel Transandino de 6.341,29 y 9.617,00 m de longitud respectivamente. Estos túneles, marcados por los condicionantes hidráulicos y constructivos, cuentan con una sección en herradura de 2.95 m de radio interior y 5.95 m de altura útil.

Debido a la longitud de ambos túneles, se ha definido un adit de ataque intermedio para casa uno de ellos, siendo sus longitudes 67 y 750 m para el túnel Pucará y Transandino respectivamente. Por cuestiones constructivas, la sección de estos adits es una sección baúl de 6,5 m de alto y 6.5 m de ancho.

Por último, también se ha definido el túnel de desvío, de 394, 70 m, que permitirá la construcción de la presa de Angostura y que posteriormente trabajará como túnel de toma tras la ejecución de un pique inclinado de 45 m de longitud.



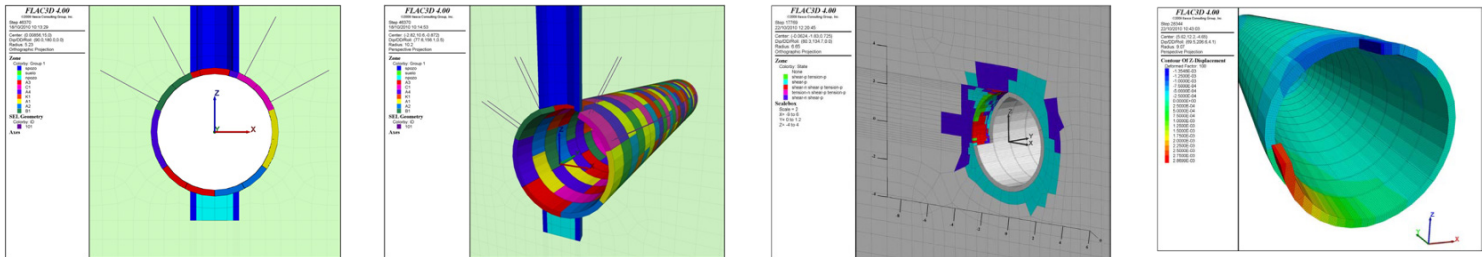
COLECTOR DE POZUELO, España

El colector-interceptor Pozuelo de Alarcón se ha diseñado de forma subterráneo, por lo que propuso la construcción de un túnel de 4.543 m de longitud, que se realizará por las aguas pluviales procedentes de las nuevas áreas urbanas, que no pueden ser llevadas a cabo por la red de saneamiento urbano.

Se realizó un análisis detallado de la estabilidad del frente de la excavación por TBM y la unión de los segmentos de las dovelas.

Además, se diseñó una singular unión entre el colector de túnel, Adit, y el conducto de ventilación.

Las litologías afectadas por el colector de Pozuelo pertenecen al denominado material detrítico de Madrid (arcillosas y arenas).



3.4. Proyectos hidroeléctricos

A consecuencia de la importante demanda energética en Latinoamérica en los últimos años, SUBTERRA ha intervenido en el diseño y seguimiento durante la construcción de 33 centrales hidroeléctricas, desde México a Chile, que totalizan 193 km de túnel.

Proyecto	Tipología	Sección (m ²)	Longitud (m)	Método Constructivo	Litología/s	Nivel de Estudio	Año	Cliente	País
Túneles de la Central Hidroeléctrica La Confluencia (Túnel: Portillo / Tinguiririca)	Pasada	20-35.5	9.040	NATM / RAISE BORING	Andesitas, tobas y lutitas	Asistencia	2009-10	GEOCONTROL CHILE	Chile
CH El Paso	Pasada	28	4.500	NATM	Andesitas y tobas	Proyecto Constructivo	2011	HOCHTIEF GARDILIC	Chile
Central Hidroeléctrica La Confluencia (Túnel: Portillo)	Pasada	35.5	11.290	REVESTIMIENTO	Andesitas y tobas	Ingeniería y Asistencia	2011-12	HOCHTIEF	Chile
Proyecto CH Itata	Regulación	51	70	POZO / NATM	Gravas y Arenas	Ingeniería de detalle / asistencia	2013	BROTEC/ OBECHILE	Chile
Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (El Volcán, Suelo y Alafalal)	Pasada	13-21	22.000	NATM / TBM	Andesitas, areniscas, yesos, lutitas	Ingeniería de detalle / asistencia	2013-17	HOCHTIEF-CMC	Chile
CH Chironta	Regulación	-	-	NATM	Granitos	Asistencia	2018	DRAGADOS-BESALCO	Chile
Central Hidroeléctrica Belesar III	Bombeo	44	1.620	NATM / CAVERNA	Granodioritas	Ingeniería Básica	2010	SOCOIN	España
Central Hidroeléctrica Los Peares III	Bombeo	44	410	NATM	Neises y esquistos	Ingeniería Básica	2010	SOCOIN	España
Central Hidroeléctrica Edrada-San Esteban	Bombeo	50	5.900	NATM / CAVERNA	Granitos, granodioritas y gneises	Ingeniería Básica	2010	SOCOIN	España
Central Hidroeléctrica Salas-Conchas	Bombeo	50	6.100	NATM	Granodioritas y migmatitas	Ingeniería Básica	2010	SOCOIN	España
CH Belesar III (Túnel, Caverna y Pozos)	Bombeo	45	1.650	POZO / CAVERNA / NATM	Granito	Proyecto Constructivo	2011	SOCOIN	España
CH Peares III	Bombeo	45	450	NATM	Neises y esquistos	Proyecto Constructivo	2011	SOCOIN	España
Central Hidroeléctrica Chira-Soria	Bombeo	22	60	CAVERNA	Basaltos e ignimbritas	Ingeniería de detalle	2012	IDOM	España
CH Chira-Soria	Bombeo	22	5.200	NATM / CAVERNA/ POZO	Brechas y basaltos	Ingeniería Básica	2015-16	IDOM - REDESA	España
Túneles y caverna de la C.H. Cheves	Pasada	16/41	15.776	NATM / CAVERNA	Tonalita, andesita, cuarcitas, y lutitas	Proyecto Constructivo	2010	HOCHTIEF	Perú
Proyecto Hidroeléctrico Cheves	Pasada	16/41	15.776	NATM / CAVERNA	Tonalitas, andesitas, cuarcitas y lutitas.	Asistencia	2011-14	CONSTRUCTORA CHEVES	Perú
CH La Virgen	Pasada	18	4.600	NATM	Areniscas y Calizas	Proyecto Constructivo	2011	COBRA - OSSA	Perú
Proyecto Hidroeléctrico de Molloco. CCHH de Llatica y Soro	Regulación	Soro: 8 M Ø; Llatica: 4,5 M Ø	Soro: 4124 M; Llatica: 7948 M	NATM	Cuarcitas, lutitas y areniscas; calizas margosas; andesitas, tobas, dacitas y riolitas; brechas	Estudio geotécnico	2014	ISOLUX	Perú
CH Hidromanta	Pasada	10	1800	NATM	Granitos	Ingeniería Básica	2016	JENNER RENEWABLES	Perú
CH Colca	Pasada	10	545+1945	NATM	Calizas y margas	Ingeniería Básica	2016	JENNER RENEWABLES	Perú
CH Hidromanta	Pasada	10	1800	NATM	Granitos	Ingeniería de detalle	2017	INCISA - COBRA	Perú
CH Manta	Pasada	10	1800	NATM	Granitos	Asistencia	2018	COBRA	Perú
Central Hidroeléctrica de Larreynaga	Regulación	16.5	2.500	NATM / POZO	Tobas, andesitas y basaltos	Proyecto Constructivo	2009-10	UTE COBRA OSSA	Nicaragua
CH Torito	Pasada	40	3.700	EPB	Lutitas	Asesoría	2011	SOCOIN	Costa Rica
CH Los Negros. Túnel de conducción	Pasada	12	3.000	NATM	Tobas brechosas, brechas volcánicas y lavas andesíticas	Asesoría	2016-17	OSSA	Costa Rica
CH Palanda	Pasada	13	1.427	NATM	Granitos	Proyecto Licitación	2011	UTE EDUINTER-ENWESA	Ecuador
Proyecto CH Minas San Francisco	Regulación	18-50	30.000	NATM / POZO / CAVERNA / TBM	Riolitas, tobas, e intrusivos.	Asistencia	2012-14	GNF ENGINEERING	Ecuador
Proyecto CH Minas San Francisco	Pasada	50-90	1.270 + 350	NATM	Tobas andesíticas	Ingeniería de detalle	2014-16	GNF ENGINEERING	Ecuador
Proyecto CH Delta	Regulación	23/46	4.525	NATM / POZO	Pizarras y Metatobas	Ingeniería Licitación	2012	OSSA	Guatemala
Proyecto CH Renace 2 (Túnel 1 y 2)	Pasada	21	4.025	NATM	Calizas	Ingeniería de detalle / asistencia	2012-14	COBRA	Guatemala
Proyectos Hidroeléctricos Renace III (Túnel 1)	Pasada	21	4.750	RAISE BORING / NATM	Calizas	Ingeniería de detalle / asistencia	2014-15	COBRA	Guatemala
Proyecto CH El Recreo	Pasada	15	1800	NATM	Brechas Volcánicas, Tobas Y Dacitas	Asistencia	2014-15	PROACON	Guatemala
Central Hidroeléctrica de Tatatila	Regulación	20	1.300	NATM	Andesitas, basaltos, granitos	Ingeniería Básica	2012	INCISA	México
Proyecto PH Rio Frio	Pasada	15	2.500/4 túneles	NATM	Depósitos de abanico, arcillas, calizas y lutitas	Ingeniería ejecutiva	2015-16	HIDROPROYECTOS	México
Proyectos Hidroeléctricos PH-3 y PH Cuetzalin	Pasada	10	1.180 / 1.280	NATM	Areniscas, conglomerados, lutitas y tobas riolíticas. cuetzalin: basaltos, andesitas y brechas volcánicas	Ingeniería de detalle	2014	IMPULSA GENERACIÓN RENOVABLE	México
Proyecto Hidroeléctrico Tatatila	Pasada	22	1.360	NATM	Andesitas, basaltos, granitos y granodioritas	Ingeniería de detalle	2014-15	OHL Industrial	México
CH Banda Azul	Pasada	12/24	7.500+6.800	NATM	Areniscas y lutitas	Ingeniería de detalle	2015-16	INYPESA	Bolivia
Proyecto Hidroeléctrico de Miguillias. Túnel de Palillada	Pasada	18	9.000	TBM / ESCUDO	Cuarcitas y pizarras	Ingeniería de detalle	2016	ISOLUX-CORSAN	Bolivia

PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHEVES, Perú

El proyecto de la Central Hidroeléctrica de Cheves se encuentra localizado en el río Huaura, entre los pueblos de Sayán y Churín (Perú). Esta central hidroeléctrica captará agua de los ríos Huaura y Checras a unos 2 km aguas arriba de su confluencia a una altitud de 2.170 msnm y lo retornará al río Huaura a través del túnel de descarga ubicado unos 1.5 km aguas abajo, a una altitud de 1.548 msnm.

Este proyecto se realiza con el objeto de poder aprovechar los recursos hídricos de la cuenca del río Huaura, para la generación de energía eléctrica con una potencia instalada de 168 MW dividido en dos turbinas Pelton utilizando un salto de 599 m y un caudal de diseño de 33 m³/s.

Se ha proyectado la construcción de los siguientes túneles:

- Túnel de transferencia: 2.580 metros.
- Túnel de conducción: 9.915 m.
- Caverna: 31,5 x 15,5 x 62,7 m (alto x ancho x largo).
- Túnel de descarga: 3.700 m.
- Túnel de acceso a la caverna: 960 m.
- Túnel de ataque intermedio 1: 860 m.
- Chimenea de equilibrio: 697 m.

Las unidades litoestratigráficas afectadas por el proyecto de la Central Hidroeléctrica Cheves están constituidas por la Formación Chimú (bancos de cuarcita con finas intercalaciones de estratos de arenisca cuarzosa, lutitas bituminosas y ocasionales lentejones carbonosos), el Grupo Casma (secuencias estratificadas de rocas volcánicas, principalmente andesitas, con intercalaciones de rocas sedimentarias), y Stock Churín Bajo (rocas intrusivas con composición tonalítica a cuarzo-monzonítica).



PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO, Chile

El Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) se ubica en la comuna de San José de Maipo, Provincia Cordillera, Región Metropolitana de Santiago, Chile. Las obras subterráneas incluidas en el PHAM son:

- Túnel "Alfalfal II" de 6.250 m de longitud de los cuales los 3.250 m iniciales se construirán con D+B en una sección en baúl de 4,75 x 4,90 m (20,8 m²), y el resto con TBM de unos 4,10 m de diámetro (13,2 m²).
- Túnel "Suelo" de 1.020 m de longitud a excavar íntegramente mediante métodos convencionales, de sección en baúl de 4,0 x 4,0 m (13 m²).
- Túnel "El Volcán" de 14.100 m de longitud de los cuales los 7.100 m se construirán con D+B en una sección en baúl de 3,80 x 4,90 (4,60) m (17/16 m²), y el resto con TBM de 4,10 m de diámetro (13,2 m²).

El área está formada por secuencias estratificadas de rocas volcánicas, volcanoclasticas y sedimentarias, con intrusiones granitoides. Sobre estos materiales se encuentran grandes depósitos de materiales no consolidados cuaternarios.

Así mismo se incluye dentro del alcance, el seguimiento geotécnico de todas las obras subterráneas de este aprovechamiento hidroeléctrico.



PROYECTO HIDROELÉCTRICO RENACE II Y III, Guatemala

El Proyecto Hidroeléctrico Renace II se encuentra ubicado inmediatamente aguas abajo de la Casa de Máquinas de Renace I.

Constituye el segundo de los tres elementos de la cascada del aprovechamiento del Río Cahabón, ubicado en el municipio de San Pedro Carchá, departamento Alta Verapaz, Guatemala.

El túnel de conducción tendrá una longitud total aproximada de 4,1 km.

Renace III: En concreto el alcance atañe a la excavación y sostenimiento de las obras subterráneas así como a su posterior revestimiento con hormigón armado y/o blindaje. Las obras más destacadas a realizar son: Túnel de conducción de unos 4.750 m que tendrá dos tramos uno de baja presión de unos 3.600 m de longitud y otro de media presión de 1.150 m, Tramo blindado de unos 100 m de longitud, Chimenea de equilibrio de 275 m de profundidad, Adit de 72 m de longitud, y Portales de entrada y salida del túnel de conducción y del adit.



3.5. Proyectos mineros

Los proyectos mineros, tanto subterráneos como a cielo abierto, constituyen una actividad muy importante para SUBTERRA.

Proyecto	Tipología	Sección (m²)	Longitud (m)	Método Constructivo	Litología/s	Nivel de Estudio	Año	Cliente	País
Túnel Sur de la mina Los Bronces	Exploración	20	8.125	DOBLE-ESCUDO (DSU)	Cuarzo monzonitas/brechas/andesitas/porfidos	Asistencia	2010	GEOCONTROL CHILE	Chile
Evaluación túneles planta proceso, PNA Fase II.	Infraestructura	52	30.000	NATM	Brechas, tobas y andesitas	Viabilidad	2010	GEOCONTROL CHILE	Chile
Túnel Rosario Oeste	Exploración	16	1.150	NATM	Rocas vulcano-sedimentarias	Asistencia	2011	COMPAÑIA MINERA COLLAHUASI	Chile
PM Chuquicamata Subterráneo. OIM y TA	Infraestructura	70	7.600 / 6.300	NATM	Granodioritas, anfíbolitas y anfíbolitas silíceas	Asistencia	2013-17	ASTALDI	Chile
Estudio de viabilidad de la rampa minera de interior	Infraestructura	32	1.320	NATM/SECCIÓN COMPLETA	Margas, arenas, vulcanitas y pizarras	Viabilidad	2010	CLC	España
Rampas acceso	Infraestructura	50	2 x 2.500	ROZADORA	Margas, lutitas y areniscas	Ingeniería de diseño	2015-16	GEOALCALI	España
Rampa Mina Cabanasas	Infraestructura	50	4.500	ROZADORA	Areniscas, Calizas y Lutitas	Asistencia	2015-17	ICL IBERICA	España
Rampa y galería investigación Las Cruces	Infraestructura/Exploración	35	1200	NATM	Pizarras, tobas y sulfuros	Ingeniería de diseño	2016-17	CLC	España
Pozos de ventilación Mina Cabanasas	Infraestructura	33	900	CONVENCIONAL	Areniscas y Lutitas	Anteproyecto	2017	ICL IBERICA	España
Túnel de transporte de la Mina de Toquespala	Infraestructura	32/25	2.027	NATM	Andesita / Riolita	Proyecto Constructivo/Asistencia	2011-13	OSSA	Perú
Desvío Río Asana Mina Quellaveco	Infraestructura	25	6.500	NATM	Pórfido, granito, volcánico	Asistencia	2016-17	COSAPI-MAS ERRÁZURIZ	Perú
Rampa Exploración Romina 2	Infraestructura	22	850	NATM	Calizas	Factibilidad	2016-17	DCR Ingenieros	Perú
Túnel Transporte de la Mina Antamina	Infraestructura	30	2.600	NATM	Granodiorita y pórfido	Asistencia	2017	ANTAMINA	Perú
Túnel Transporte Corocohuayco	Infraestructura	25	7.500	NATM/TBM	Granodioritas y cuarcitas	Factibilidad	2017	C.M. ANTAPACCAY	Perú
Mina Antamina. Túnel Side-Hill y Decantación	Infraestructura	17	940+320	NATM	Granodiorita y pórfido	Ingeniería de diseño	2018	ANTAMINA	Perú
Mina Parcoy. Túnel de Yuracyacu	Infraestructura	24	11.400	NATM	Granodioritas	Ingeniería de diseño	2018	CONSORCIO MINERO HORIZONTE	Perú
Mina las Bambas. Túnel de derivación T-6	Infraestructura	20	3.572/4.080	NATM	Calizas	Factibilidad	2018	LAS BAMBAS	Perú

MINERÍA A CIELO ABIERTO / BOTADEROS	MINERÍA SUBTERRÁNEA
<ul style="list-style-type: none"> Estudio Hidrogeológico de la Corta de Cerro Colorado (Río Tinto, Huelva). EMED MINING. 2010. Asistencia técnica para la actualización del Proyecto Constructivo de la Escombrera Oeste del Proyecto minero Cobre las Cruces. Ampliación Escombrera Oeste. COBRE LAS CRUCES (INMET). 2010-12. Asesoría geotécnica durante la construcción de Nuevo acceso al Rajo Sur y botaderos. Mina El Teniente. SACYR-AGUANSANTA (CODELCO). 2011-13. Anteproyecto de abandono definitivo de las labores de Corta Atalaya (Río Tinto, Huelva). EMED MINING. 2012. Análisis geológico-geotécnico de las balsas nº2 y nº3 de residuos de Jarosita de la fábrica de San Juan de Nieva (Avilés, Asturias). XSTRATA. 2012. Proyecto Constructivo Reformado de las Instalaciones de Residuos Mineros del Proyecto Río Tinto: Escombreras Norte y Sur. Escombreras de Corta Atalaya. EMED MINING. 2012. Asesoramiento geotécnico. Mina Cobre las Cruces. COBRE LAS CRUCES (FIRST QUANTUM). 2012-2016. Proyecto constructivo de la bocamina de las rampas del proyecto minero Muga. GEOALCALI. 2015. Auditoría Geotécnica del Depósito de Pasta Seca. MATSA (MUBADALA & TRAFIGURA). 2016. Caracterización de la instalación de estériles de tratamiento del proyecto minero de AGUABLANCA. LUNDIN MINING. 2016. Proyecto de instalación Tailings Corta Cobre las Cruces. COBRE LAS CRUCES (FIRST QUANTUM). 2016-17. Plan de cierre y expediente técnico para el proyecto de remediación ambiental de las áreas impactadas por los pasivos mineros. Mina Carhuacayán. AMSAC. 2017-19. Diseño y dirección de obra de la Fase 1 de la balsa de estériles de tratamiento de la explotación minera La Parrilla. IBERIAN RESOURCES SPAIN. 2018-19. 	<ul style="list-style-type: none"> Asesoría geotécnica rampa mina CLC. COBRE LAS CRUCES (INMET). 2010. Diseño detallado y evaluación constructiva de los túneles de transporte 1 y 2. SOUTHERN COPPER. 2011-13. Asesoría técnica durante la construcción del Túnel Rosario Oeste. Cia. Min. Dña. Inés de COLLAHUASI. 2011. Infraestructura y caserones Sector Manto Norte. Mina Atacama Kozan. S.C. MINERA ATACAMA KOZAN. 2011-12. Proyecto de explotación de Hierro Tibiritá (Cundimarca). PACIFIC IRON. 2012. Asesoramiento especializado durante la construcción de las obras del Interior Mina así como de los túneles de Acceso y Transporte del Proyecto Mina Chuquicamata. ASTALDI (CODELCO). 2012-16. Aplicación del método Sublevel Caving a la mina de carbón Tipong, Assam. AITEMIN. 2013-14. Diseño del portal del túnel de acceso. Mina de Kusipongo. KANGRA COAL. 2014. Asesoramiento geotécnico. Análisis del pilar corona en la Mina Cerro Bayo. MANDALAY RESOURCES 2014-15. Ingeniería de detalle de las obras subterráneas del Nuevo Sistema de Traspaso en las instalaciones de la División Andina de Codelco. ACCIONA-OSSA (CODELCO). 2015. Diseño del sistema constructivo y los sostenimientos del pique o wince Picasso. MILPO. 2015-16. Asesoría geomecánica y constructiva de la Rampa de transporte de la Mina Cabanasas. IBERPOTASH-ICL. 2015-19. Modelo geotécnico mina subterránea de Cobre las Cruces. CLC (FIRST QUANTUM). 2016-17. Diseño de la rampa de investigación. Proyecto minero CLC. COBRE LAS CRUCES (FIRST QUANTUM). 2016. Inspección del sostenimiento del túnel de desvío del río Asana. Mina Quellaveco. COSAPI-MAS ERRÁZURIZ. 2016-17. Estudio geotécnico de la rampa de investigación de CLC. COBRE LAS CRUCES. 2016. Anteproyecto e ingeniería de detalle de los piques de ventilación. Fase Cardener. ICL IBERIA. 2017-19. Supervisión para trabajos de reforzamiento para el túnel de la faja. ANTAMINA. 2017. Análisis técnico-económico del túnel para la faja transportadora de la mina subterránea Corocohuayco mediante TBM. Minera Antapaccay. GLENCORE. 2017. Ingeniería de diseño Túnel Side-Hill y Decantación. Mina Antamina. ANTAMINA. 2018. Estudio de ingeniería túnel faja transportadora. Túnel de Yuracyacu. Mina Parcoy. CONSORCIO MINERO HORIZONTE. 2018. Estudio Geotécnico y diseño a nivel de pre-factibilidad avanzada del túnel de derivación T-6. LAS BAMBAS. 2018. Revisión sistema pre-factibilidad túneles mineral y desmonte, ventanas const. y galerías interconexión. ANTAMINA. 2019. Estudios y diseños de prefactibilidad. Desarrollos subterráneos Mina Quebradona. ANGLOGOLD ASHANTI. 2019. Análisis estabilidad explotación carbón mediante método cámaras y pilares. Mina La Gitana. FRONTIER COAL. 2019.

CORTA MINERA DE COBRE LAS CRUCES, España

El proyecto minero Las Cruces tiene por objeto la explotación de las reservas de mineral de cobre secundario de una mineralización de sulfuros masivos encajado en rocas volcánicas y sedimentarias del Paleozoico, oculto bajo sedimentos terciarios.

Las reservas de mineral de cobre secundario (Zona HC), objeto del proyecto minero, se han estimado en 17.625.000 toneladas de mineral con una ley de 6,22% de cobre, con un total de 1.096.275 toneladas de cobre extraíble y 978.504 toneladas de cobre recuperable y comercializadas en forma de cátodos de cobre.

El recubrimiento está constituido por unos 140 m de margas del Terciario, bajo las que subyace una capa de areniscas, calcarenitas y conglomerados con espesor variable de 5 a 10 m, que constituye el acuífero Niebla-Posadas. El yacimiento es explotado mediante el método de corta a cielo abierto, lo que permitirá la extracción del 97% del metal de cobre contenido en las reservas. La corta final tendrá forma ovalada con 1500 m de longitud en dirección Este-Oeste, 900 m de anchura en dirección norte-sur y profundidad máxima de 245 m.

Subterra es la responsable del seguimiento geotécnico de la explotación, incluyendo tanto la mina a cielo abierto como los botaderos. Esto incluye el mapeo, los cálculos de estabilidad y el monitoreo geotécnico.



ASESORÍA GEOTÉCNICA DEL SECTOR MANTO BLANCO. MINA ATACAMA KOZAN, Chile

La mina de Atacama Kozan se encuentra en la zona de Tierra Amarilla, Chile. Subterra ha realizado una caracterización geomecánica del sector productor llamado Manto Norte, que abarca los niveles de perforación a una profundidad de 165 y salida en la cota 136, Caserones Manto Norte 01, 04, 05, 06 y Manto Noreste y galerías adyacentes.

El objetivo de este estudio fue el desarrollo de un modelo de predicción siguiendo las recomendaciones geotécnicas y geomecánicas para anticipar los riesgos potenciales asociados con el progreso del desarrollo de los túneles, la explotación y la secuencia de extracción de las salas. Se llevó a cabo un estudio litológico y un mapeo estructural de 1.335 m de túnel, repartidos en diferentes galerías de la mina, permitiendo la caracterización geotécnica de la calidad del macizo rocoso e incluyendo el análisis de la estabilidad de las salas y pilares.

De la información obtenida de los trabajos de campo se definieron las secciones de sostenimiento asadas en la calidad geotécnica del macizo y usándose modelos empíricos, analíticos y numéricos.

Se ha utilizado el siguiente software geotécnico: Dips, Unwedge, Rocsupport, Examine 2D y 3D y 2D Flac.



TÚNEL DE TRANSPORTE MINA TOQUEPALA, Perú

El proyecto se ubica dentro del área geográfica de la concesión minera Mina de Toquepala (Sur del Perú), departamento de Tacna, comprende el túnel en línea recta desde el suroeste de la corta a la pila de la planta existente. La mina está ubicada a 3,300 metros de altitud.

El proyecto incluye la construcción de un túnel de 2,19 km de largo, que se extiende desde la ubicación proyectada del edificio de trituración primaria hasta la pila de productos intermedios, que se conectará con el transporte del mineral a través de una cinta transportadora.

Además, se han diseñado otros dos túneles, un túnel minero mediante de 155 m de longitud y un falso túnel que cruza las vías actuales del tren. Los litotipos afectados por los túneles son andesitas, riolitas, rocas intrusivas y depósitos cuaternarios.

Finalmente se ha realizado el proyecto de ventilación del túnel para garantizar la seguridad de los trabajadores.





4. Clientes



Túnel de Yanango | Perú | BALZOLA





Central Hidroeléctrica La Confluencia. VI Región | Chile | HOCHTIEF

Subterra

SUBTERRA Ingeniería Ltda.

Alfredo Barros Errázuriz 1960, Of. 901
C.P. 7500521 Providencia
Santiago. Chile
T./ +(56) 2 2797 6822
chile@subterra-ing.com

SUBTERRA Ingeniería SAS

Calle 5A # 43B-25 Of. 808. El Poblado
Medellin. Colombia
T./ +(57) 4 260 8018
colombia@subterra-ing.com

SUBTERRA Ingeniería S.L.

Vallehermoso, 18
28015 Madrid. España
T./ + (34) 91 534 05 30
F./ + (34) 91 533 14 75
spain@subterra-ing.com

SUBTERRA Engineering Pvt. Ltd.

204, Deenar Bhawan
44, Nehru Place
Opp. Eros Hotel, 110019 New Delhi. India
T./ + (91) 11 426 57 311
india@subterra-ing.com

SUBTERRA Ingeniería SAC

Ca. General Recavarren 103, of 901
Miraflores. Lima. Perú
T./ + (51) 1 242 3918
F./ + (51) 1 440 6656
peru@subterra-ing.com



www.subterra-ing.com