

Introducción a la Ingeniería Geotécnica

(y anticipo de lo que vamos a estudiar en Mecánica de Suelos y Geología)

Alejo O. Sfriso: asfriso@fi.uba.ar



Índice



- **Los suelos y las rocas**
- La ingeniería geotécnica
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- Ejemplo: túneles para subterráneos
 - Principio de funcionamiento
 - Procedimientos constructivos
 - Grandes cavernas en Buenos Aires

Los suelos y las rocas



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20886069>

Los suelos son – para los ingenieros – conjuntos de partículas, aire y agua con escasa resistencia mecánica, producidos por desintegración de rocas

Un terrón (de suelo) ensucia



Las rocas son – para los ingenieros – materiales geológicos consolidados con importante resistencia mecánica

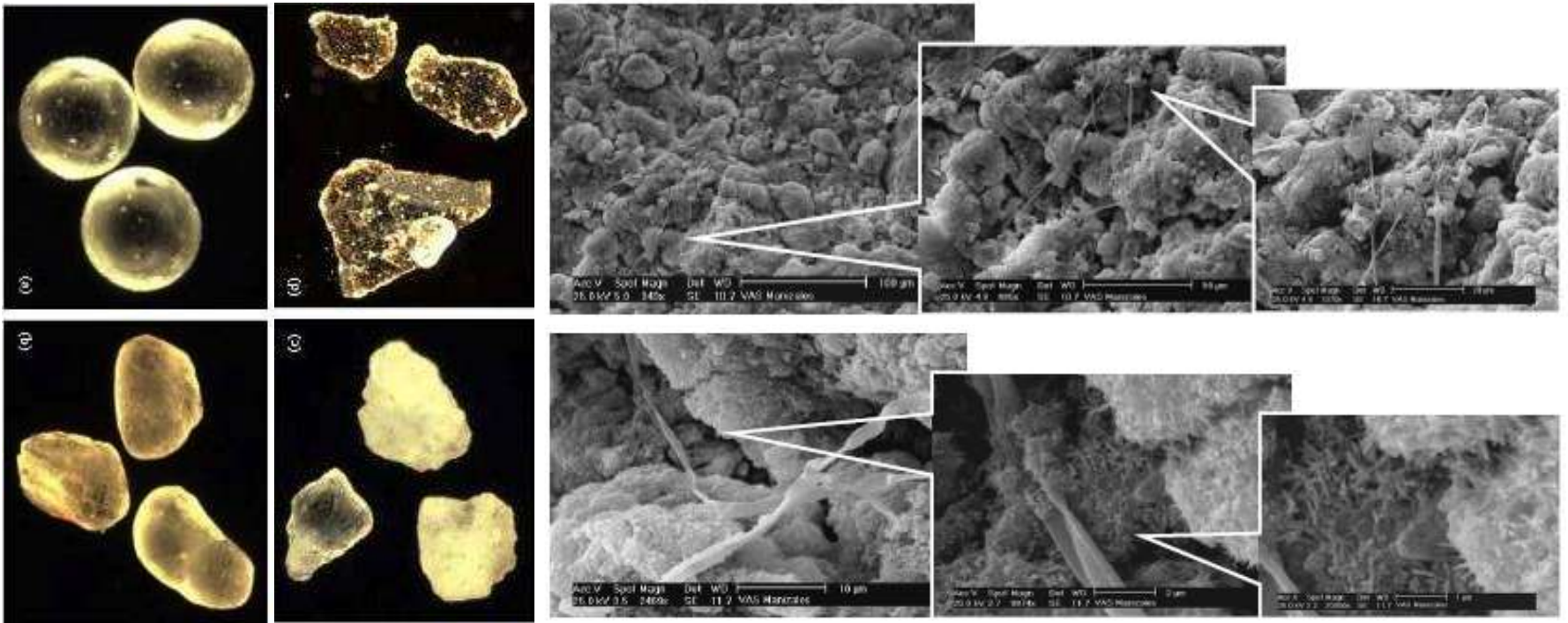
Una piedra (de roca) lastima



http://sierradezarzuela.blogspot.com.ar/p/el-granito_7.html



Suelos: **grava, arena, limo, arcilla**



Rocas y macizos rocosos





¿Qué se estudia?

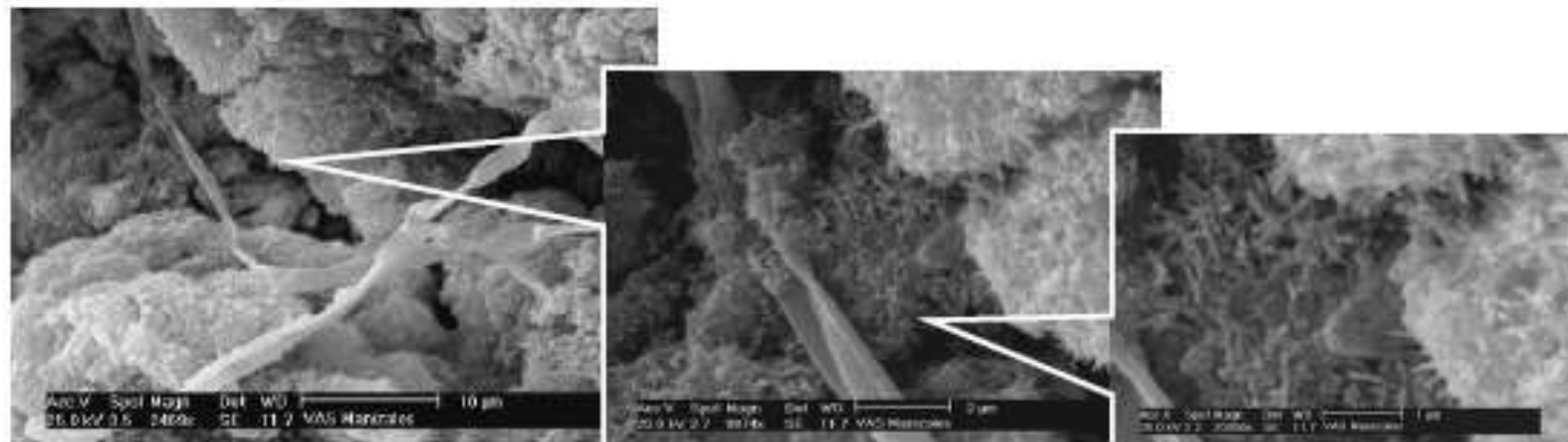
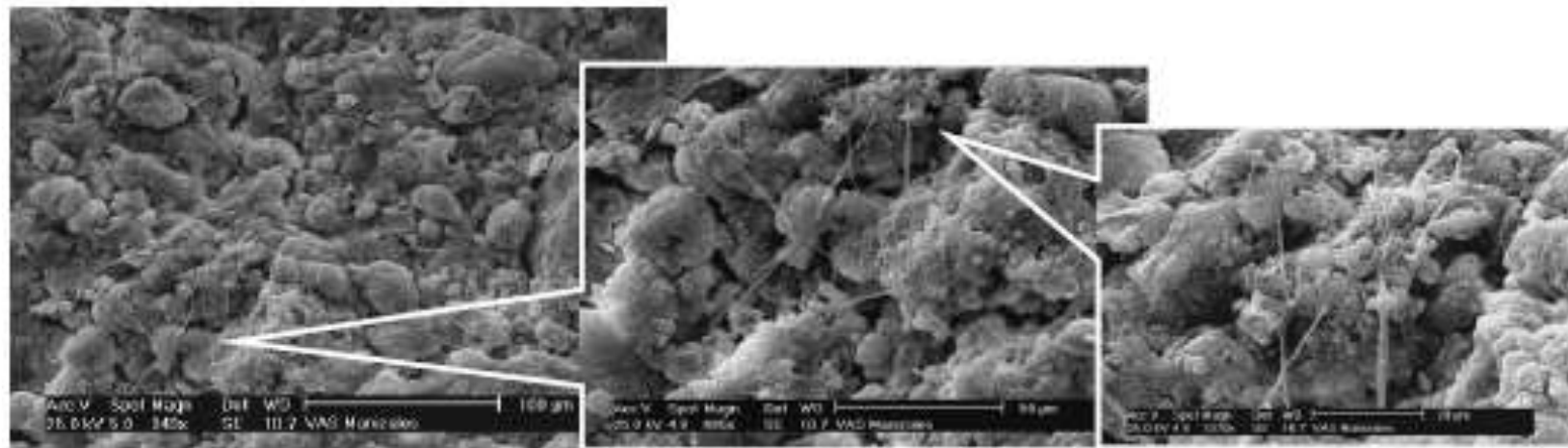
- **Ciencia:** propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas
- **Tecnología:** consecuencias prácticas para el **diseño**

Ejemplo: ensayo de laboratorio de un suelo expansivo
(un tipo de arcilla muy particular)





Suelo expansivo: explicación teórica



100 μm, 50 μm, 20 μm, 10 μm, 2 μm, 1 μm

Suelo expansivo: consecuencias prácticas



Si el suelo es expansivo,
**cuando se humedece,
se hincha**
(regamos las plantas)



La presión de hinchamiento
es mucho mayor que el
peso de la vivienda

El **hinchamiento** del suelo
produce daños a la
construcción



Índice



- Los suelos y las rocas
- **La ingeniería geotécnica**
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- Ejemplo: túneles para subterráneos
 - Principio de funcionamiento
 - Procedimientos constructivos
 - Grandes cavernas en Buenos Aires

La ingeniería geotécnica



Rama de ingeniería civil que estudia las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales provenientes de la Tierra

Los ingenieros geotécnicos investigan el suelo y las rocas para determinar sus propiedades y diseñar

- Cimentaciones...
- Estabilizar taludes
- Construir túneles y carreteras...



Problemas de la ingeniería geotécnica

Son los problemas en los cuales el terreno es una:

- **Carga**, como en los muros y sótanos
- **Apoyo**, como en las fundaciones
- **Estructura**, como en los túneles y presas

Ejercicio: busquen imágenes de

- Muros de contención
- Zapatas aisladas
- Pilotes

Carga



Apoyo



Estructura

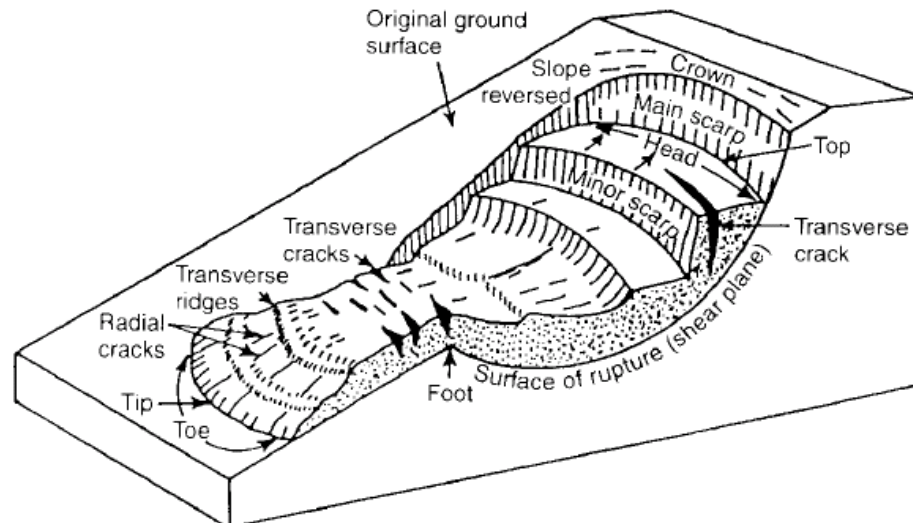


Estabilidad de taludes naturales



La acción de la gravedad sobre el terreno inclinado produce fuerzas internas (“tensiones”)

- Si las tensiones superan la resistencia del terreno: falla el talud



Estabilidad de taludes artificiales



En un corte hecho por el hombre

- Las geometrías son más agresivas que las naturales
- El terreno necesita estructuras de refuerzo para sostenerse
- Nosotros diseñamos esos refuerzos
- Si los refuerzos no son los adecuados...

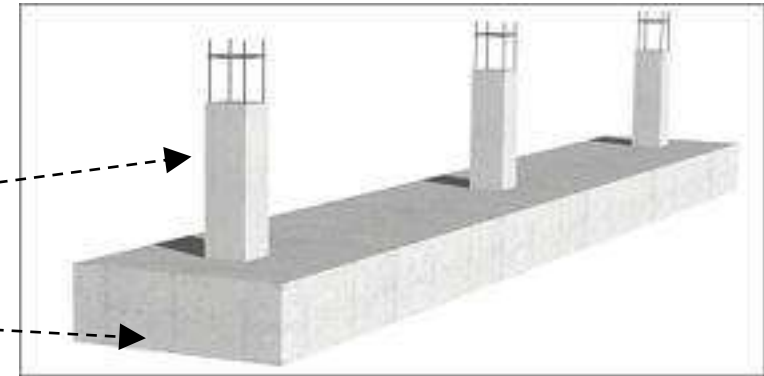


Fundaciones



Las **fundaciones** son los **apoyos** de las construcciones sobre el terreno

- Estructura: área pequeña
- Terreno: área mayor





Pilotes

Los pilotes son “columnas” de hormigón que transfieren la carga a suelos profundos más resistentes



Falla de fundaciones

El edificio (de atrás) y el silo se construyeron **lentamente sin inconvenientes**

El silo **se cargó** con grano **rápidamente y falló**

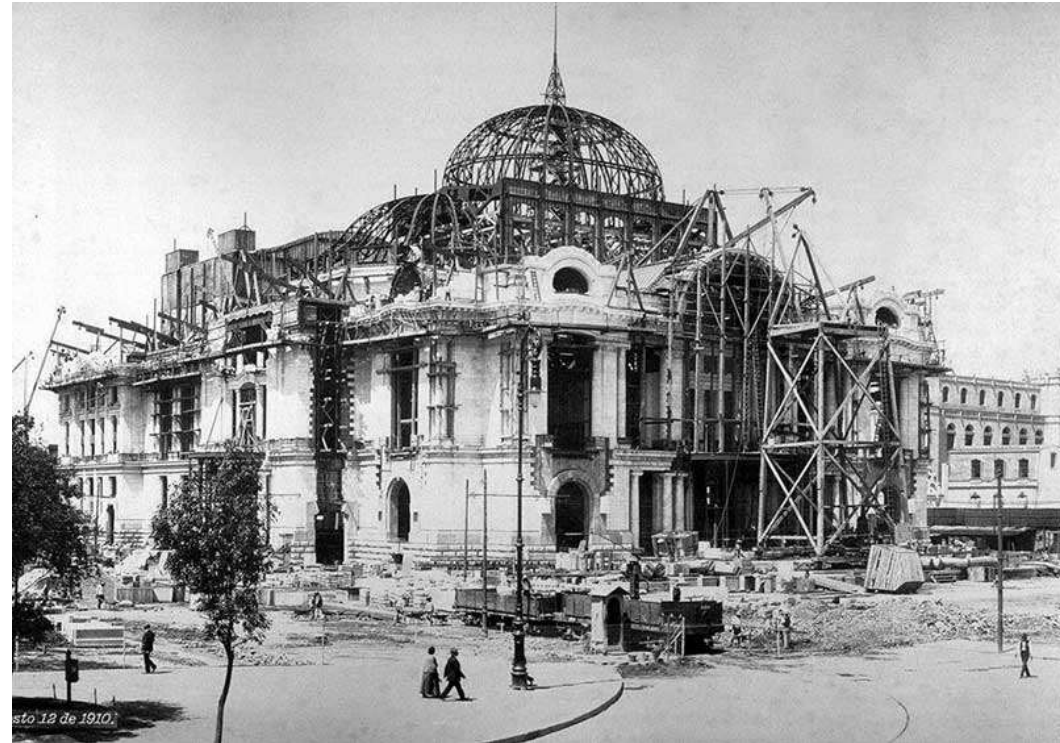
El terreno no resistió la carga porque fue rápida, **no hubo tiempo para que el agua escapara de los poros**



Asentamiento de edificios

Cuando comenzó la construcción del Palacio de Bellas Artes de México DF, el edificio estaba seis escalones encima de la calle. Solo en 1909: 27cm de asentamiento diferencial entre esquinas.

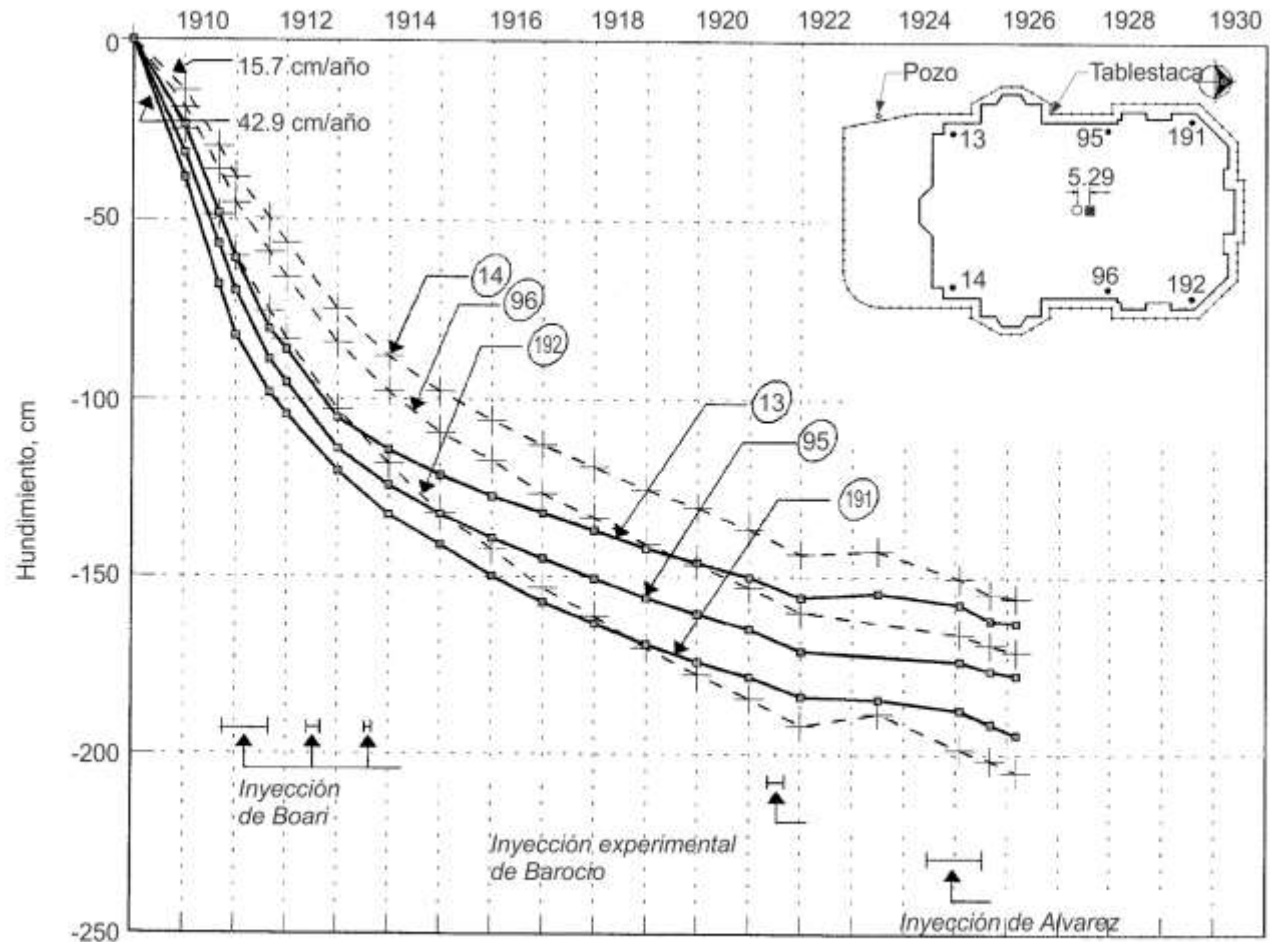
Los seis escalones que subían al edificio, ahora bajan





Asentamiento de edificios

El Palacio de las Bellas Artes de DF



SIMBOLOGIA

- Centro de gravedad de la plataforma ?
- Centro de gravedad del edificio ?

Nota: Los números pares corresponden a columnas del lado oriente, los noes a las ponientes

Presas, diques, terraplenes y escolleras



- **Presa:** Intercepta el curso de agua
- **Dique:** Paralelo al flujo de agua
- **Terraplenes|escolleras:** camino sobreelevado en tierra|agua



Rajos y escombreras



Índice



- Los suelos y las rocas
- La ingeniería geotécnica
- **Ejemplo: excavación a cielo abierto**
- Ejemplo: túneles para subterráneos
 - Principio de funcionamiento
 - Procedimientos constructivos
 - Grandes cavernas en Buenos Aires

Excavaciones a cielo abierto



Excavar: Quitar de una cosa sólida parte de su masa, haciendo hoyo o cavidad en ella (DRAE)

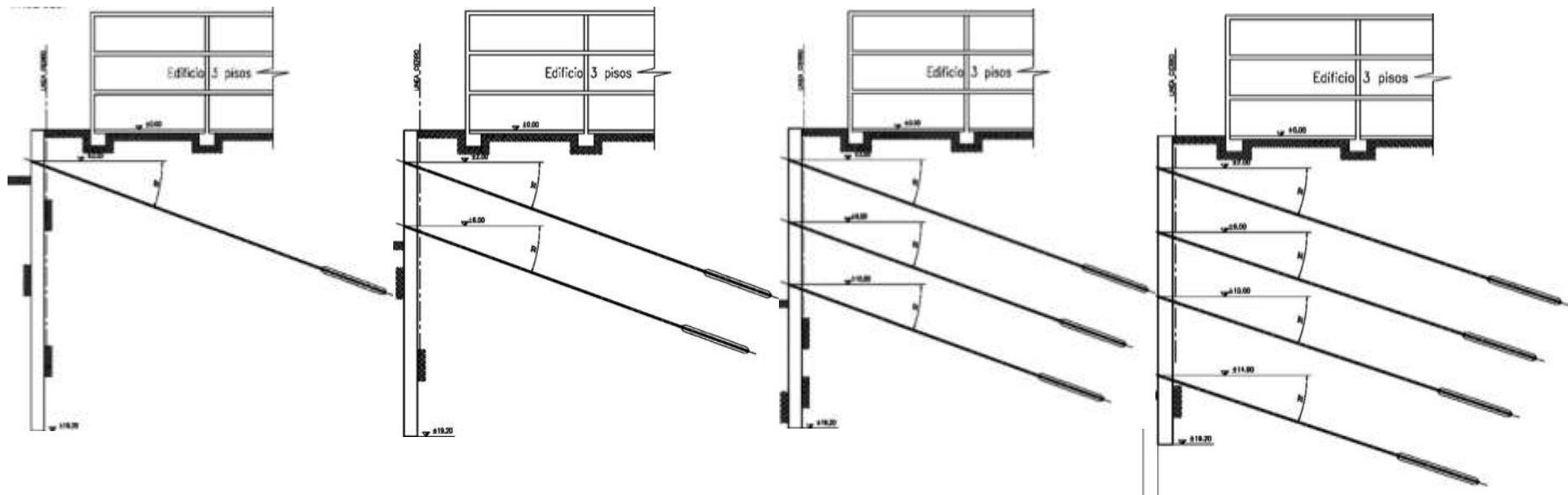
El problema de las excavaciones es garantizar la estabilidad del sólido que no quitamos (el terreno circundante)



Secuencia de construcción



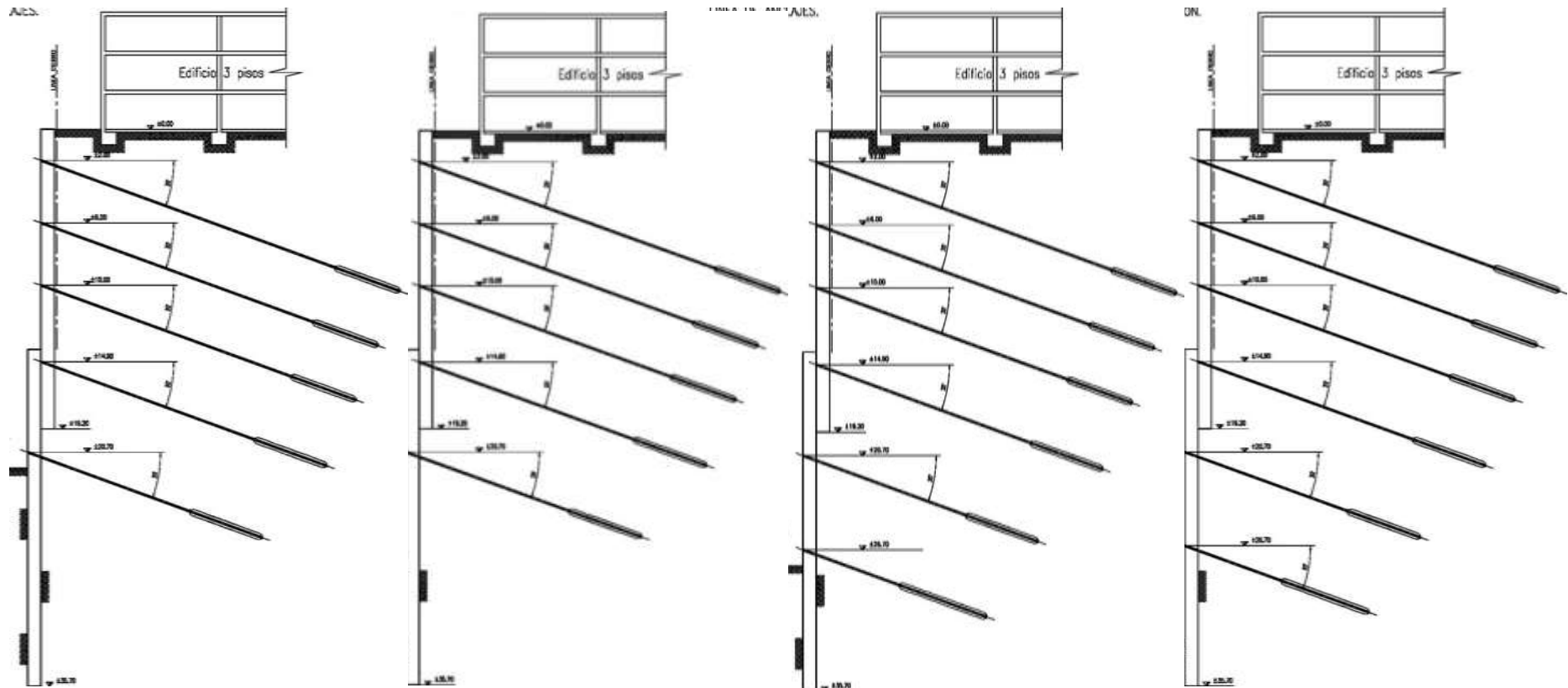
- Desde superficie: pilas de 18m de profundidad
- 4 etapas de excavación y colocación de anclajes



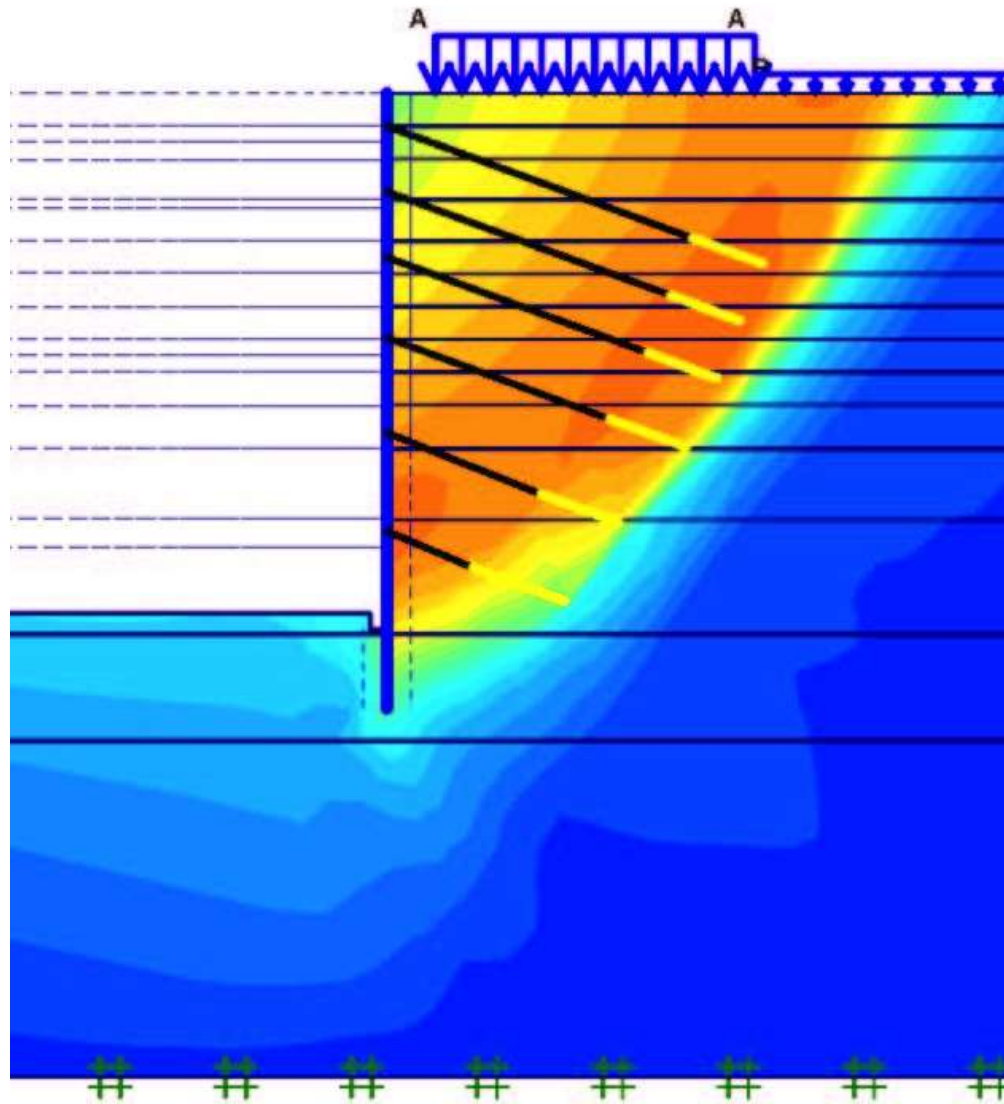
Secuencia de construcción



- Segunda pila de 18m de profundidad dde 12m
- 3 etapas de excavación y colocación de anclajes



¿Qué puede salir mal?



Nota: El modelo y el video son de obras diferentes



Índice



- Los suelos y las rocas
- La ingeniería geotécnica
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- **Ejemplo: túneles para subterráneos**
 - Principio de funcionamiento
 - Procedimientos constructivos
 - Grandes cavernas en Buenos Aires



Elementos de un túnel

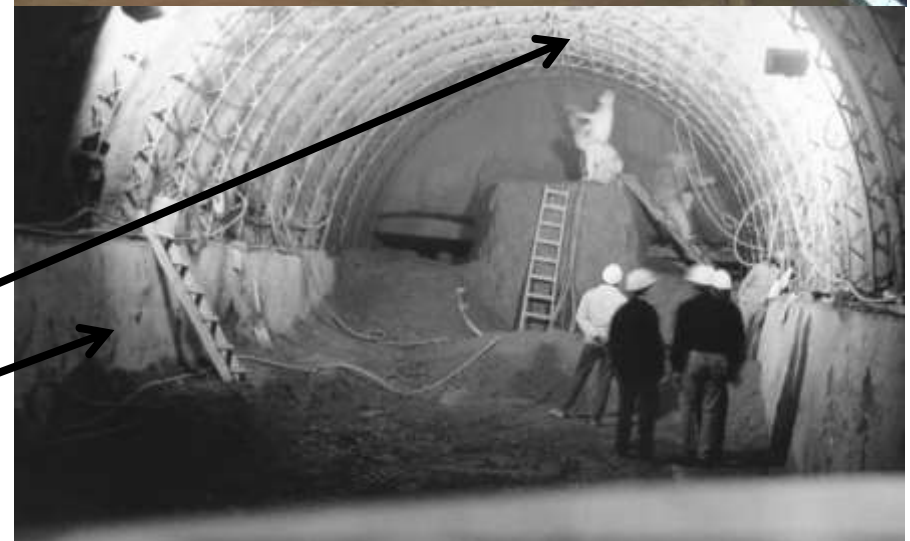
Los elementos de un túnel son

- Bóveda
- Hastiales
- Solera



Puede construirse en una o dos etapas

- Sostenimiento primario
- Revestimiento definitivo



Principio de funcionamiento de un túnel



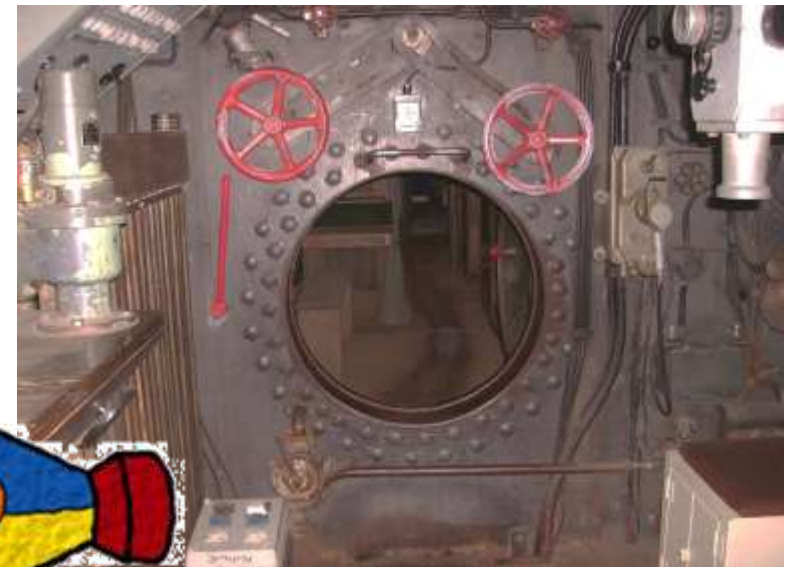
Un túnel es un orificio en un sólido tridimensional: el terreno

El sostenimiento es sólo un “refuerzo de borde” del orificio



Principio de funcionamiento (y de diseño)

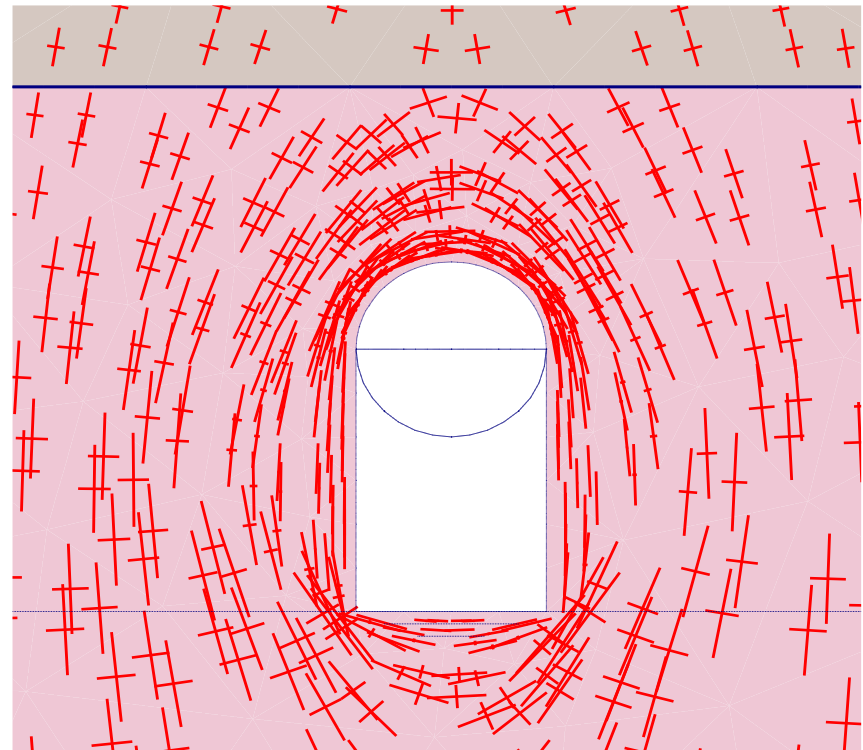
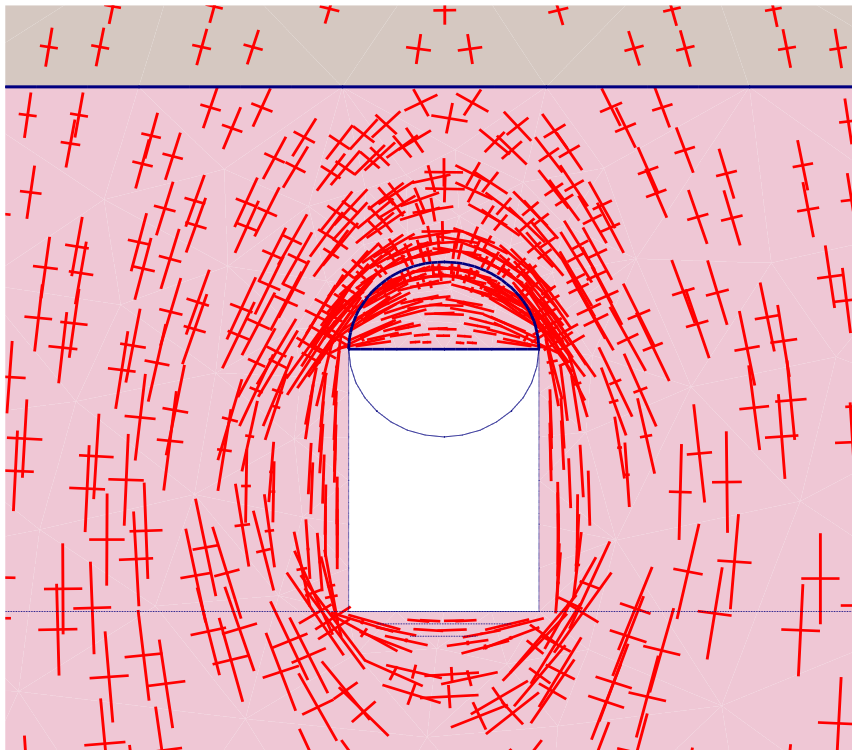
- **El terreno se sostiene a si mismo**
- El sostenimiento refuerza el borde del orificio





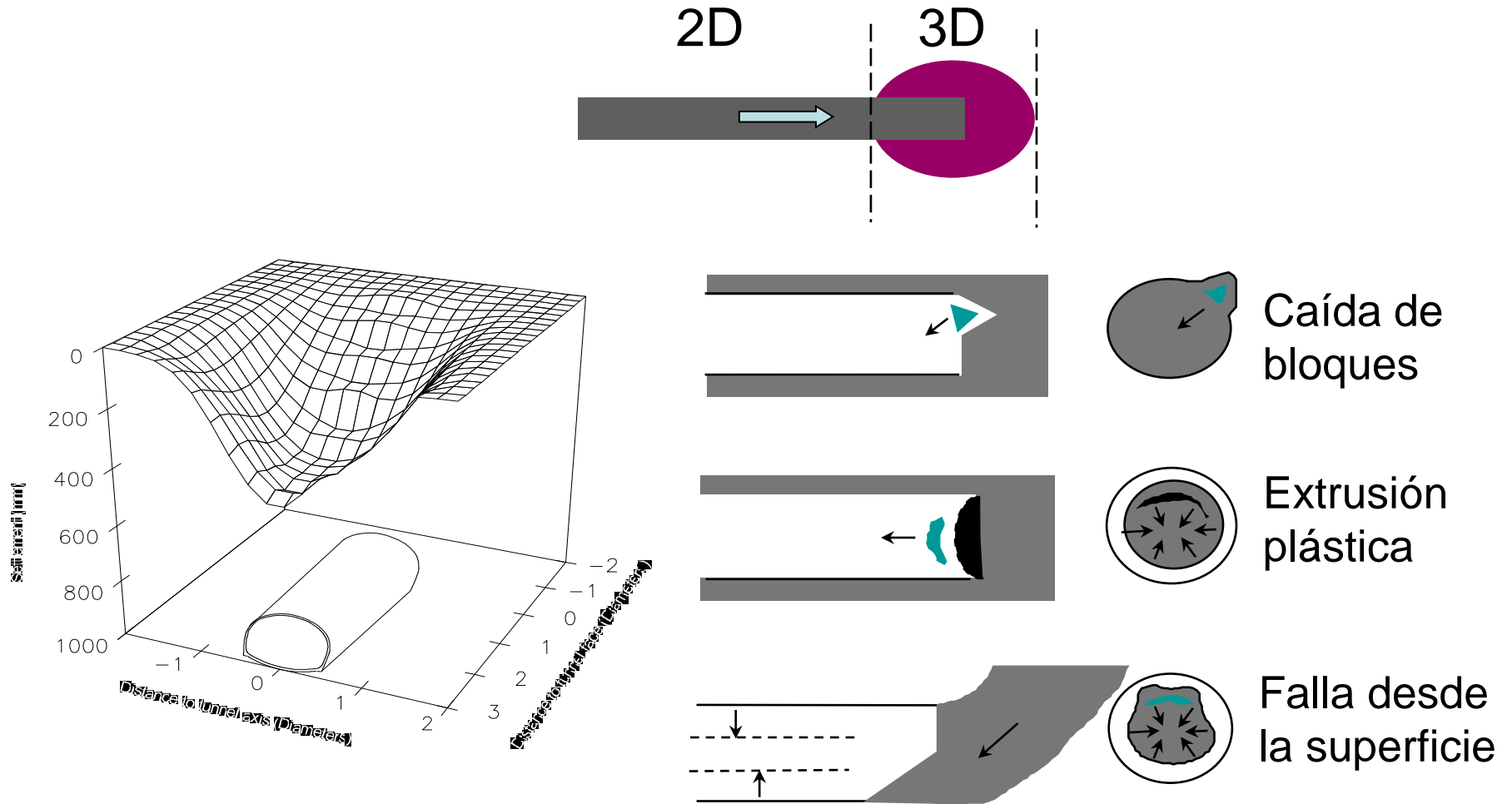
Principio de funcionamiento de un túnel

Diseñar es elegir una forma estructural que ayude al terreno a sostenerse a sí mismo



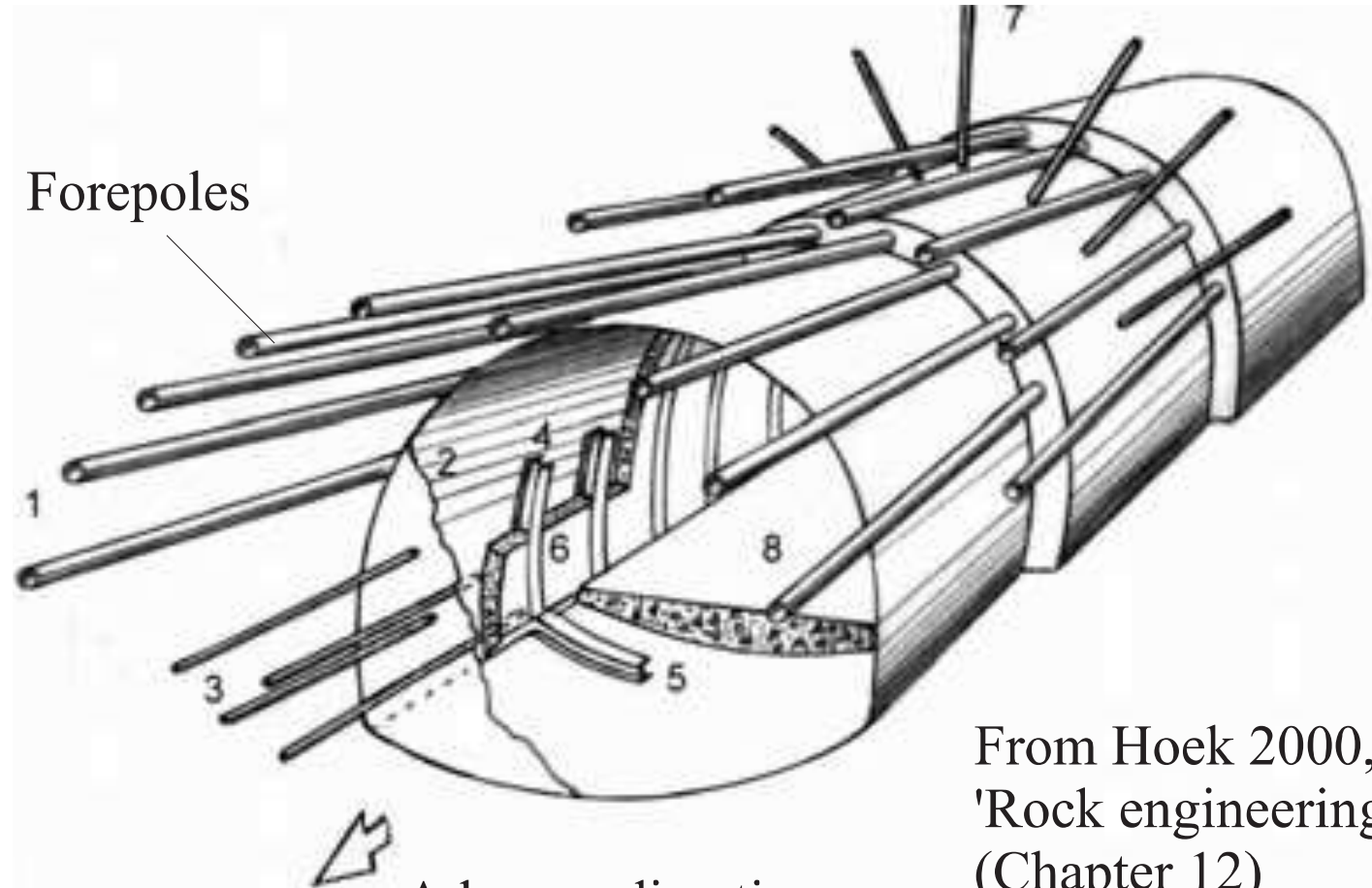


El efecto frente





Elementos que se instalan en el frente (si es necesario)



From Hoek 2000,
'Rock engineering'
(Chapter 12)
www.rocscience.com

Índice



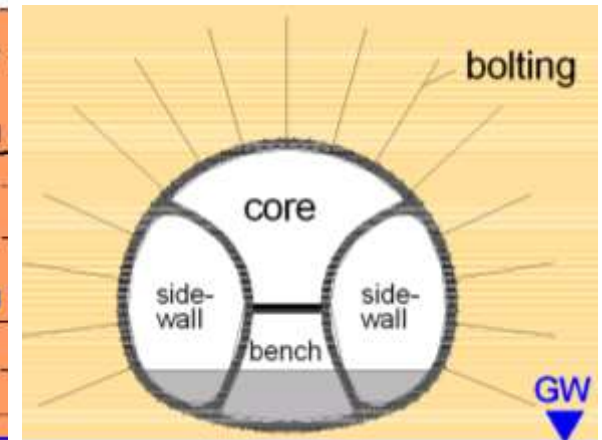
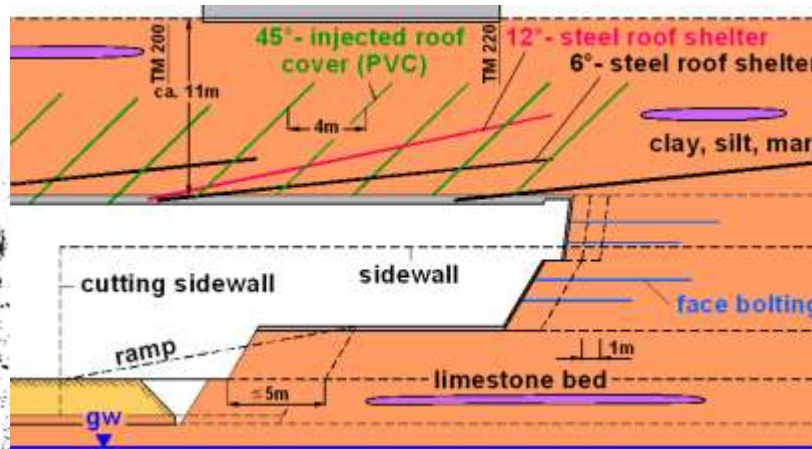
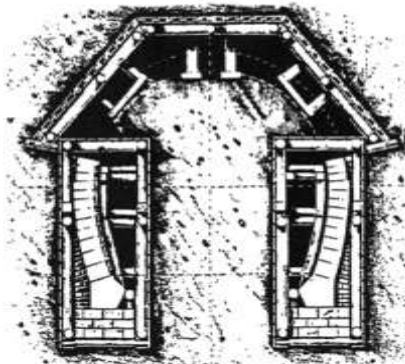
- Los suelos y las rocas
- La ingeniería geotécnica
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- **Ejemplo: túneles para subterráneos**
 - Principio de funcionamiento
 - **Procedimientos constructivos**
 - Grandes cavernas en Buenos Aires



Procedimientos constructivos: ¿Tenemos muchas opciones?

Nuevo túnel paralelo al Old Mainz tunnel (1884)

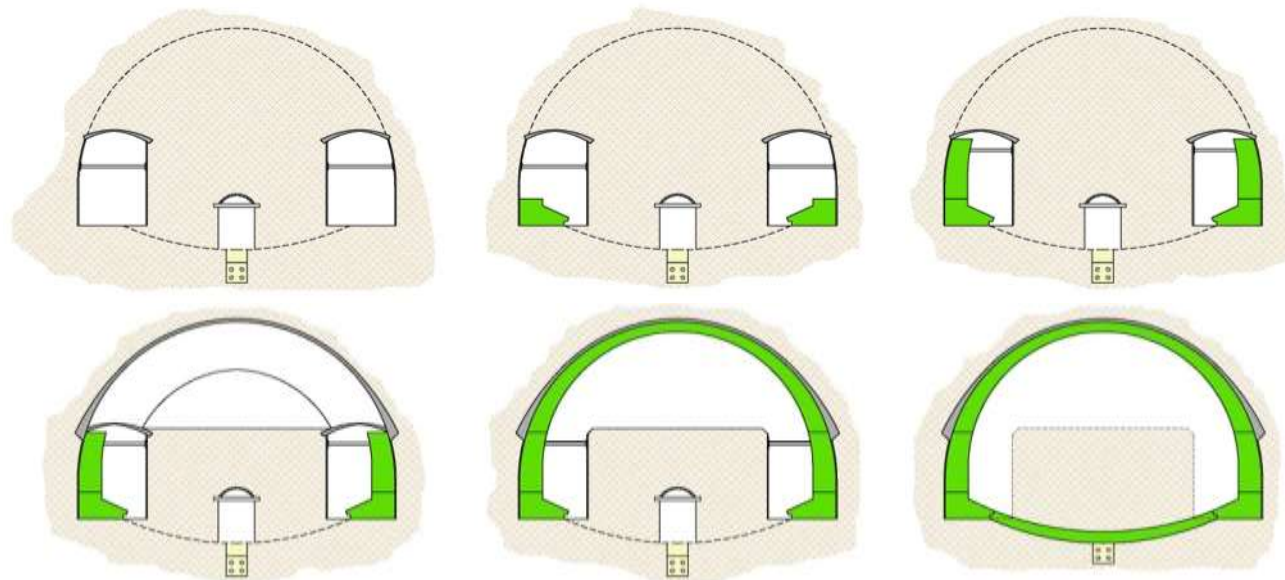
- Viejo túnel: Método Alemán: asentamientos > 10cm
- Nuevo túnel: NATM: Shotcrete, pernos, inyecciones, paraguas, *side drift*: Asentamientos < 1.5 cm



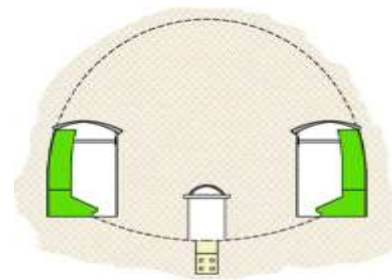


Método alemán

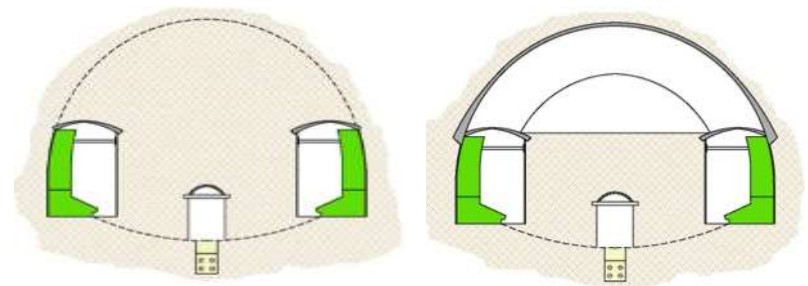
1. Hastiales con hormigón moldeado
2. Bóveda primaria con hormigón proyectado
3. Bóveda secundaria con hormigón moldeado
4. Solera con hormigón moldeado



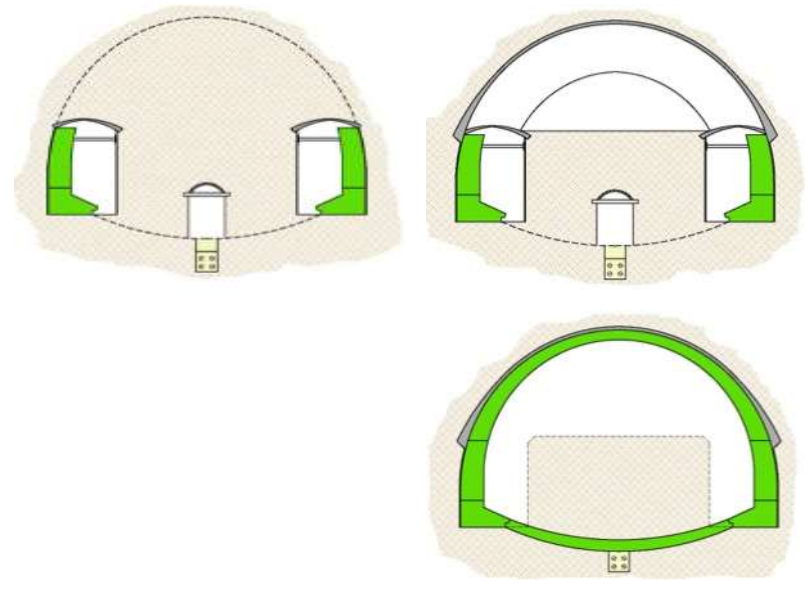
Método alemán



Método alemán



Método alemán





Método belga

1. Bóveda primaria con hormigón proyectado
2. Bóveda secundaria moldeada
3. Hastiales moldeados por troneras
4. Solera moldeada



Método belga



Método belga



Método belga



Método belga



Método belga



Método belga



Método belga



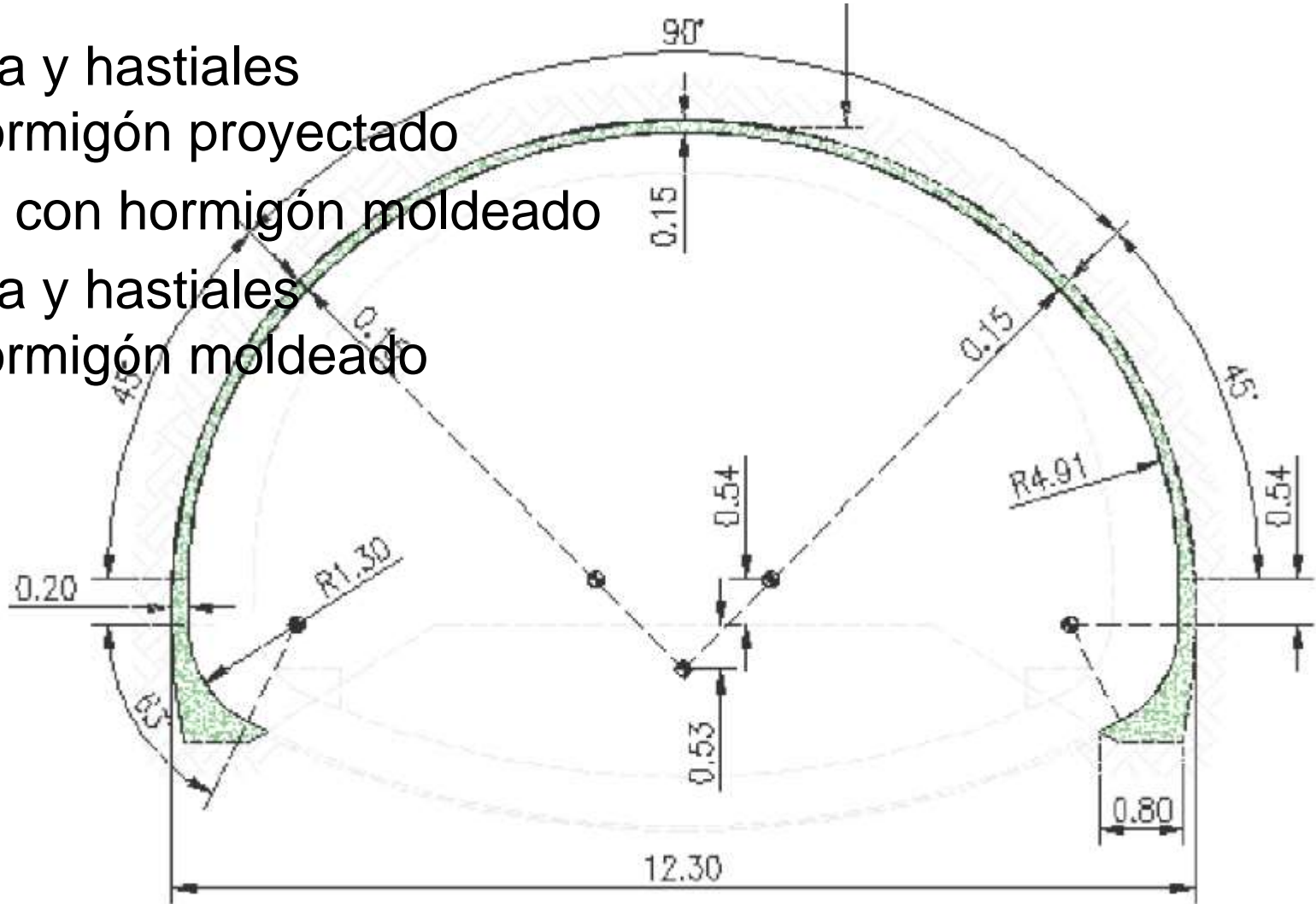
Método belga





Método de frente completo

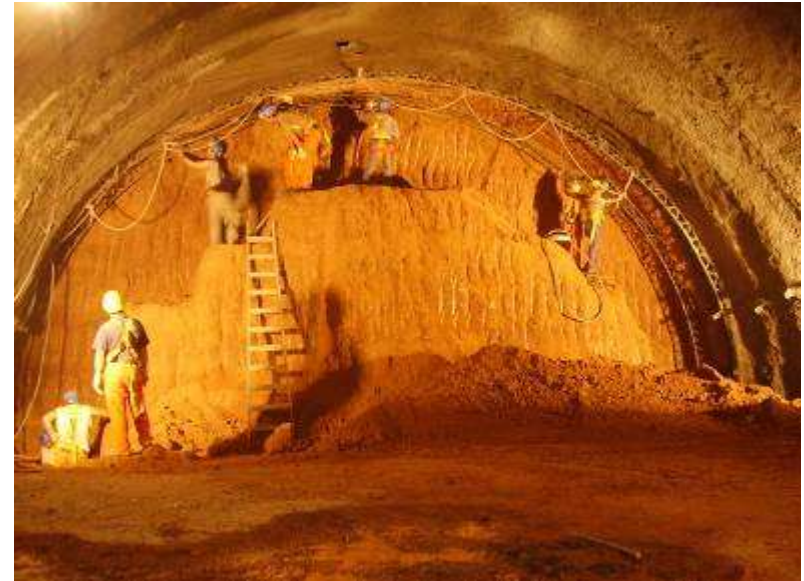
1. Bóveda y hastiales con hormigón proyectado
2. Solera con hormigón moldeado
3. Bóveda y hastiales con hormigón moldeado



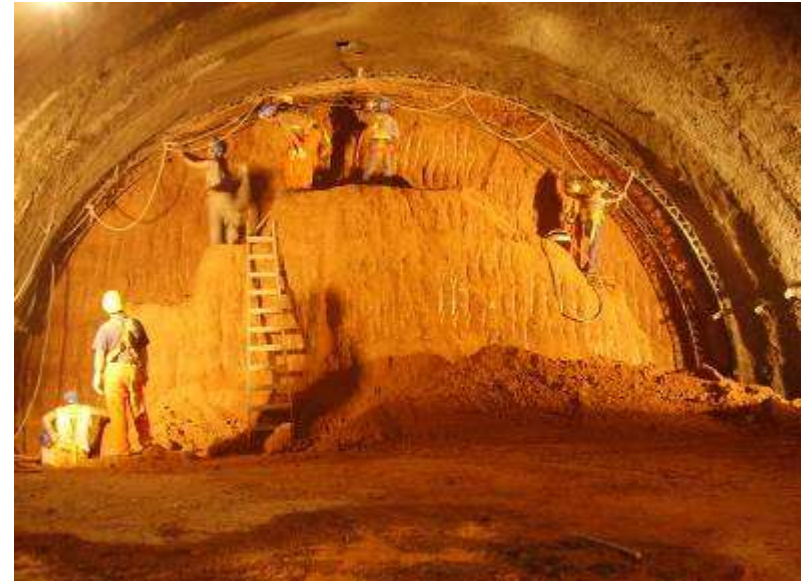
Método de frente completo



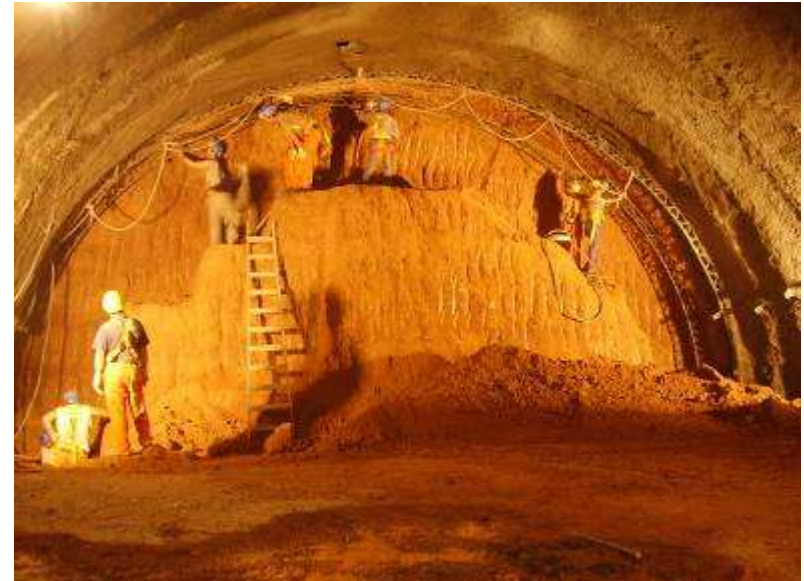
Método de frente completo



Método de frente completo



Método de frente completo



Método de frente completo



Método de frente completo



Método de frente completo



Método de frente completo



Índice

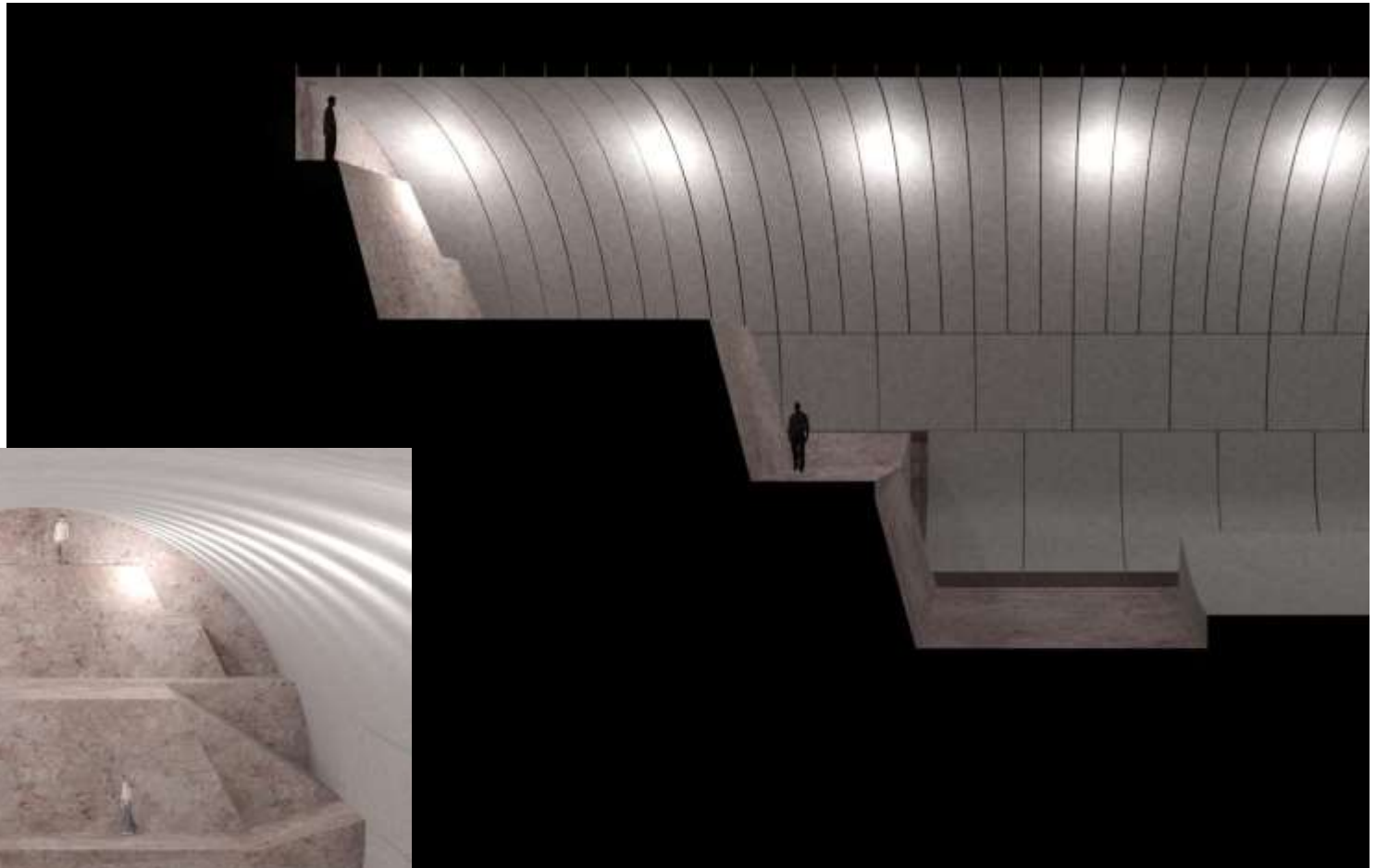


- Los suelos y las rocas
- La ingeniería geotécnica
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- **Ejemplo: túneles para subterráneos**
 - Principio de funcionamiento
 - Procedimientos constructivos
 - **Grandes cavernas en Buenos Aires**

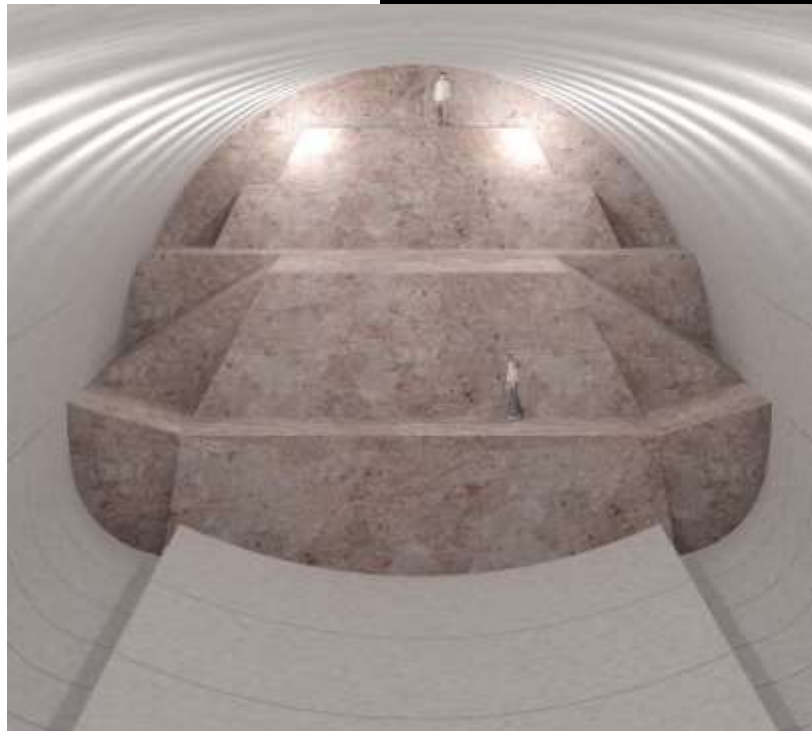
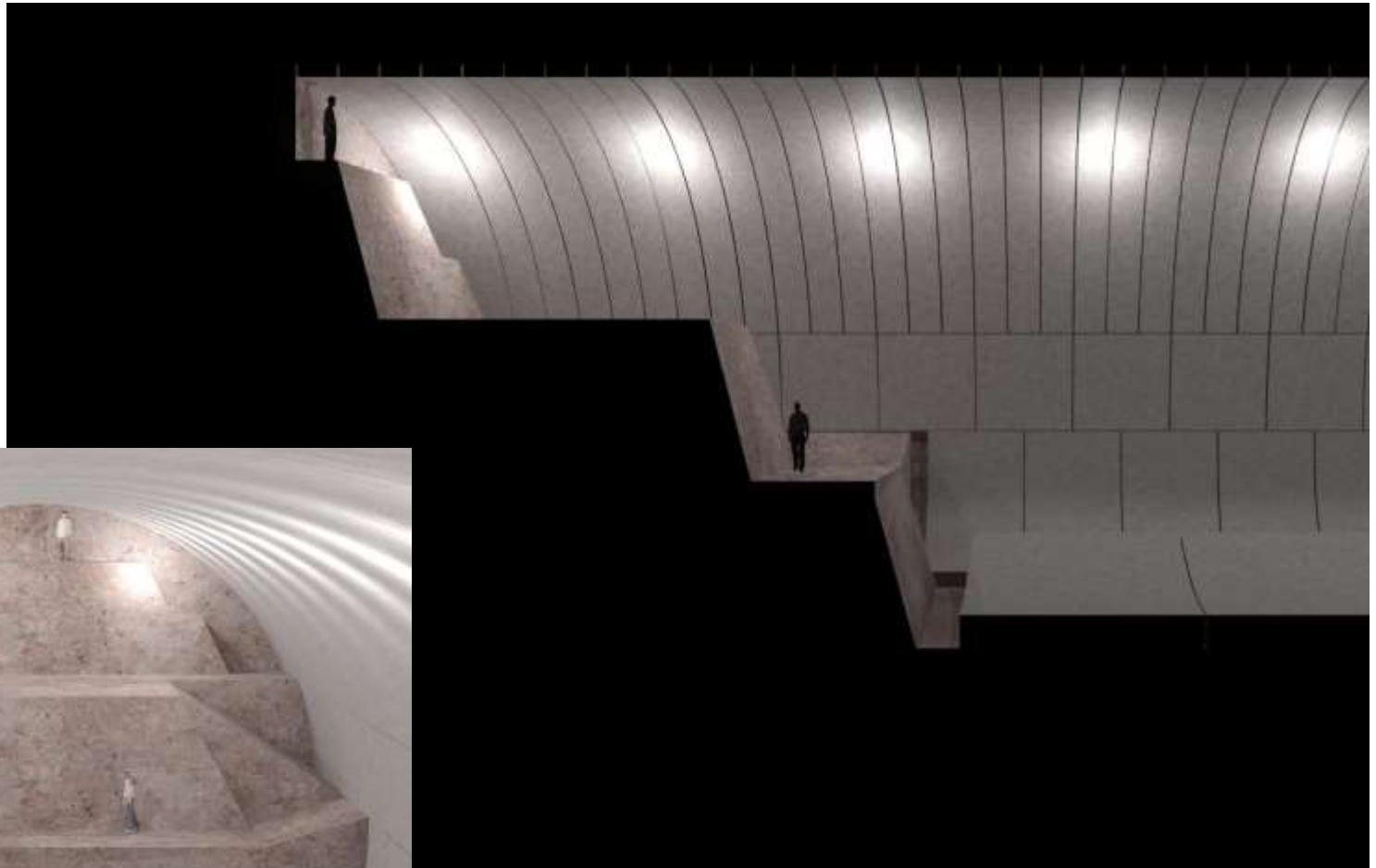
La Estación Corrientes



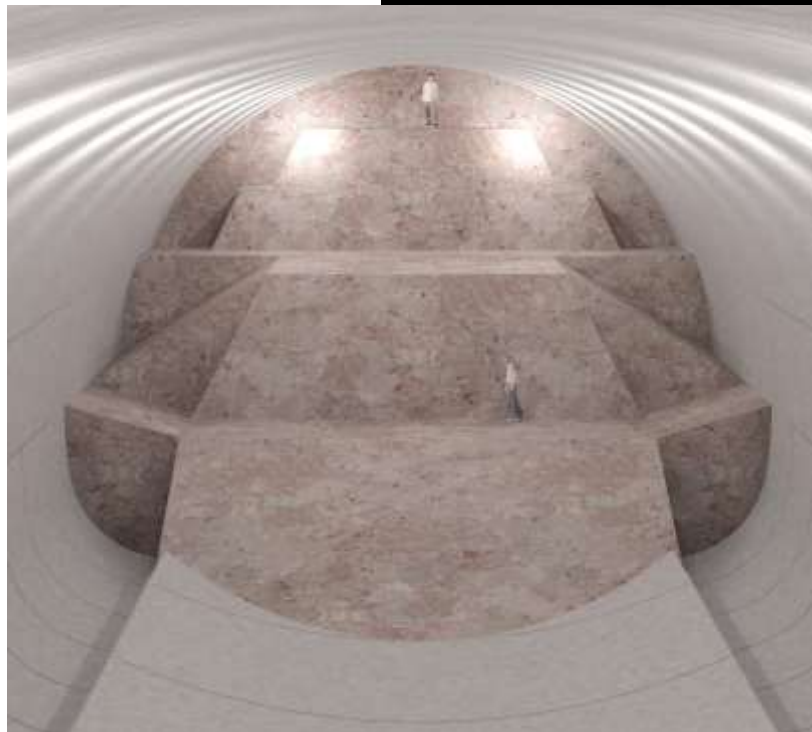
Un procedimiento constructivo



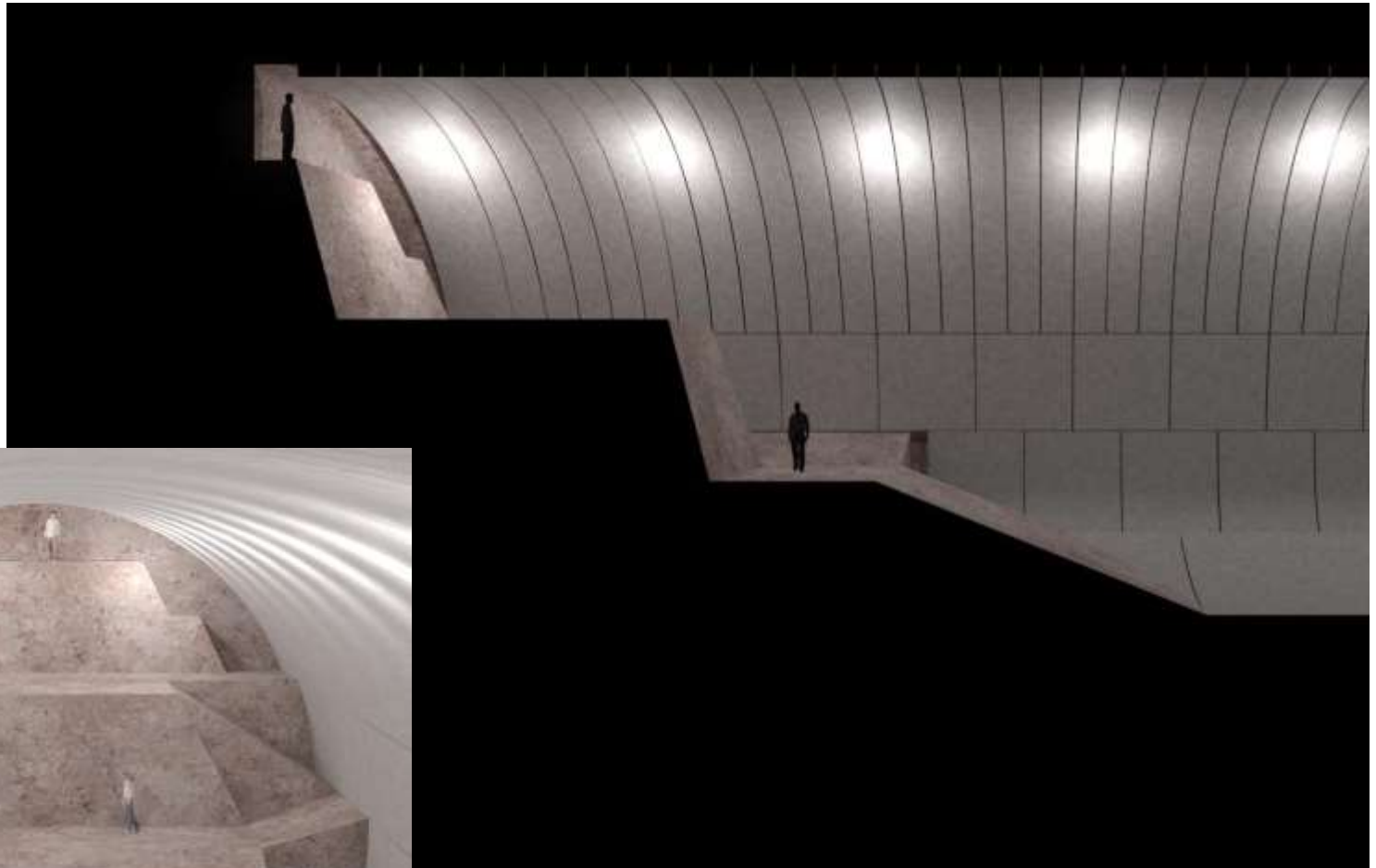
Un procedimiento constructivo



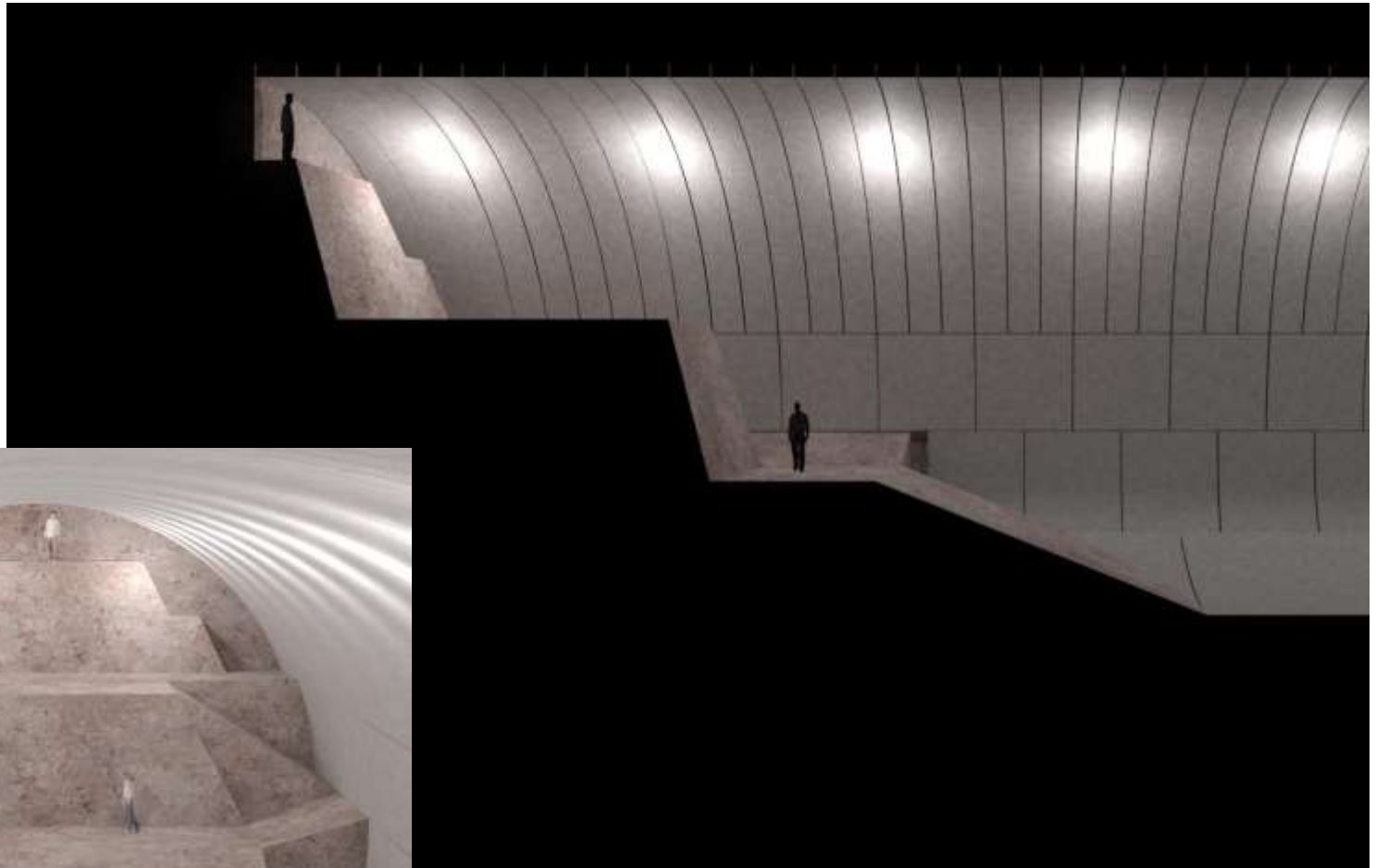
Un procedimiento constructivo



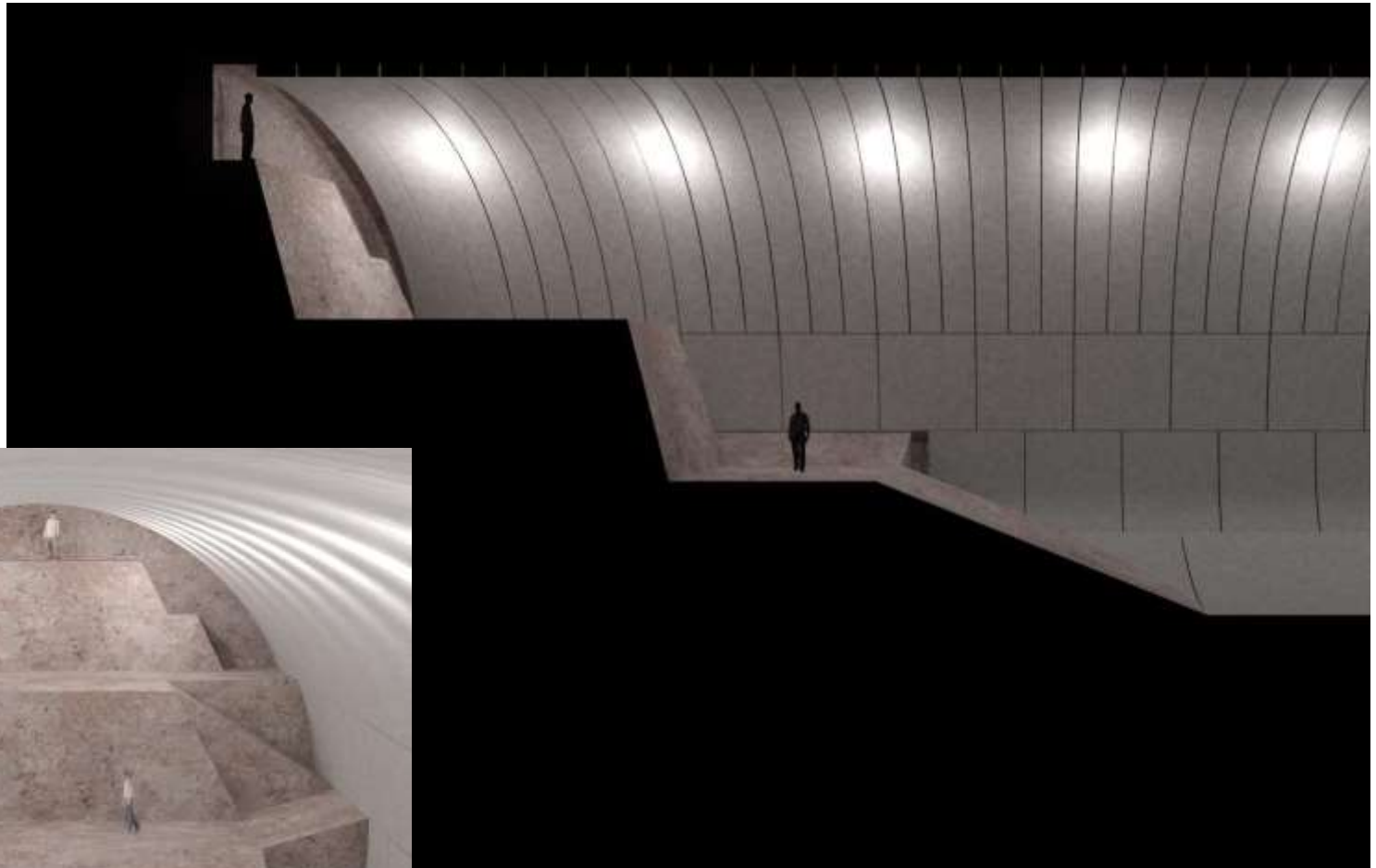
Un procedimiento constructivo



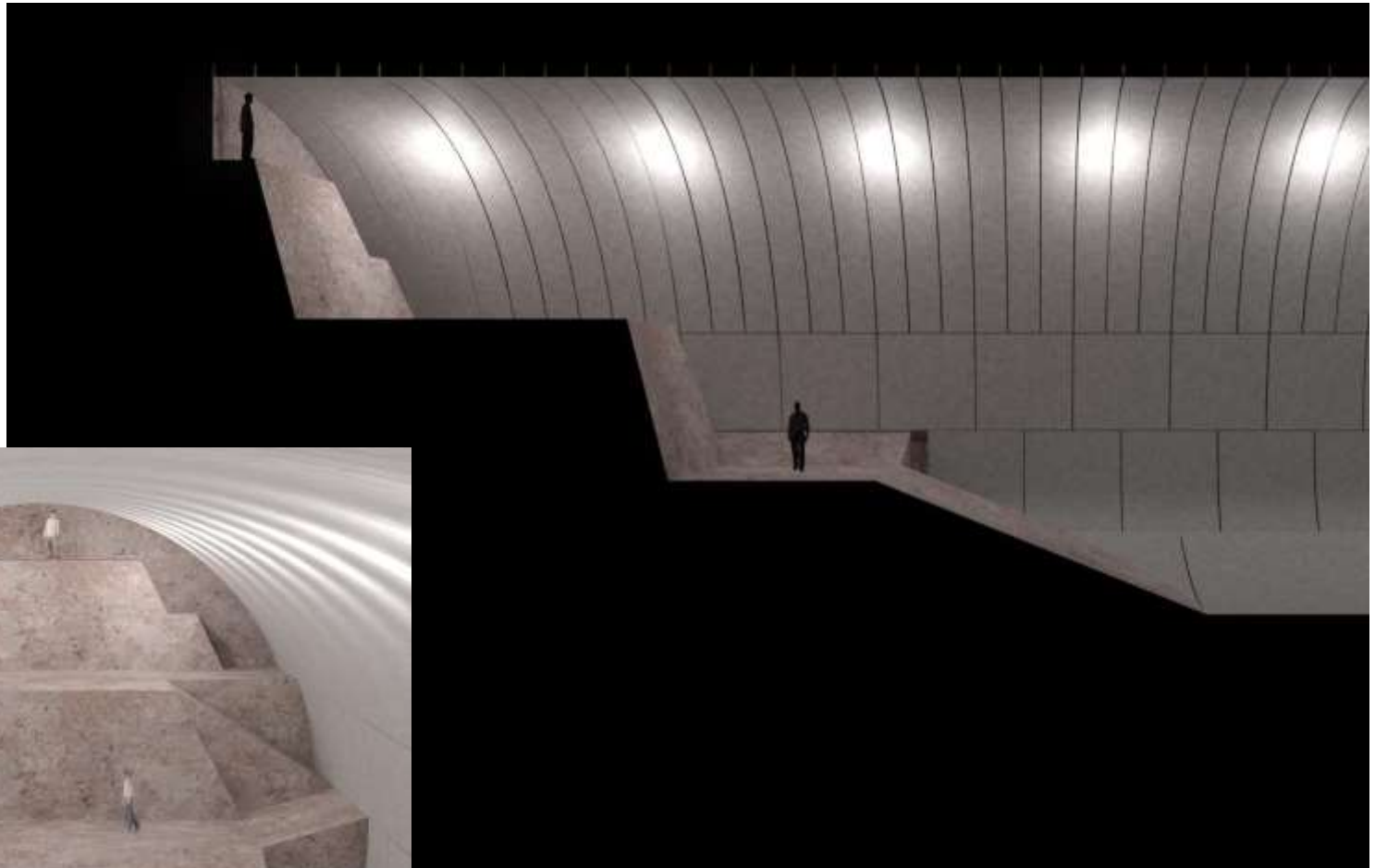
Un procedimiento constructivo



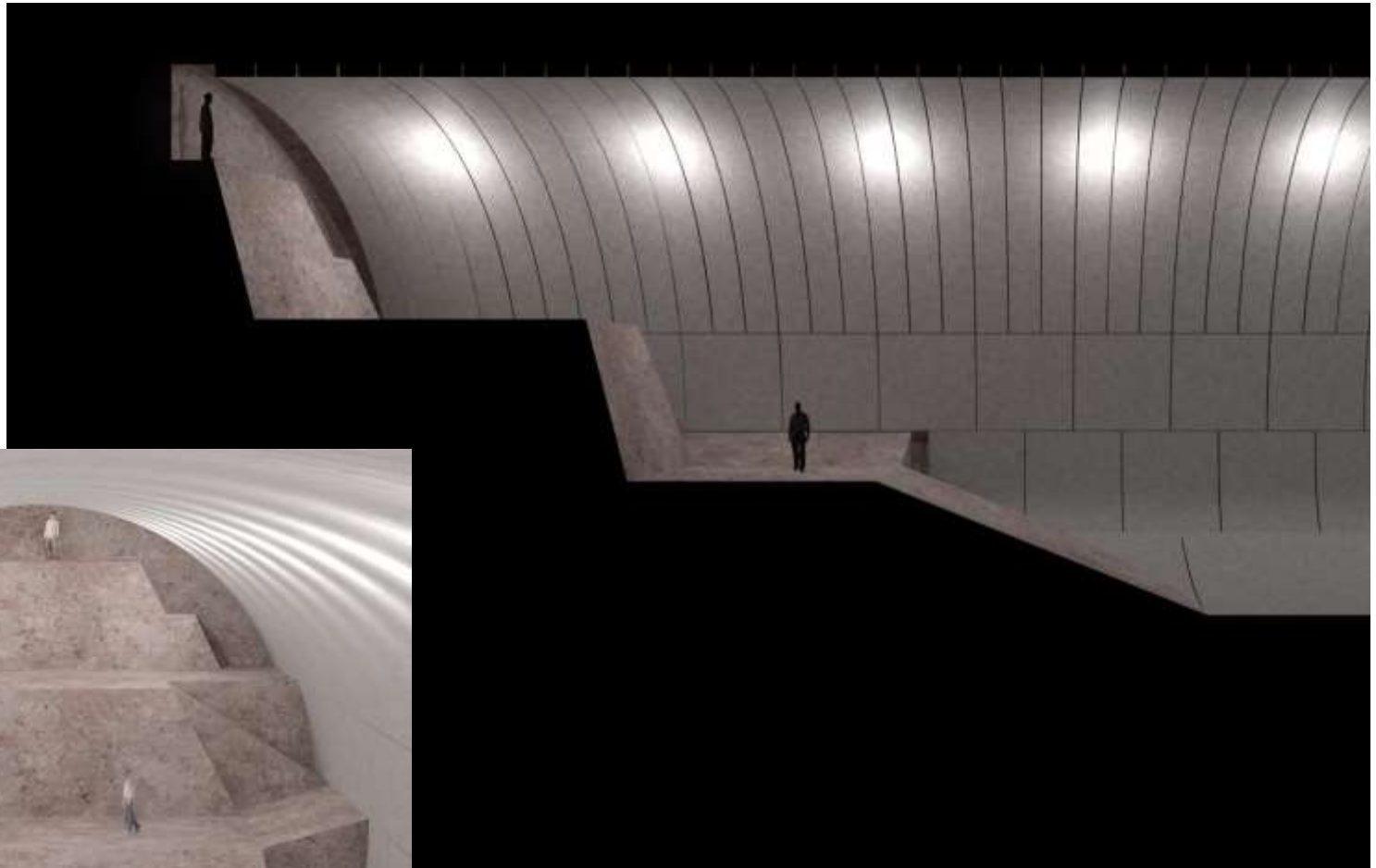
Un procedimiento constructivo



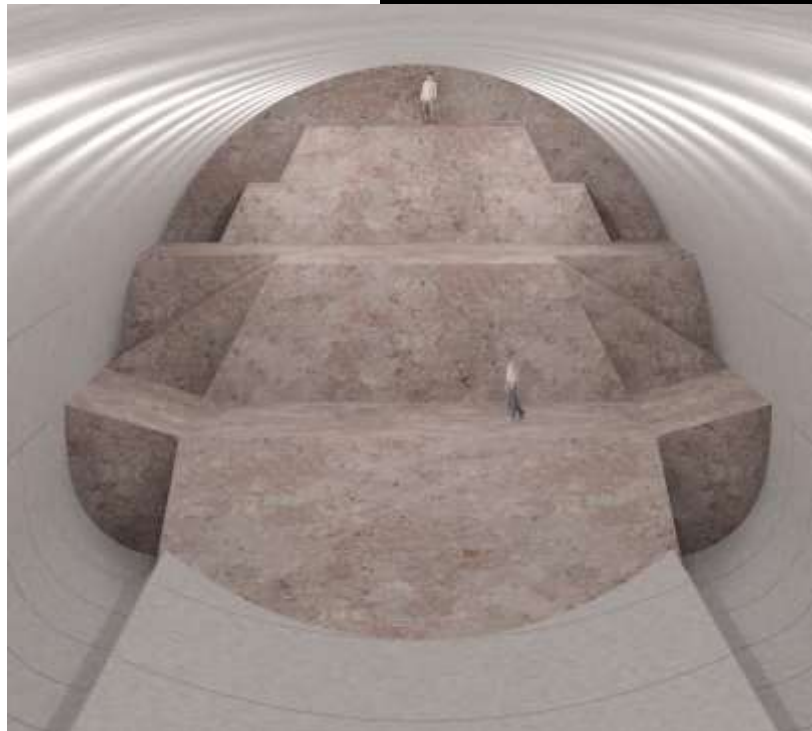
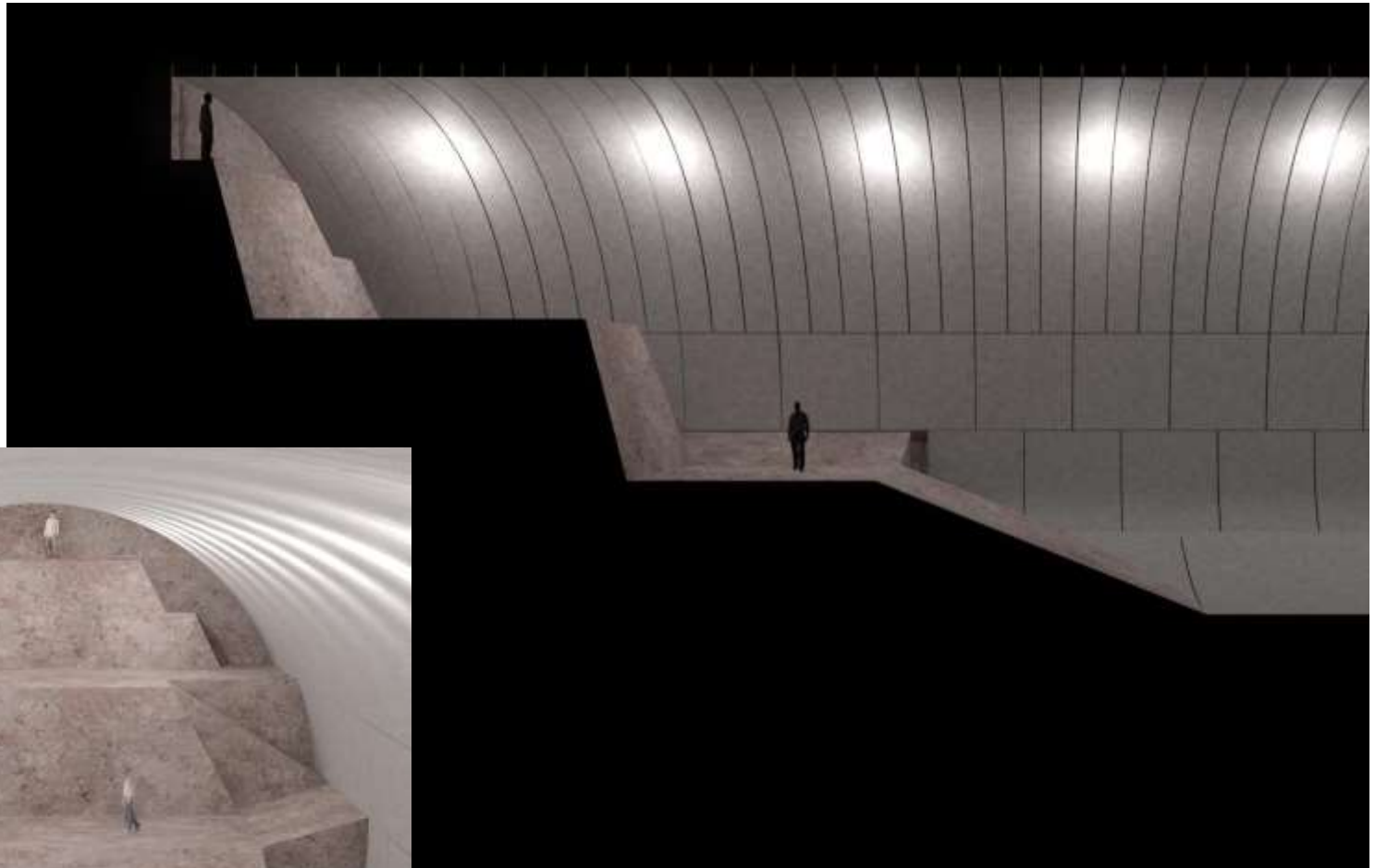
Un procedimiento constructivo



Un procedimiento constructivo



Un procedimiento constructivo



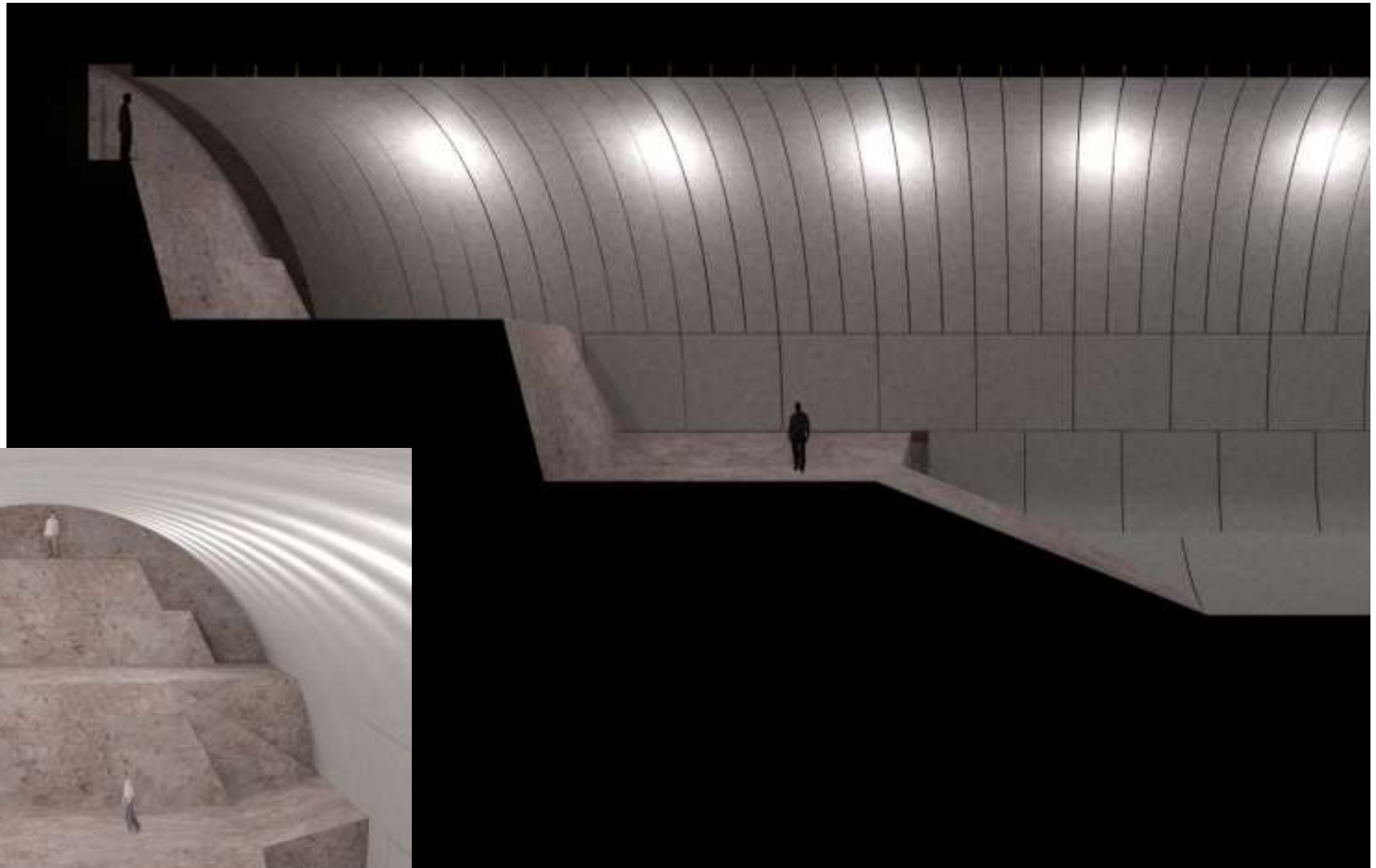
Un procedimiento constructivo



Un procedimiento constructivo



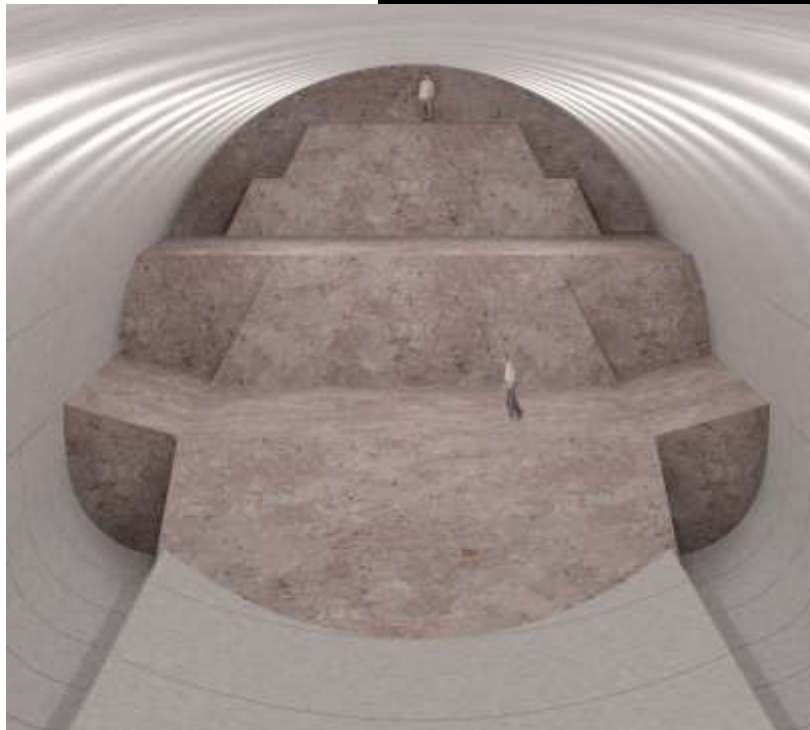
Un procedimiento constructivo



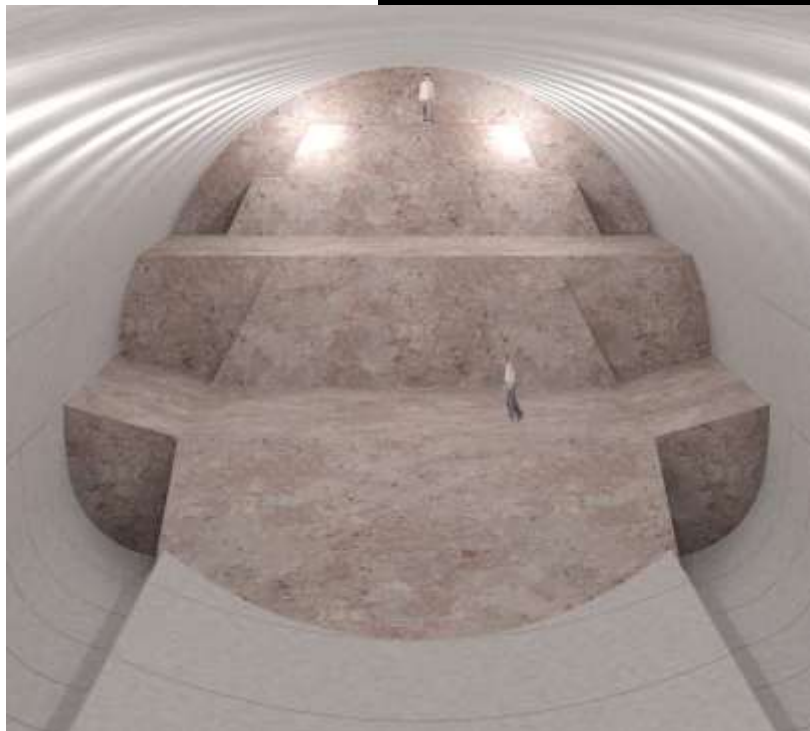
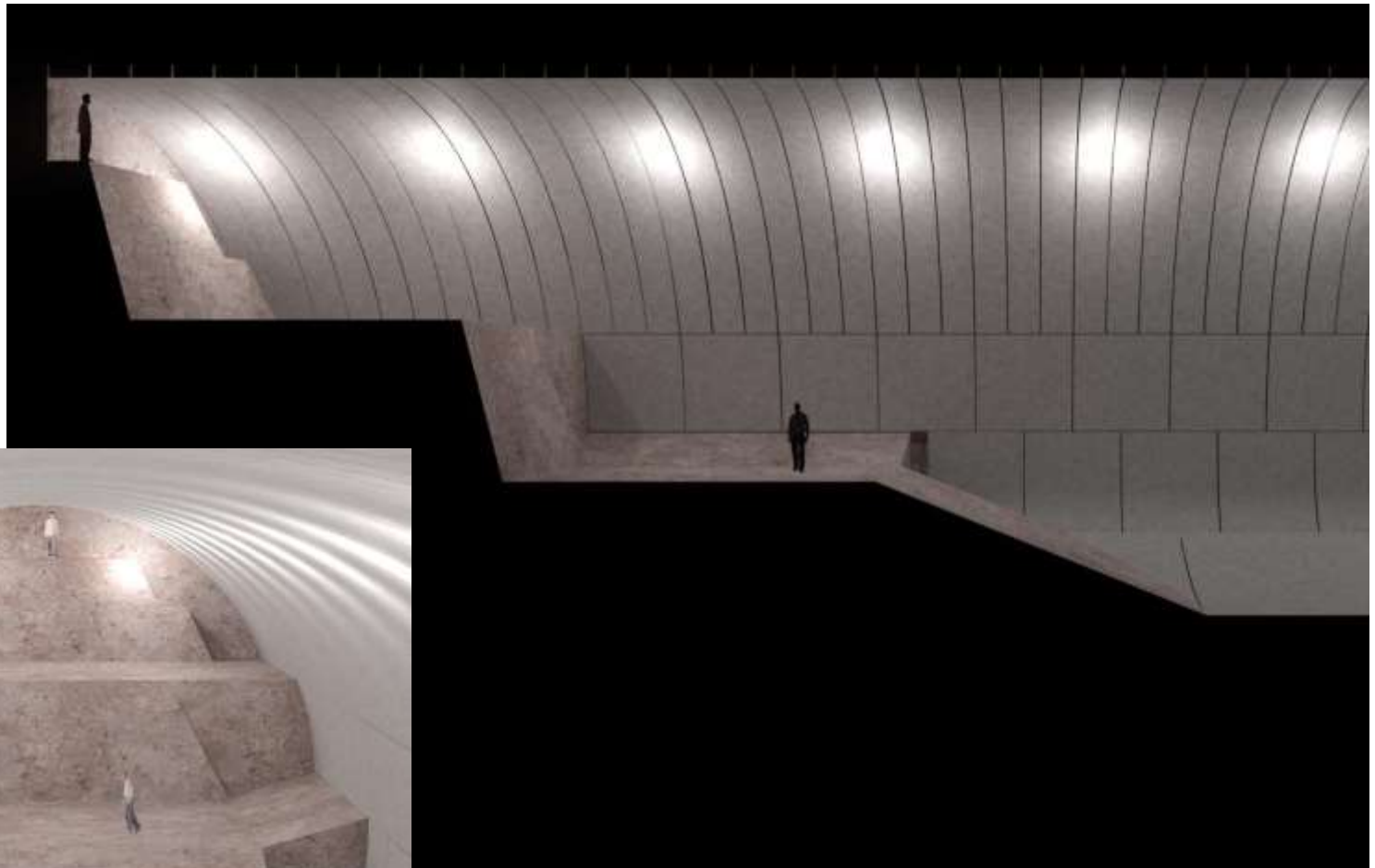
Un procedimiento constructivo



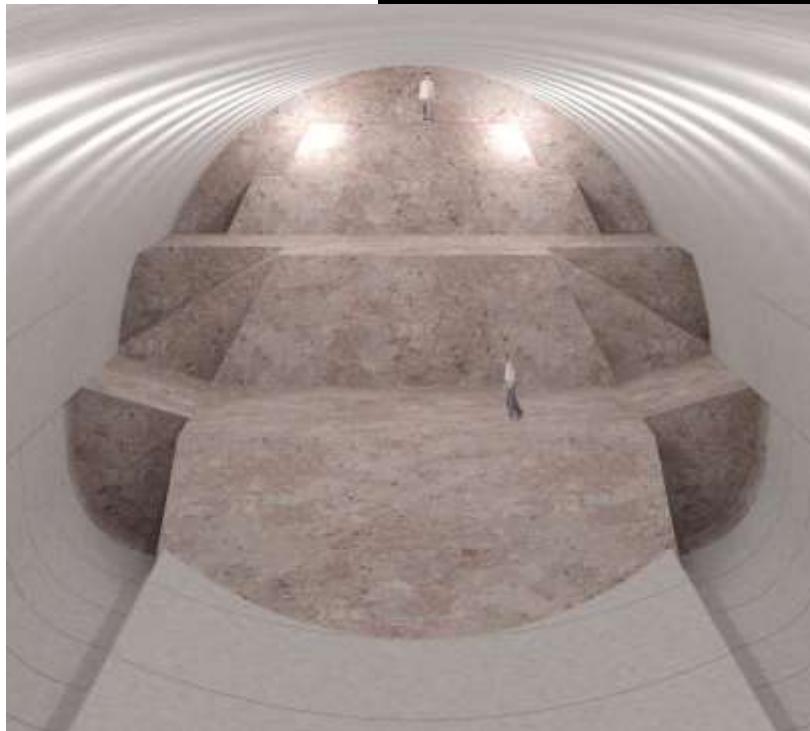
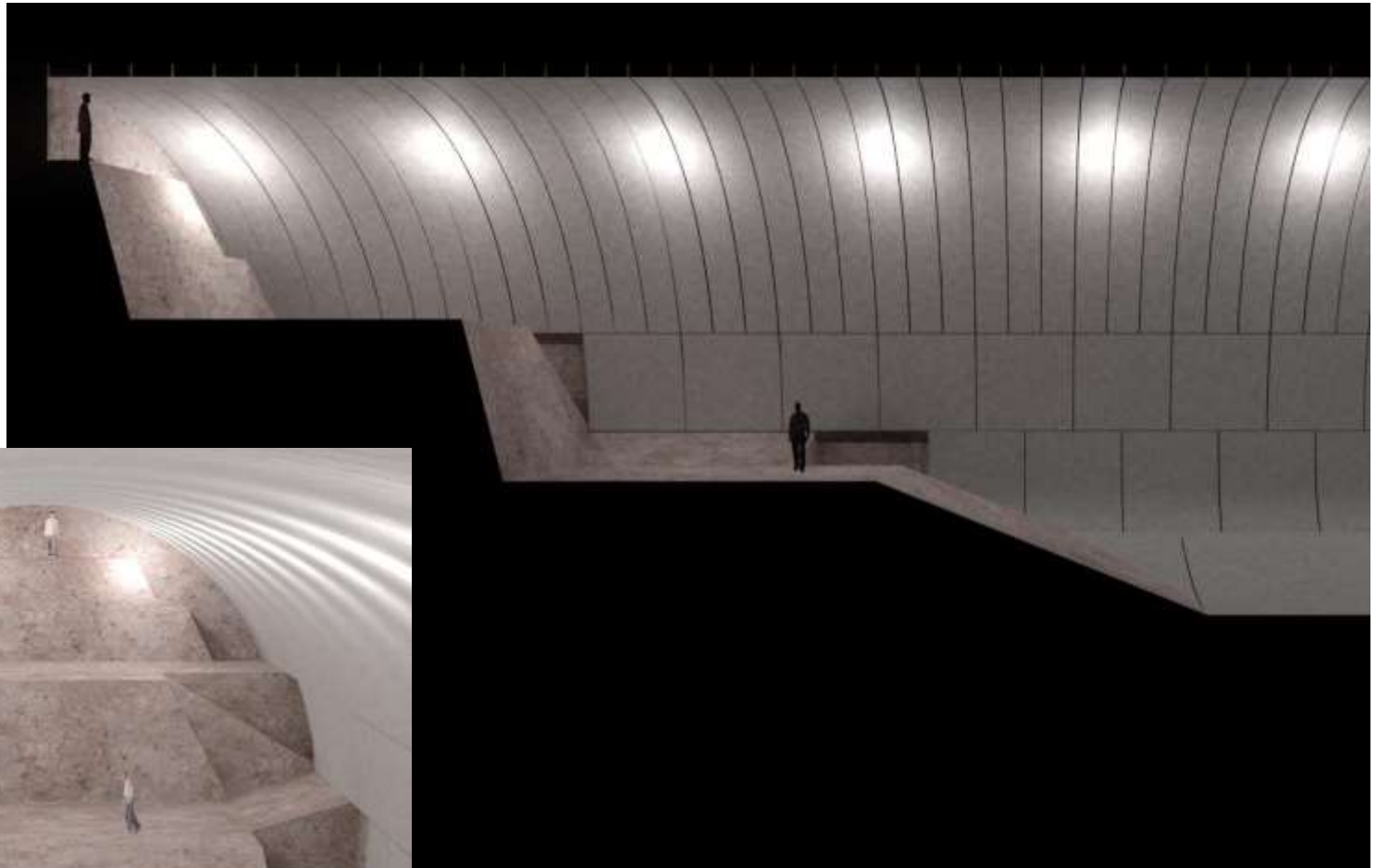
Un procedimiento constructivo



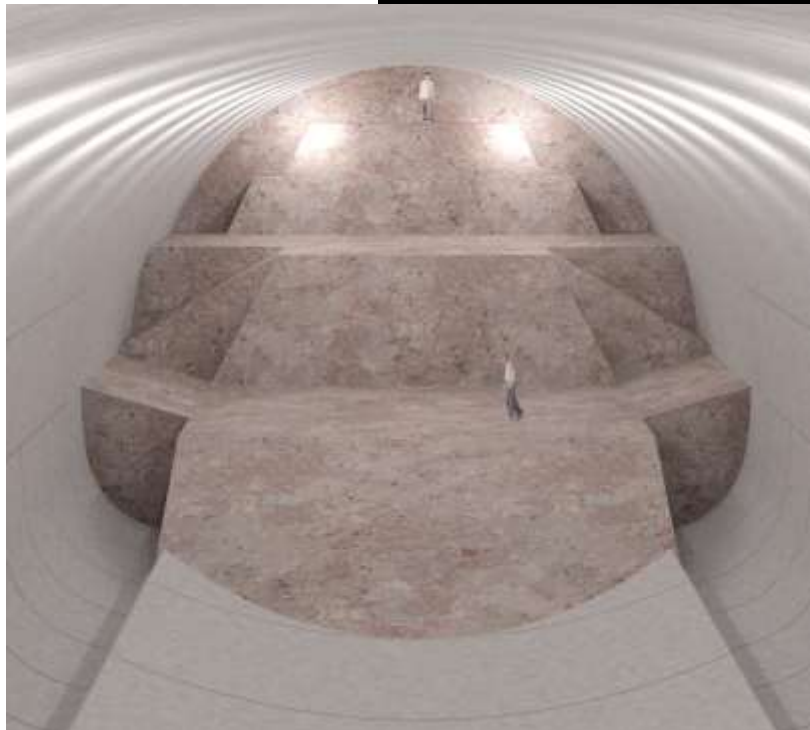
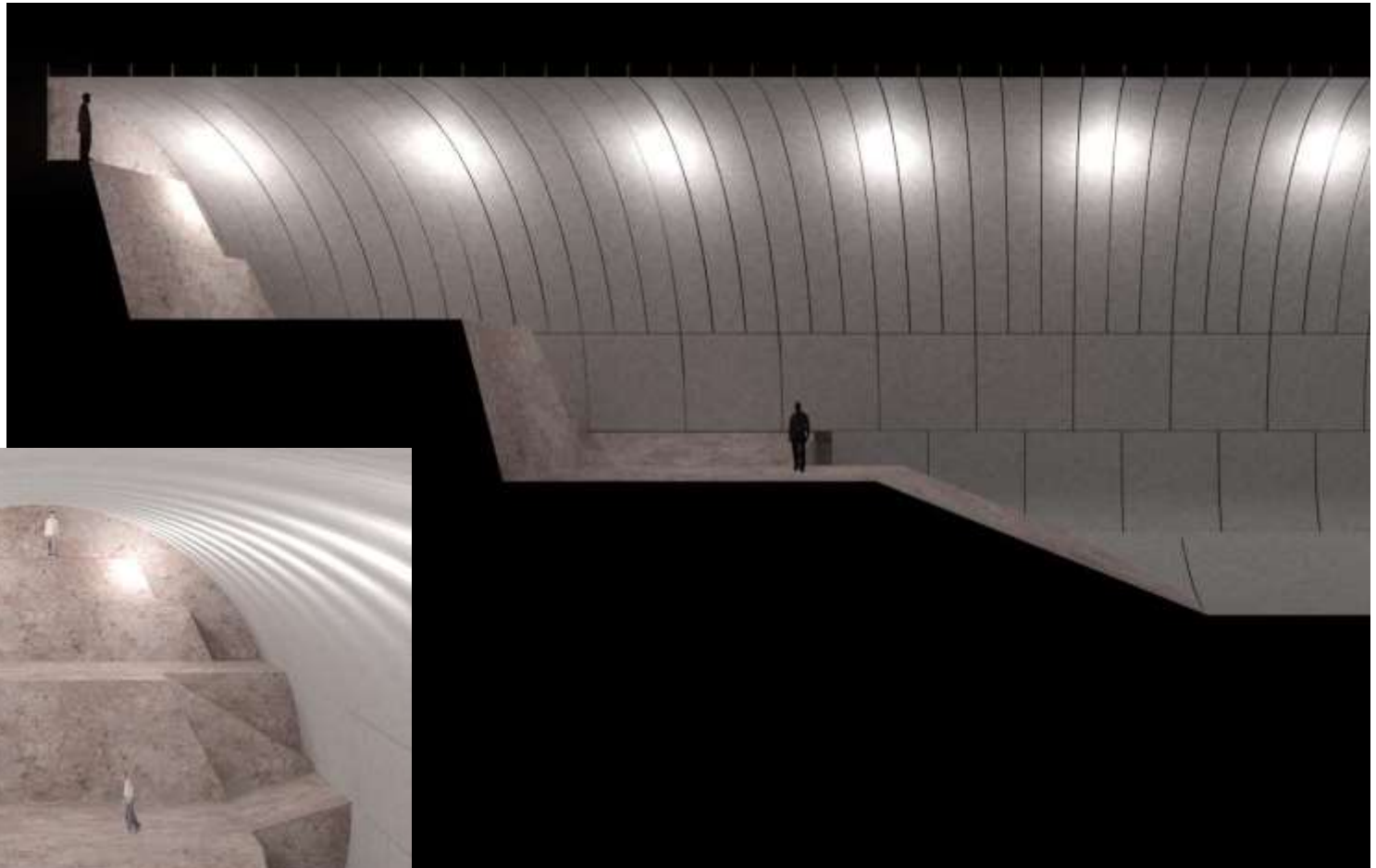
Un procedimiento constructivo



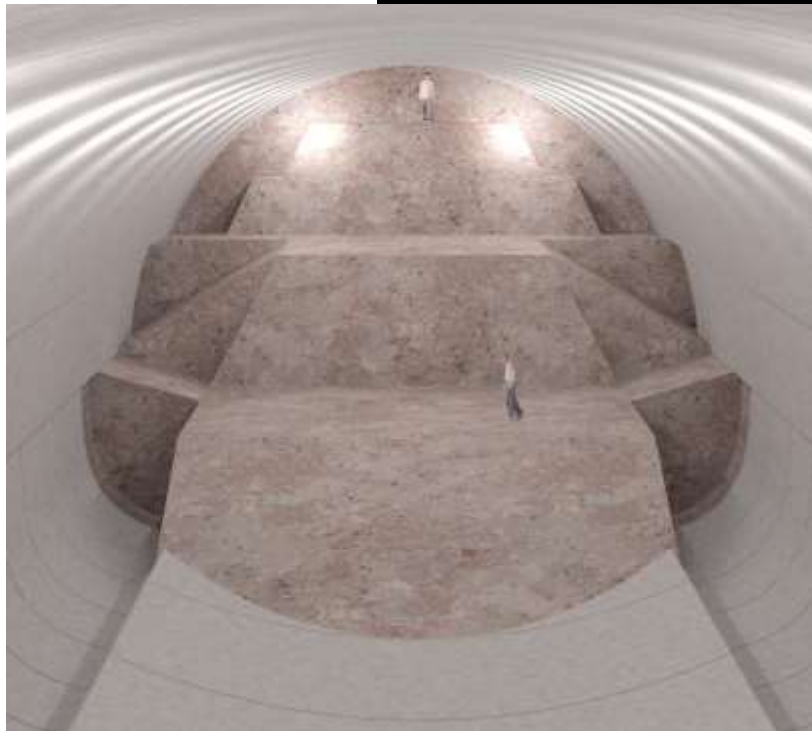
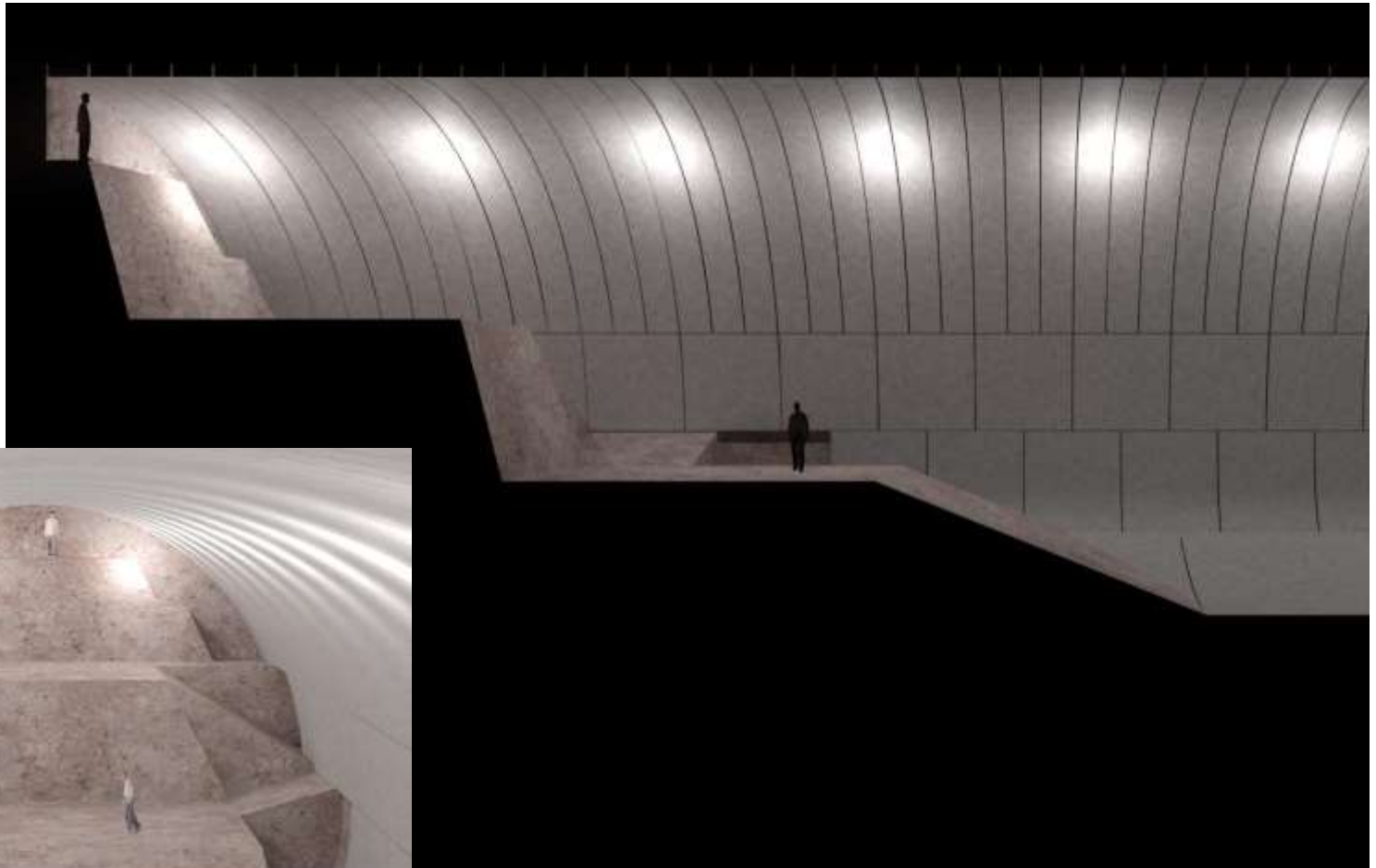
Un procedimiento constructivo



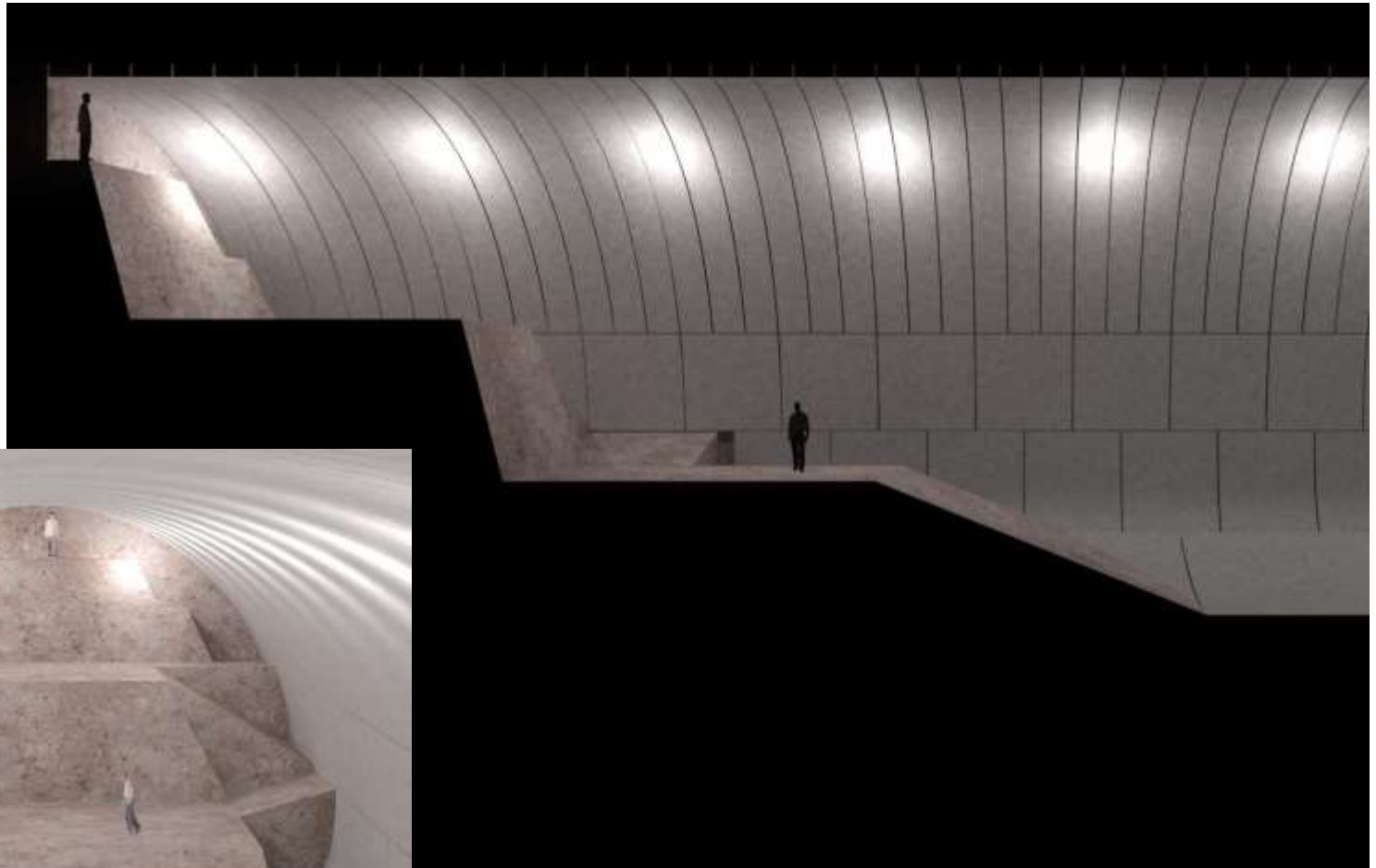
Un procedimiento constructivo



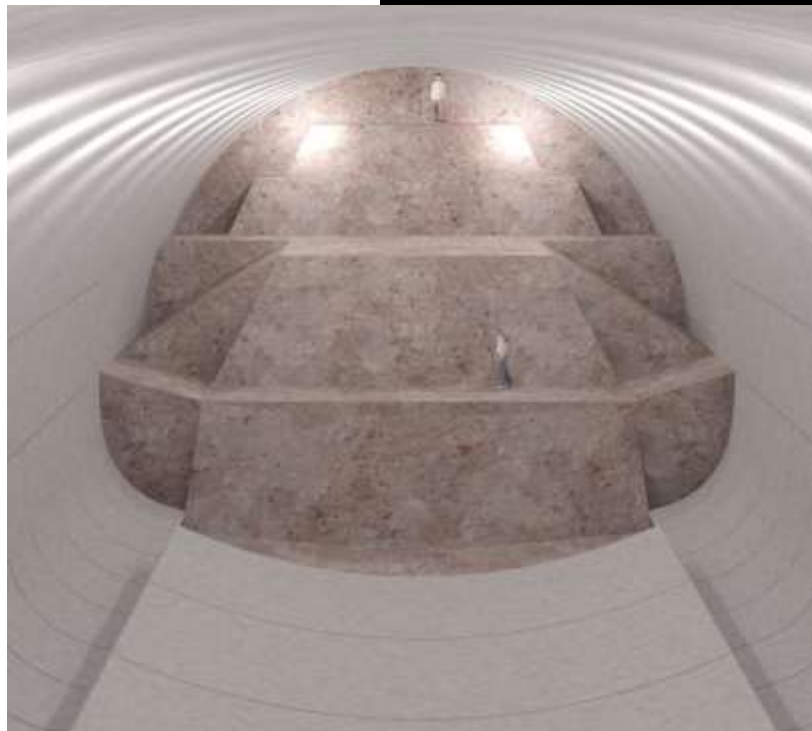
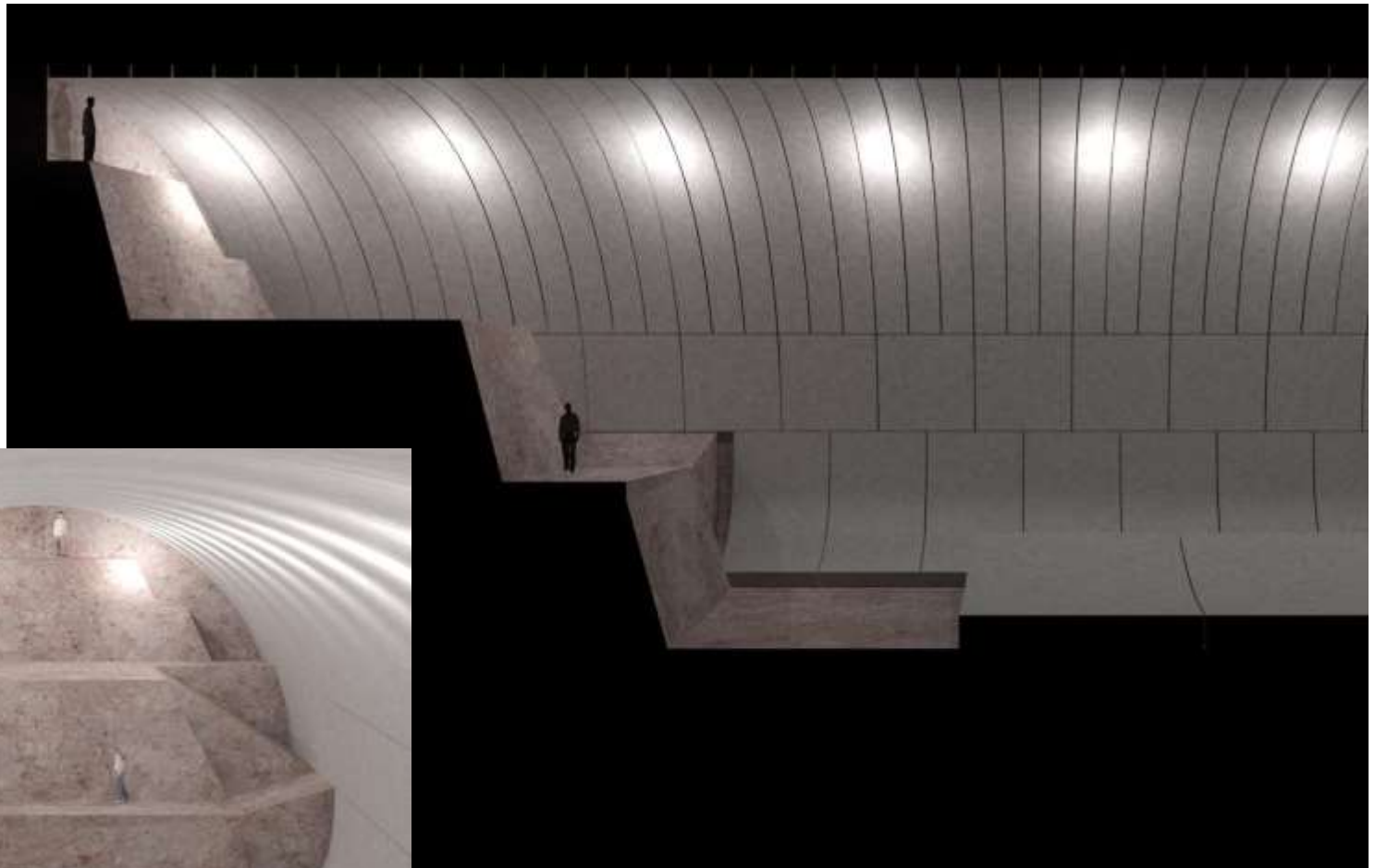
Un procedimiento constructivo



Un procedimiento constructivo



Un procedimiento constructivo



La Estación Corrientes



La Estación Corrientes



La Estación Corrientes



La Estación Corrientes



La Estación Corrientes



Todas las etapas de construcción a la vez

La Estación Corrientes



Vista desde el banco
intermedio



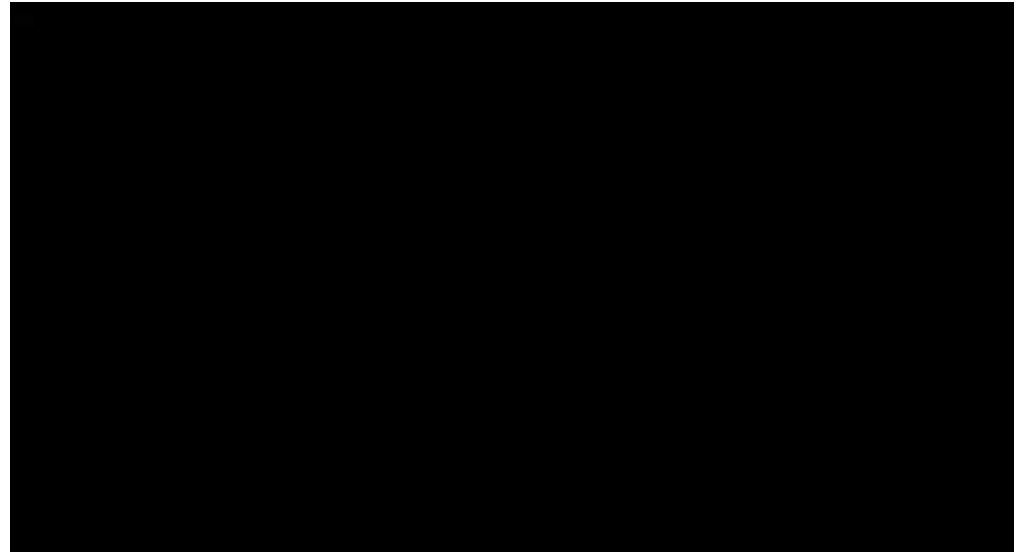


Para terminar



La ingeniería civil se divide en

- Construcciones
- Estructuras
- Vías de Comunicación
- Hidráulica e Ingeniería Sanitaria
- **Geotecnia**



Las grandes obras tienen un poco de todas esas cosas

**Los buenos ingenieros civiles deben
saber un poco de todas esas cosas**

Nos vemos en tres años, ¡prepárense!

