

Subterráneo Edificio Territoria 3000

El centro de la tierra

Con 32 metros y 9 subterráneos, este proyecto se convierte en la obra de mayor profundidad en Santiago. La excavación y construcción presentan aspectos sumamente interesantes en términos de mecánica de suelos, cálculo, entibaciones, logística y ejecución.

.....

Marcelo Casares / Editor Revista BIT

La construcción en altura en nuestro país no deja de sorprender. Dos mega torres atraen gran parte de la atención del sector en el último tiempo. No es para menos, porque recientemente se presentaron en sociedad dos proyectos que superan los 50 pisos - Costanera Center y Titanium-, batiendo récord de altura en Chile y Sudamérica. Sin embargo, a pocas cuadras de estos imponentes proyectos, en la esquina de Carmencita con Isidora Goyenechea ya se construye otra torre de peso. Se trata del edificio Territoria 3000, cuya estructura principal cuenta con 30 plantas, una obra que por altura y diseño no pasará inadvertida.

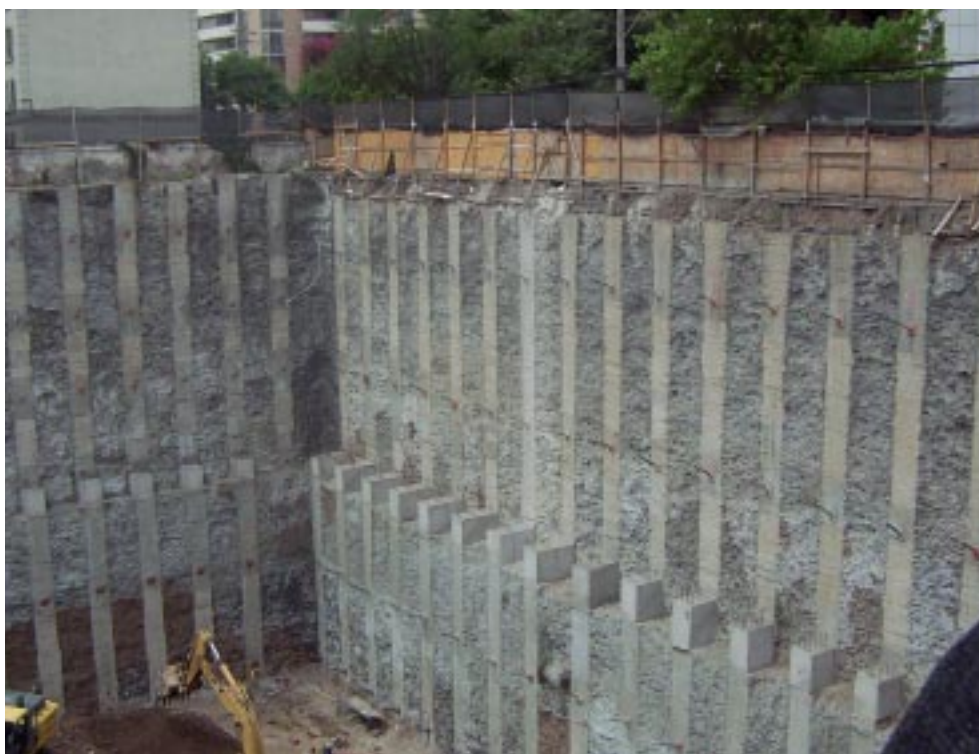
Territoria constituye una apuesta fuerte. Es un proyecto mixto compuesto por departamentos, oficinas, locales comerciales, ho-

tel, gimnasio y centro de convenciones, distribuidos en 85.000 m² de superficie total. El complejo consta de dos volúmenes, el principal de 30 plantas y la torre secundaria de 23 pisos. La inversión no es precisamente de caja chica porque ronda los US\$ 100 millones.

Si bien los números del proyecto impresionan, hasta el momento no se observa ningún aspecto extraordinario. Y resulta imposible que se aprecie a simple vista, porque el récord está en el subterráneo. Es la obra de mayor profundidad de Santiago con 9 plantas bajo cota cero y 32 metros de profundidad, y se acerca aún más al centro de la tierra ya que las excavaciones para las fundaciones superan los 37 metros y las pilas están en el orden de los 38 metros bajo el nivel de calle.

FICHA TÉCNICA

Mandante: Inmobiliaria Territoria
Arquitectura: Gary Handel & Asociados
y Plannea Arquitectos
Cálculo: René Lagos
Mecánica de suelos: Issa Kort
Entibación y anclajes: Pilotes Terratest S.A.
Constructora: Echeverría Izquierdo (subterráneos)
Metros lineales de Anclajes: 10.000 m
Total superficie: 85.000 m²
Oficinas: 12.400 m²
Hotel: 14.100 m²
Departamentos: 6.500 m²
Retail: 6.500 m²
Sports Club: 1.900 m²
Centro de convenciones: 3.500 m²
Subterráneos: 40.000 m²
Pisos Torre principal: 30
Subterráneos: 9
Ascensores: 28



Para mayor seguridad de los trabajadores y para una mayor rapidez de la faena, las pilas de entibación se construyeron en dos hileras con un desfase de 0,85 centímetros. En la imagen superior se aprecia la magnitud de la excavación total, 32 metros. En la imagen inferior se observa el avance de la construcción de los subterráneos (mayo 2006).

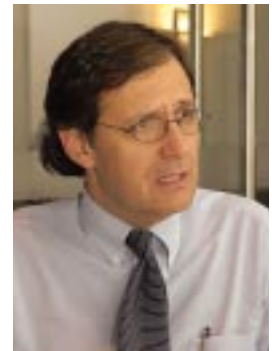




Para retirar la tierra se recurrió a una cinta transportadora anclada a las pilas de entibación. Una solución «importada» de la industria minera.



Issa Kort, ingeniero civil a cargo del estudio de Mecánica de Suelos del edificio.



René Lagos, ingeniero calculista a cargo del edificio.

Por la magnitud del subterráneo, una obra así no se hace todos los días. Por ello, los protagonistas deben esforzarse al máximo para resolver cada desafío que presenta la ejecución de un subsuelo que marca un hito en la industria de la construcción.

SUELO DE CALIDAD

El primer paso para desarrollar una obra con esta profundidad, consistió en analizar las características del terreno. Para no correr ningún tipo de riesgo se practicó un sondaje de 50 metros, profundidad mayor a la contemplada en el proyecto. Los resultados del ensayo confirmaron lo esperado: Un suelo de buena calidad. «Se trata de la grava arenosa de Santiago que destaca por alta compacidad, bolones de gran tamaño, contenido adecuado de arena y bajo porcentaje de finos. Esto nos permitió calcular con precisión razonable los empujes estáticos y sísmicos que actúan sobre el sistema de entibación y muros subterráneos», sostiene Issa Kort, ingeniero civil a cargo del estudio de Mecánica de Suelos del edificio.

Con los estudios en la mano hubo una sensación de alivio. No

es para menos. No sólo se confirmó la compacidad del suelo, además se comprobó la ausencia de agua subterránea, un elemento que podía tornar sumamente compleja la excavación. «Por la profundidad resulta llamativo que no hayamos encontrado agua. En otros proyectos a los 10 ó 15 metros ya se detecta la presencia de este elemento, especialmente cuando se trata de obras cercanas al río Mapocho y al canal San Carlos. Si hubiese aparecido agua la excavación habría sido lenta y dificultosa», acota Kort.

Como nada es perfecto, en una reducida área del terreno se hallaron unas zonas de arcilla a nivel de sello de fundación. Es decir, un suelo de menor calidad que obliga a tomar medidas especiales como incrementar el espesor de las fundaciones y reforzar el subsuelo. Ante esta situación, se hizo una prospección para investigar si este material continuaba más abajo. También aquí hubo buenas noticias, ya que se confirmó que estos lentes no se prolongaban hacia la base del edificio. Entonces, la dificultad se superó excavando cerca de dos metros adicionales en esa zona, y colocando hormigón pobre para afirmar el terreno antes de la construcción de las fundaciones.

DOS HILERAS DE PILAS

Antes de empezar con la excavación resulta imprescindible contener el terreno, para evitar desmoronamientos que pongan en peligro los asentamientos de las construcciones vecinas, en especial si hay que llegar a más de 30 metros bajo la cota cero. «La presión del suelo aumenta en forma proporcional a la profundidad. Por lo tanto, a medida que se incrementa la profundidad crece la presión», explica René Lagos, ingeniero calculista a cargo del edificio Territoria 3000.

Si el empuje del terreno aumenta, el sistema de entibación debe ser sumamente resistente. Por ello, se definió la construcción en todo el perímetro de pilas de entibación de hormigón de 0,85 m de ancho por 1,0 m de largo, distanciadas a eje a 3,0 m aproximadamente según el proyecto de Kort. Después de varios estudios realizados y considerando la gran profundidad de las pilas, se decidió con los arquitectos desfasar en 85 cm el muro subterráneo perimetral a partir de 13,50 m de profundidad. Es decir, se optó por construir las pilas en dos hileras. Esto facilitó la ejecución manual de las pilas en la primera etapa que finalmente se extendió desde la cota cero hasta los 13,50 m, con empotramiento a los 19,20 metros. A continuación, se prosiguió con la segunda etapa con el comentado desfase de 85 cm y llegando hasta los 38 m de profundidad.

¿Por qué dos hileras? Muy fácil, por un tema de seguridad. La construcción de la pila se realiza manualmente. Una pareja de trabajadores excava hasta alcanzar la profundidad necesaria, luego se coloca la armadura de acero y por último se aplica el hormigón. «Hacer una sola pila de 38 metros era un riesgo tremendo para las personas que excavan porque pueden ocurrir desmoronamientos, emanaciones de gas y aparecer agua, quedando expuestas a serios accidentes. Justamente, por estas razones también sería una faena muy lenta y costosa. En cambio, hacer pilas de 20 metros es una labor relativamente normal para obras importantes», dice Aldo Guzmán, gerente general de Pilotes Terratest, empresa responsable de ejecutar el sistema de entibación del edificio.

La innovación cumple un papel destacado en el proyecto, porque para evitar potenciales deformaciones del terreno se recurrieron a sofisticados paquetes de software que garantizaban las indicaciones del diseño. Habitualmente, se emplea un programa de estados límites especializado en el diseño de entibaciones. Lo nuevo está en la utilización de un programa de elementos finitos. «Con el objeto de determinar el nivel y magnitud de deformaciones que experimenta la entibación se efectuó un análisis con el software de Elementos Finitos Praxis 2D V8. De esta manera, se

**MAYOR RENTABILIDAD
PARA SUS PROYECTOS**



KRINGS CHILE S.A.

Líder en Seguridad en Excavaciones



ENTIBACIONES METALICAS

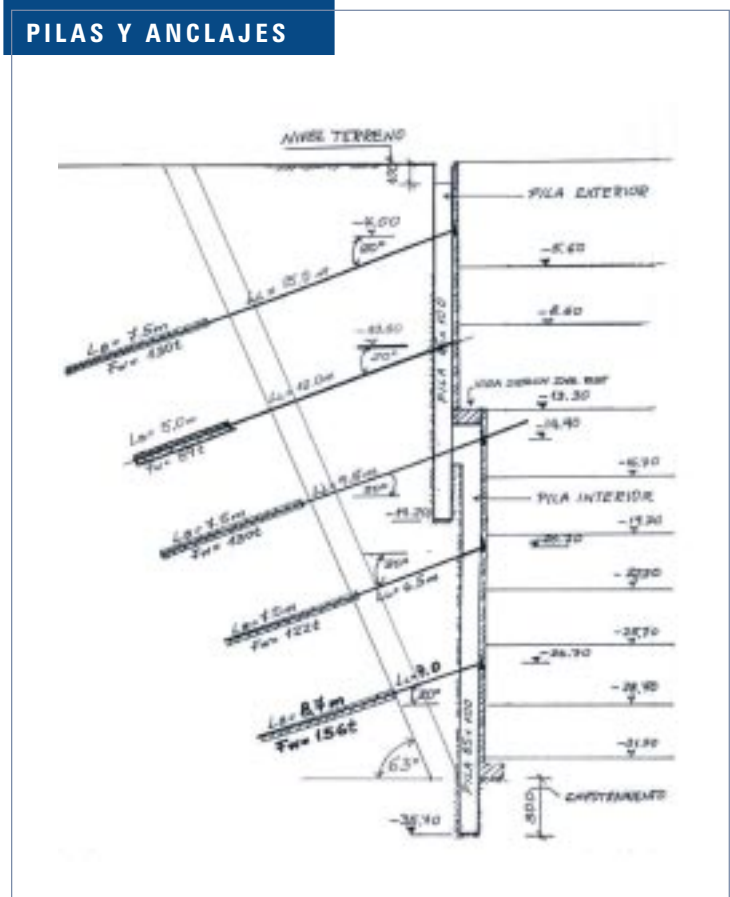
para la instalación de tuberías y
construcción de estructuras enterradas
(cámaras, plantas elevadoras, etc.)
Profundidades entre 2 y 9 metros



TECNOLOGIA EUROPEA PARA MAXIMA EFICIENCIA Y SEGURIDAD EN EXCAVACIONES

- Obras con máxima seguridad
- Sistemas modulares y flexibles
- Aseguran avances y disminuyen imprevistos
- Aplicables a todo tipo de suelo
- Anchos y profundidades variables
- Ahorro en excavaciones y rellenos
- Ahorro en demolición y reposición de pavimentos
- Reducción de mano de obra y equipos

Arriendo • Ventas • Obras • Asesorías
Av. Américo Vespucio Sur 80 of.32 • Las Condes
Tel: 241 3000 - 624 3434 • Cel: 09 - 438 8161
Fax: 246 0630 • email: gschrebler@krings.cl
www.kringschile.cl



En la figura se observan las dos hileras de pila, la ubicación y extensión de los anclajes temporales (gentileza Issa Kort).



Imagen virtual del proyecto definitivo, en el que se destaca la torre principal de 30 pisos.

pudo ratificar el sistema diseñado en una primera etapa, en relación con la longitud de los anclajes, nivel de cargas y deformaciones. Generalmente, este sistema se aplica sólo cuando se requiere una estimación más aproximada a la realidad de las deformaciones», indica Guzmán.

La unión de las pilas interiores con las exteriores presenta un aspecto particular, porque cuando se construye una pila nueva delante se retira el fondo de la ubicada detrás. Para que la pila interior y la exterior cumplan con eficiencia su función de contener el terreno, se unen con un mismo anclaje postensado. De paso, esta solución permite un ahorro de costos, al no recurrir a dos anclajes independientes.

ANCLAJES PODEROSOS

Sólo con las pilas no se podría contener el terreno. Por ello, estas estructuras cumplen realmente su objetivo con la colocación de los anclajes postensados temporales. «Cuando se terminó la construcción de la primera fase de pilas se empieza con la excavación hasta llegar al primer nivel de anclaje. Allí se perforan las pilas, se instalan los anclajes, se inyectan, se tensan, se les aplica la car-

ga prevista en el diseño y finalmente se prueban. Después se continúa con la excavación hasta el próximo nivel de anclaje, donde se repite la faena», acota Guzmán.

Los anclajes se ubican en 5 niveles y destacan por su gran capacidad, porque resisten cargas hasta 180 toneladas. De hecho, considerando que los estándar resisten sólo 110 toneladas de carga, con estos elementos habituales hubiese sido necesario emplear al menos 20% más de anclajes. Así, se optimizan los plazos de ejecución de la excavación y se genera una importante reducción en los costos finales. «En la longitud también influyen los empujes del entorno. En este caso, salvo en el lado norte donde existe un edificio, en el resto del perímetro no existen mayores presiones sobre el terreno», manifiesta Kort.

Todo bien, porque la seguridad del sistema de entibación queda garantizada. Sin embargo, como la pila interior ingresa unos 85 cm dentro del área destinada al proyecto, hubo que hacer algunos ajustes menores al diseño original. «Al perderse superficie útil, hubo que rediseñar la arquitectura de los subterráneos para no perder estacionamientos y mantener los anchos requeridos para las circulaciones», asegura Bernardo Hopp, gerente técnico de Territoria 3000.



Bernardo Hopp,
gerente técnico de Territoria 3000.



Patricio Guardia,
administrador de obra de Echeverría
Izquierdo en Territoria 3000.

A CAVAR

Si los 32 metros de profundidad llaman la atención, los casi 200 mil m³ de excavación pueden desmayar a cualquiera. Y no sólo es un tema de volumen, porque retirar la tierra representa un desafío con mayúsculas. Este trabajo se materializó en dos etapas. La primera se inició en enero del 2005, comprendió 30 mil m³ y fue desarrollada por la constructora Tecsa. Más tarde, continuó la firma Echeverría Izquierdo con un contrato para excavar los 170 mil m³ restantes y construir los últimos 6 subterráneos desde el nivel -9 hasta el -3, con plazo de entrega junio del 2006.

A pesar de las dimensiones, la excavación masiva no encierra grandes secretos. El trabajo comienza en el centro de la obra y a medida que se progresa en la construcción de las pilas, la excavación se extiende hacia el perímetro para colocar los anclajes. «La mayor precaución consiste en no excavar cerca del lugar donde se construyen las pilas, porque la estabilidad de éstas puede correr peligro», afirma Patricio Guardia, administrador de obra de Echeverría Izquierdo en Territoria 3000.

Retirar la tierra es otra cosa. Esta faena sí que presenta complejidades, sólo superables con una adecuada logística, en especial si consideramos que la excavación abarca la totalidad de la superficie del terreno disponible. Entonces, las limitaciones de espacio se resolvieron con una detallada programación de entrada y salida de camiones. Un tema no menor, si se piensa que en el momento peak se utilizaban 140 vehículos diarios. No se entorpeció el tránsito, pero inevitablemente la faena se hizo más lenta de lo previsto.

Pero hay otras particularidades. Al comienzo de la excavación se hizo una rampa para que los camiones ingresaran al pozo a medida que avanzaba el trabajo. El problema es que llegó un punto en que la rampa abarcaba más de la mitad de la superficie a cavar. Hubo que buscar otro método, y así surgió la idea de «importar» una solución minera. Se instaló una cinta transportadora con una tolva en cada extremo, anclada a las pilas del perímetro. A través de ésta se trasladaba la tierra hasta el nivel de calle en donde se cargan los camiones. La solución funcionó a la perfección, algo que no estaba tan claro al principio por falta de experiencia en su puesta en marcha o por costos que salían del presupuesto. El buen resultado permite vislumbrar una multiplicación de esta experiencia. «En Chile los edificios cada vez son más profundos, con importantes superficies bajo cota cero. Entonces, sacar la tierra es todo un problema porque no tenemos maquinarias como los clamshells que se instalan en el nivel de la calle y cuyo implemento (tipo tenaza) excava, se cierra, se eleva a través de un cable y se abre para descargar sobre un camión. Mientras no tengamos disponible esta tecnología, alternativas como la cinta transportadora representan una solución interesante», señala Lagos.



Accura Systems
Architectural Products for a World Market

**20 AÑOS DE EXPERIENCIA EN
MUROS CORTINA**

diseño

ingeniería

fabricación

instalación

servicio

**CONOZCA NUESTRA NUEVA
DIVISIÓN:**



Accura Specialties
Architectural Products for a World Market

Revestimiento y
Habilitación de Interiores

Barandas y Escalas

Muros Cortina Especiales
y Otros

Accesos

Av. Diagonal La Estrella 8548, Pudahuel Sur, Santiago - Chile
Tel: (56 2) 754 1300 • Fax: (56 2) 754 1361

infochile@accurasystems.net
www.accurasystems.net

CONSTRUCCIÓN

El gigantesco edificio está estructurado en base a un núcleo de muros de hormigón armado y pilares en el resto de la planta. El núcleo descansa sobre una losa de fundación de hormigón de 2,2 metros de espesor y de 12 por 14 m en planta. Los pilares se fundan con zapatas aisladas que varían de 1 a 2,4 m de altura, y de 2,5 x 2,5 m a 6,5 x 6,5 m en planta. El hormigonado de la base del núcleo resultó un punto complicado, porque la faena debía hacerse en una sola jornada. Nuevamente la programación jugó un papel clave. Se instalaron dos bombas para impulsar el hormigón, una en la calle Augusto Leguía y otra sobre Isidora Goyenechea. A esto hay que sumar más de 100 camiones betoneros. «La fundación del núcleo central tenía la complejidad de verter 1.000 cubos de hormigón en una sola tanda, para garantizar un hormigón de buena calidad. Con termocuplas controlamos la temperatura del hormigón, porque se necesita mantener una gradiente apropiada, es decir una adecuada diferencia entre la temperatura interior y la exterior. Por ejemplo, si el hormigón precisaba más calor agregábamos más arena. Así nos aseguramos de contar con un hormigón de buen comportamiento, evitando grietas y fisuras», agrega Guardia.

Por otra parte, los muros del subterráneo se diseñaron con espesores especiales para soportar las mayores presiones del terreno. Éstos son de 35 cm de espesor y presentan mallas reforzadas, una realidad que contrasta con proyectos estándar que cuentan con muros de 25 a 30 cm en el subsuelo.

Un dato más. En los subterráneos se emplean losas postensadas con el objetivo de reducir su espesor, el que finalmente alcanza los 30 centímetros (incluidos los capiteles en torno a los pilares). Con esta tecnología se logran mayores alturas por plantas, dejando espacio para las instalaciones de servicios. Y lo más importante, hay sustanciales ahorros. «Si hubiésemos utilizado las losas tradicionales tendríamos paquetes estructurales de 60 cm de espesor, y con eso necesitaríamos mayor profundidad para alcanzar los 9 subterráneos, aumentando considerablemente los costos», indica Lagos.

MENOS RUIDO

Territoria 3000 constituye una obra imponente y como tal, no resulta indiferente para nadie. «Es preocupación permanente de Territoria minimizar el impacto de la obra para con el entorno», señala Hopp. Entonces, veamos algunos aspectos relevantes como el tránsito y aislamiento acústico.

Ya se mencionó la programación de la obra en relación con la entrada y salida de camiones, para disminuir el impacto en la circulación de vehículos en una zona de alto flujo. Y con el mismo objetivo, la comunicación con el exterior se concentró por Isidora Goyenechea, liberando las calles laterales. Un dato importante, en

el futuro tampoco se esperan congestiones porque el proyecto incluye una calle interna que facilitará el acceso al edificio.

Para que el entorno no sufriera impactos por contaminación de polvo, durante la excavación se regaba la tierra y se lavaban permanentemente los neumáticos de los camiones para evitar que ensuciaran los sectores aledaños. Para preservar la estética, en las veredas laterales se plantó césped y se realizan mantenimientos periódicos del cerco de obra.

¿El ruido? Se están realizando todos los esfuerzos para minimizar sus efectos. «Es una de las áreas en que más hemos invertido. Tenemos una empresa acústica que nos envía informes mensuales con los niveles de ruido. Estos informes se envían a la municipalidad y al SESMA, con quienes estamos en permanente coordinación por este tema. Sin embargo, existen falencias en la normativa ya que sólo con el sonido ambiente se supera lo establecido en las regulaciones», sostiene Guardia.

El profesional destaca entre las medidas de atenuación el armado de campanas para aislar el ruido de motores de generadores de electricidad y bombas de hormigón, y para reducir los efectos de faenas ruidosas como las demoliciones y cortes de fierros. Además, en el perímetro de la obra se instalaron paneles de OSB con lana mineral al interior con la finalidad de disminuir los ruidos a nivel calle.

El proyecto también presenta un sinnúmero de aspectos sumamente interesantes en sus 30 pisos ubicados sobre la cota cero. Pero eso es otra historia, otro artículo. **B**

EN SÍNTESIS

El edificio Territoria 3000 resulta un proyecto mixto compuesto por departamentos, oficinas, locales comerciales, hotel, y otros espacios distribuidos en 85.000 m² de superficie y con una inversión aproximada de US\$ 100 millones.

La obra se constituye en la de mayor profundidad del país con 9 subsuelos y 32 m de profundidad. Dispone de un sistema de entibación de pilas de socializado de hormigón de 0,85 m de ancho por 1,0 m de largo, distanciadas a eje a 3,0 m aproximadamente.

Al tratarse de la obra más profunda de Santiago la logística para retirar la tierra (200 mil m³) resultó fundamental. De hecho, se utilizó una cinta transportadora para hacer más eficiente esta faena.

➔ www.territoria.cl



PILOTES TERRATEST

Representantes exclusivos de:

ISCHEBECK
TITAN



Anclajes Edificio Territoria 3000



Pilotes y Anclajes Edificio Parque Araucano



Pilotes y Anclajes Edificio Mistral Las Condes

Líder en fundaciones especiales



Anclaje Edificio Territoria 3000

Pilotes excavados
Anclajes postensados

Muros Pantalla

Micropilotes

Soil Nailing

Sondajes

Muro Berlinés

Columnas de grava

Mechas Drenantes

Inyecciones

Instrumentación geotécnica

Ensayos de Carga

Asesoría Técnica

www.terratest.cl

ALONSO DE CORDOVA 5151 OF. 1401 / LAS CONDES / FONDO: 4372900 / FAX: 2127235