

# PRIMER CONGRESO PERUANO DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA



## TITULO

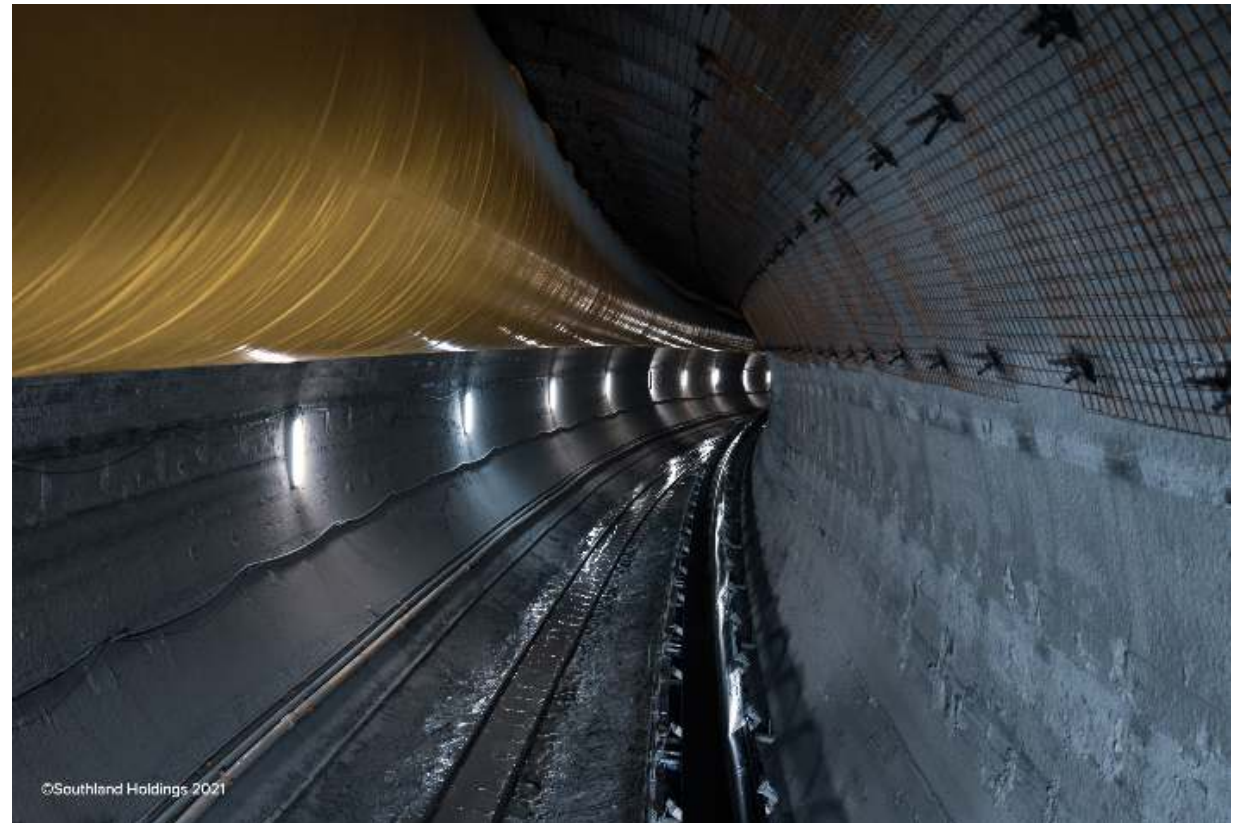


AVANCES EN PERFORACIÓN LINE & GRADE



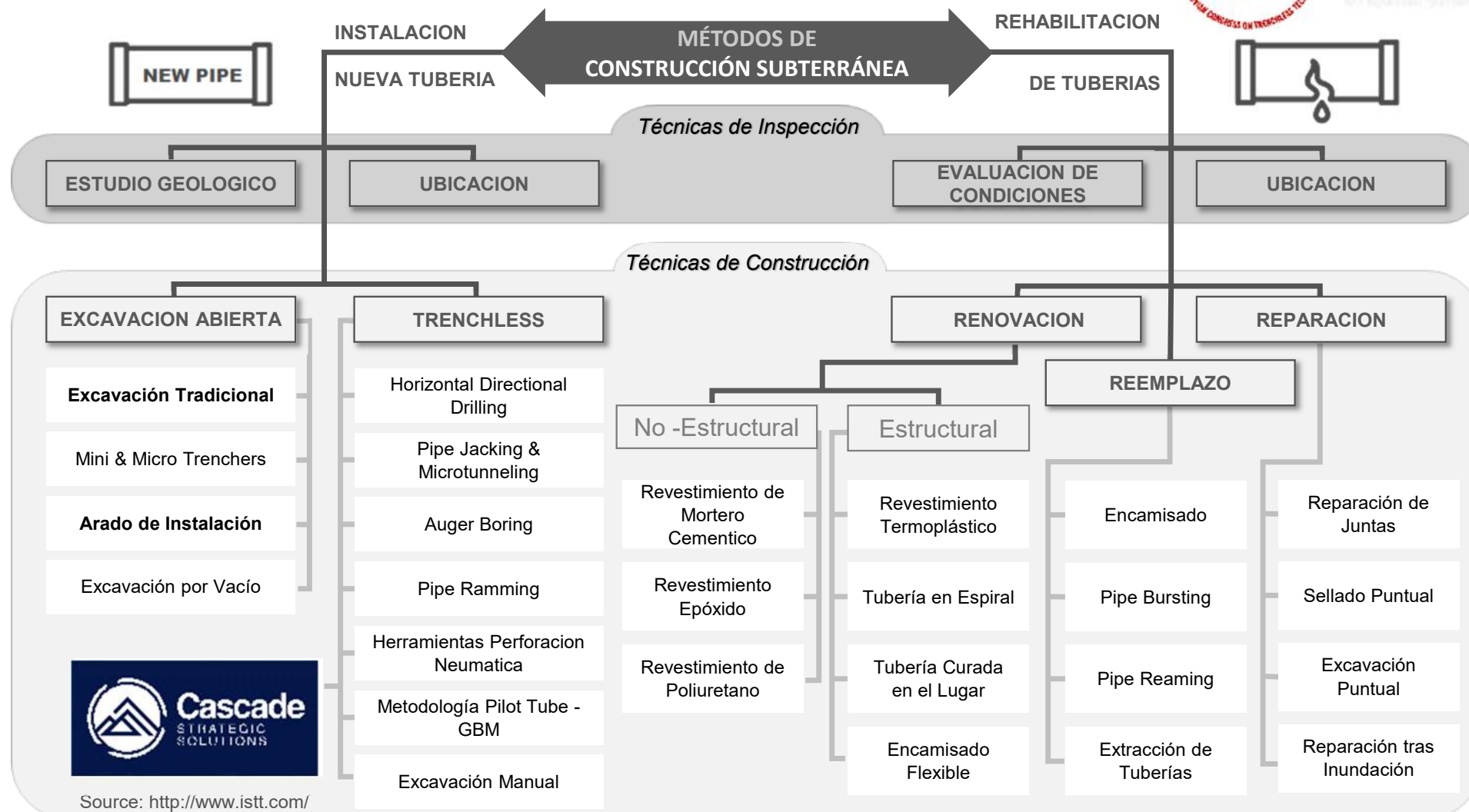
## Comparación de métodos en excavación sin zanja excavación

- Auger Boring
  - Visión general
  - Evolución del mercado
  - Nuevos avances:
    - Alta Inclinación
    - Conductor Barrel
    - Casing Compass
- Perforación guiada
  - Visión general
  - Nuevos avances
    - Tubo piloto en roca
    - Tubo piloto en suelos expansivos
    - Pipe ramming guiado
    - Perforación guiada con apoyo de HDD
- Casos de Estudio
- Conclusiones



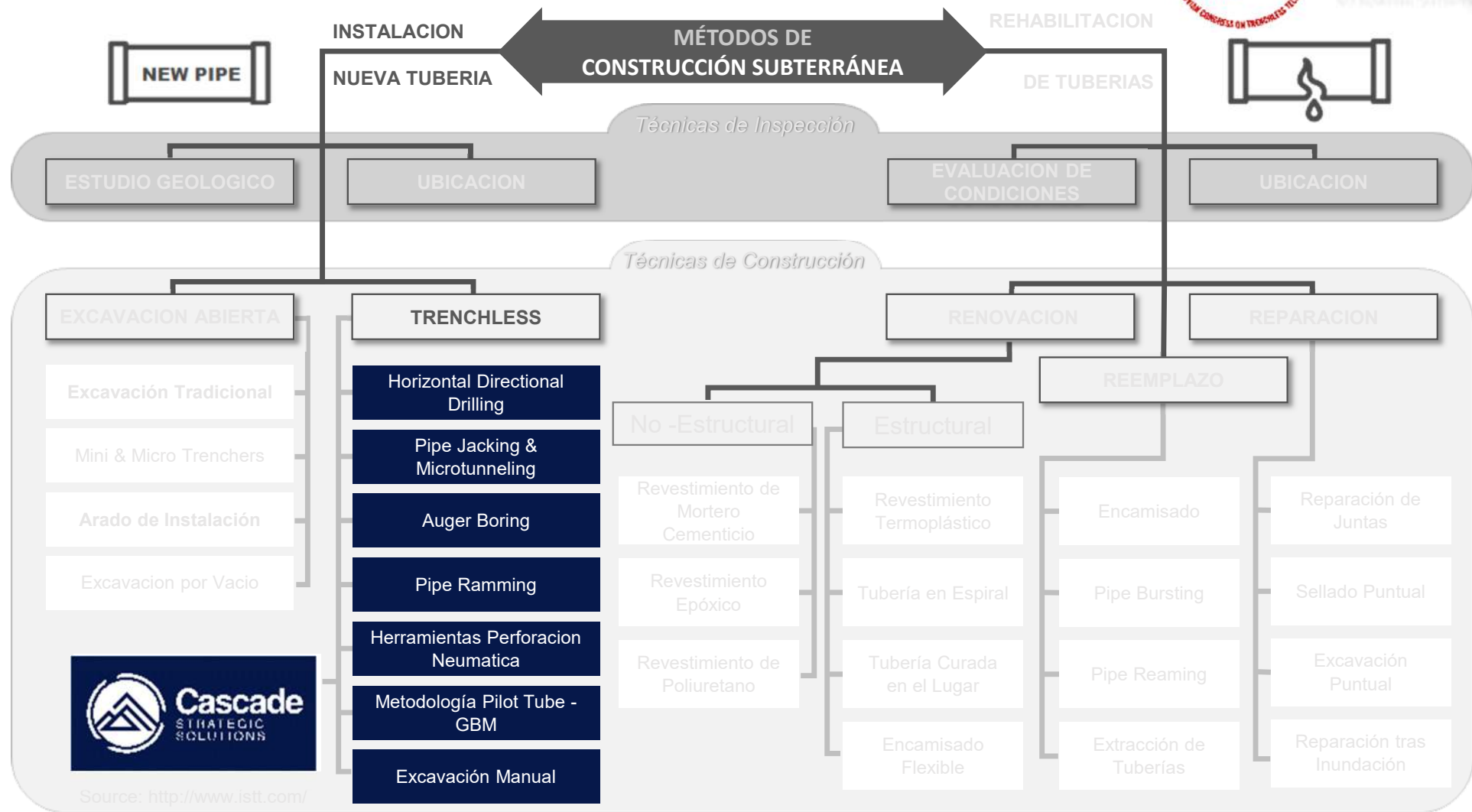


# Métodos de Construcción Subterránea





# Métodos de Construcción Subterránea





# Selección del Método Adecuado



## Factores Principales para la Selección de la Metodología

- Diámetro de la tubería
- Tipo / Material de producto que el tubo transporta
- Trayectoria de la perforación
  - Longitud
  - Profundidad
  - Forma
  - Requisitos de precisión
- Condiciones geológicas
- Condiciones del sitio
- Costo

## Errores Comunes

- Sobre especificación
- Confiar solo en lo que ya se conoce
- No considerar el costo / valor real del riesgo
- Tomar decisiones basadas únicamente en el “precio inicial”
- Falta de comprensión de la relación entre la geología y la metodología



# Longitud, Diámetro y Geología



|                    | Método de Excavación     | Longitud                             | Diámetro                           | Geología                          |
|--------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Excavación Abierta | Mechanical Trenching     | Unlimited                            | 3 in- 7ft<br>50 mm - 1850 mm       | Hard Pack to ~18K PSI             |
|                    | Open cut & Cut and cover | Unlimited<br>Typically shorter runs  | Unlimited<br>Typically 12-20'      | Softer ground                     |
| Trenchless         | Pipe Ramming             | 50 ft - 300 ft<br>15 m - 90 m        | 12 in - 120 in<br>305 mm - 3000 mm | Soft ground to rock               |
|                    | ABM                      | 50 ft - 500 ft<br>15 m - 150 m       | 8 in - 96 in<br>200 mm - 2400 mm   | Up to 20K PSI: Typically <10K PSI |
|                    | Guided ABM               | 50 ft - 500 ft<br>15 m - 150 m       | 4 in - 96 in<br>100 mm - 2400 mm   | Up to 20K PSI: Typically <10K PSI |
|                    | HDD Rigs                 | 10 ft to - 1,000 ft<br>3 m - 300 m   | 3 in to 30 in<br>76 mm - 760 mm    | Clay, non-cohesive sand, silt     |
|                    | Maxi HDD Rigs            | 300 ft to 10,000<br>90 m - 3000m     | 8 in to 60 in<br>200 mm - 1500 mm  | Up to 20K PSI: Typically <8K PSI  |
| Tunelización       | MTBM                     | 200 ft - 3000 ft<br>60 m - 900 m     | 36 in - 120 in<br>900 mm - 3000 mm | soft ground, high water content   |
|                    | SBU                      | 200 ft - 3000 ft<br>60 m - 900 m     | 36 in - 120 in<br>900 mm - 3000 mm | consolidated or rock              |
|                    | TBM                      | 2 miles - 3.2 km<br>23 miles - 37 km | 6 ft - 57,8 ft<br>1.8 m - 17.6 m   | consolidated or rock              |
|                    | EPB TBM                  | 2 miles - 3.2 km<br>23 miles - 37 km | 6 ft - 57,8 ft<br>1.8 m - 17.6 m   | soft ground, high water content   |
|                    | D&B                      | N/A                                  | 8 ft - 100 ft<br>2.4 m - 30 m      | consolidated or rock              |





# Comparación de Costos



Legend:

|                         |                             |                               |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Commonly seen and done. | Less common, but plausible. | Rarely to never seen or done. |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|

**Soft and Medium Ground:** Soils, clays, and full-faced rocks with UCS<15 KSI (100 MPa).

**Moderately Hard Rock:** Full-faced rock with UCS>15 KSI (100 MPa).

Cost comparison of trench and trenchless techniques at multiple diameters in various types of ground.

| Carrier Pipe Diameter (in) | Soft and Medium Ground  |                            |   |                               |                        |                      | Moderately Hard Rock (>15 kpi) |                            |   |                               |                          |                      |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|---|-------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|---|-------------------------------|--------------------------|----------------------|
|                            | Open Cut -- Raw (\$/lf) | Open Cut -- Total (\$/lf)* | Horizontal Directional Drilling (\$/lf) | Bore and Jack / Auger (\$/lf) | Microtunneling (\$/lf) | Pipe Jacking (\$/lf) | Open Cut -- Raw (\$/lf)        | Open Cut -- Total (\$/lf)* | Horizontal Directional Drilling (\$/lf) | Bore and Jack / Auger (\$/lf) | Microtunneling (\$/lf)** | Pipe Jacking (\$/lf) |
| 8                          | 200                     | 357                        | 120                                     | 615                           | 1025                   | -                    | 400                            | 714                        | 900                                     | 1230                          | 2050                     | -                    |
| 10                         | 208                     | 365                        | 150                                     | 625                           | 1035                   | -                    | 416                            | 730                        | 1125                                    | 1250                          | 2070                     | -                    |
| 12                         | 224                     | 381                        | 180                                     | 630                           | 1040                   | -                    | 448                            | 762                        | 1350                                    | 1260                          | 2080                     | -                    |
| 15                         | 260                     | 417                        | 225                                     | 655                           | 1060                   | -                    | 520                            | 834                        | 1687                                    | 1310                          | 2120                     | -                    |
| 18                         | 305                     | 462                        | 270                                     | 670                           | 1025                   | -                    | 610                            | 924                        | 2025                                    | 1240                          | 2050                     | -                    |
| 21                         | 350                     | 507                        | 315                                     | 720                           | 1030                   | -                    | 700                            | 1014                       | 2362                                    | 1440                          | 2060                     | -                    |
| 24                         | 405                     | 562                        | 360                                     | 795                           | 1060                   | -                    | 810                            | 1124                       | 2700                                    | 1590                          | 2120                     | -                    |
| 27                         | 441                     | 598                        | 405                                     | 845                           | 1125                   | -                    | 882                            | 1196                       | 3645                                    | 1690                          | 2250                     | -                    |
| 30                         | 495                     | 652                        | 450                                     | 890                           | 1155                   | -                    | 990                            | 1304                       | 3375                                    | 1780                          | 2310                     | -                    |
| 33                         | 502                     | 659                        | 495                                     | 945                           | 1240                   | -                    | 1004                           | 1318                       | 3712                                    | 1890                          | 2480                     | -                    |
| 36                         | 517                     | 674                        | 540                                     | 1040                          | 1335                   | 305                  | 1034                           | 1348                       | 4050                                    | 2080                          | 2670                     | -                    |
| 39                         | 545                     | 702                        | 585                                     | 1105                          | 1470                   | 345                  | 1090                           | 1404                       | 4387                                    | 2210                          | 2940                     | -                    |
| 42                         | 587                     | 744                        | 630                                     | 1165                          | 1700                   | 380                  | 1174                           | 1488                       | 4725                                    | 2230                          | 3400                     | -                    |

\*Includes cost of traffic control (\$45/lf), pavement restoration (\$100/lf), and revegetation (\$12/lf)

\*\*Bores of this size do not allow for face access, so they are not recommended because discs cannot be replaced without extracting the entire machine. Shorter drives are OK.

\*\*\*Bore and jack is affordable in hard rock up to about 25,000 psi rock at which point it becomes entirely unfeasible.



# AUGER BORING - ABM



## PERFORACION HORIZONTAL AUGER BORING







# AUGER BORING - ABM



## Los Diferentes Nombres de Auger Boring

ABM –  
Metodología  
Auger Boring

HAB – Horizontal  
Auger Boring

JACK & BORE

HEB – Perforación  
Horizontal del  
Suelo

AUGER BORING  
DE VIAS O  
CARRETERAS

PIPE JACKING

PERFORACION DE  
PASO UNICO



# Auger Boring



**Diámetros:** 4 – 96 in OD / 200mm – 2400mm OD

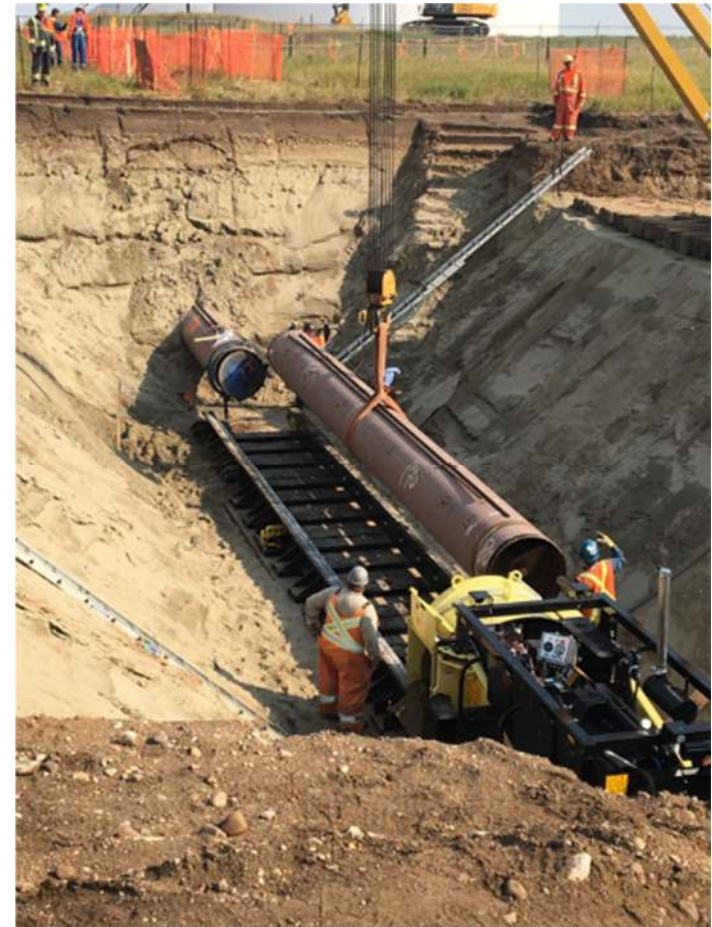
**Longitudes de Empuje:** 500 lf.+ / 150m+

**Geologías Aceptables:** Amplio rango que incluye arcillas suaves a rígidas, limos, arenas, roca, suelos orgánicos (“potato dirt”), aluviales y depósito glacial.

**Desafíos Geológicos:** gravas, cantos rodados, agua subterránea

## **Ventajas:**

- Un único cruce
- Huella de instalación más corta que HDD
- Menor costo de equipo
- Generalmente menor costo por metro en diámetros grandes
- Mayor capacidad para mantener una pendiente constante
- Ideal para tramos cortos de gran diámetro
- Asentamiento superficial reducido





# AUGER BORING - ABM



## Descripción General **HORIZONTAL AUGER BORING**

- ❖ Ideal para perforaciones con control de línea y pendiente (Line & Grade)
- ❖ Perforación de paso único, con asentamiento mínimo
- ❖ Opera en una amplia variedad de condiciones geológicas
- ❖ Los cabezales de corte se seleccionan según la geología esperada
- ❖ Tamaños estándar de máquinas:
  - 24"/600mm; 36"/900mm; 48"/1200mm; 60"/1500mm; 72"/1850mm
- ❖ El tamaño de la máquina se determina según: Diámetro de la perforación, Longitud del tramo y condiciones geológicas
- ❖ Pozo de lanzamiento y Pozo de recepción requeridos





# AUGER BORING - ABM



## Consideraciones del Proyecto

- ❖ ¿Cuántas perforaciones tiene el proyecto?
- ❖ ¿Cuál es la perforación más larga?
- ❖ ¿Cuáles son las condiciones geológicas? ¿Son constantes o cambian de manera drástica?
- ❖ ¿Qué tamaño de tubería se va a instalar?
- ❖ ¿Debajo de qué pasarán las perforaciones?
  - Las perforaciones bajo vías férreas son más críticas que las bajo carreteras.
- ❖ ¿Qué pendiente (grade) deben tener las perforaciones?
  - El estándar es 2-6 grados.
- ❖ ¿Qué longitud tienen las secciones de camisas de sacrificio que se van a instalar?
  - Debe considerarse el sistema de acople de la camisa, los adaptadores tipo saddle, así como los augers y casing .
- ❖ ¿Qué tipo de pozo de perforación se utilizará?
- ❖ ¿Cuál es la cobertura del terreno (overburden)?
- ❖ ¿Existen restricciones para la perforación? ¿Qué tan crítica es la precisión de la perforación?





# AUGER BORING - ABM



## Actualizaciones del Mercado

- American Augers, el proveedor líder mundial de máquinas de auger boring , ha vendido su división de máquinas de auger boring a Michael Byrne Manufacturing.
- Vermeer vendió la división de Auger Boring a Bortc (US).
- Barbco no esta vendiendo directamente al cliente final. Únicamente esta comercializando sus maquinas por medio de dos proveedores ubicados en Estados Unidos
- Los aranceles están generando incertidumbre en la cadena de suministro
  - Actualmente están siendo impugnados legalmente en las cortes de Estados Unidos
  - Lo más probable es que sean revertidos por la próxima administración





# AUGER BORING - ABM



## Nuevas Innovaciones

### High Angle ABMs

Anteriormente, las máquinas de Auger Boring operaban en un rango de 0 a 6 grados de inclinación.

Gracias a los avances en el diseño de los rieles (tracks), los sistemas de frenado y diversas modificaciones en los motores, hoy existen máquinas especiales capaces de operar con inclinaciones de hasta 15 grados.





# AUGER BORING - ABM



## Nuevas Innovaciones

### Conductor Barrel Installations

Para evitar fracturas de fluido (frac-outs) en operaciones de HDD dentro de zonas ambientalmente sensibles, algunos proyectos están exigiendo que los contratistas instalen una camisa en suelos de cantos rodados (cobble) u otros suelos sueltos.

Luego, el varillaje de perforación (drill string) se introduce a través del barril (conductor barrel) y se inicia la perforación únicamente cuando se alcanza suelo firme.



Con la llegada de las capacidades de auger boring en alta inclinación, algunos contratistas están utilizando máquinas ABM para limpiar los conductor barrels después de haber sido hincados en su posición.







# AUGER BORING - ABM



## Nuevas Innovaciones

### The Casing Compass

- Reemplaza el nivel de agua
- Referencia en vivo: no es necesario retirar el auger para verificar la alineación
- Sensor de pendiente: seguimiento en tiempo real de la pendiente de la camisa durante toda la perforación
- Giro de la camisa: indicador en tiempo real del giro de la junta de avance (lead joint)







# AUGER BORING - ABM



## Nuevas Innovaciones

### The Casing Compass

Permite tolerancias más estrictas en múltiples perforaciones



También puede emplearse con pipe ramming

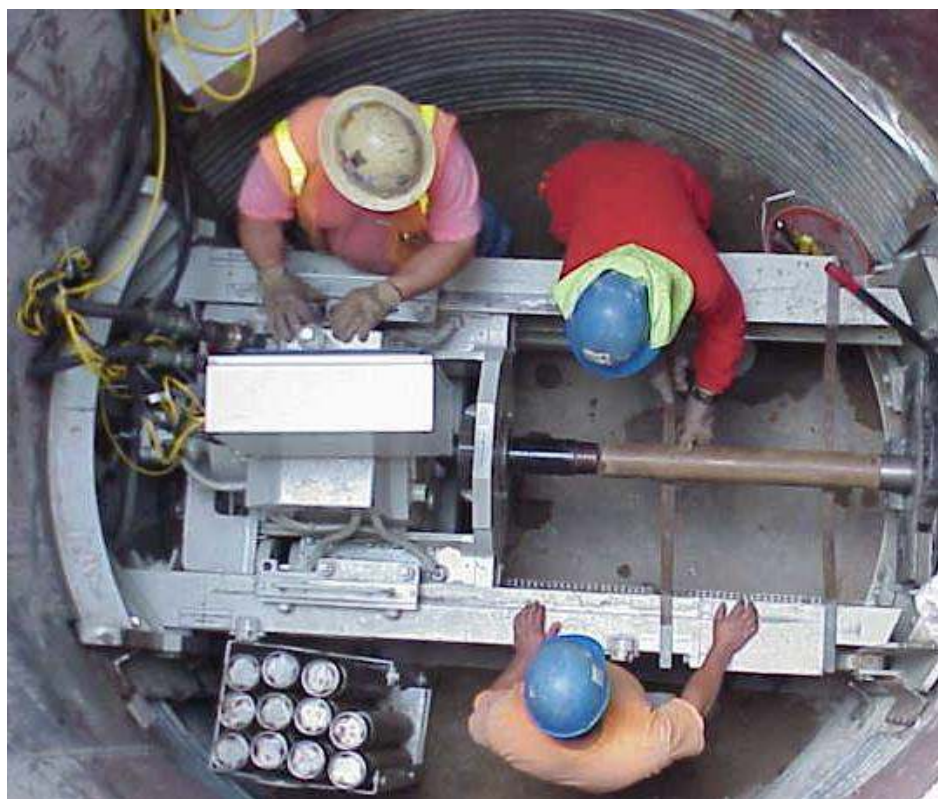




## PILOT TUBE - GBM



### Perforación Guiada (Guided Boring)





## PILOT TUBE - GBM



### Los Muchos Nombres de la Perforación Guiada (Guided Boring)

GBM – Guided Boring Method

PTGB – Pilot Tube Guided Boring

PTGAB- Pilot Tube Guided Auger Boring

GAB – Guided Auger Boring

PTM – Pilot Tube Method

Método de Tres Pasadas; GBM

PTMT – Pilot Tube Microtunneling





# PILOT TUBE - GBM



**Diámetros:** 4-48in OD / 100mm – 1200mm

**Longitudes de Empuje:** 400-lf.+ / 150m+

**Geologías Aceptables:** Amplio rango que incluye arcillas suaves a rígidas, limos, arenas y roca (nueva aplicación).

**Desafíos Geológicos:** Gravas, cantos rodados (cobbles), presencia de agua subterránea.

**Ventajas:** ABM = 1% Precisión vs GBM 6mm (1/4”) in 120m (400’)

## **Tipos Comunes de Tubería:**

Barro vitrificado (Vitrified Clay)

Concreto reforzado

FRP/GRP

Polycrete

Camisa de acero (Steel casing)

PVC (método pullback)

HDPE (pullback)



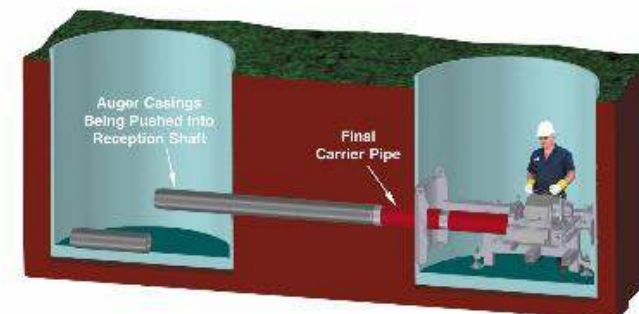
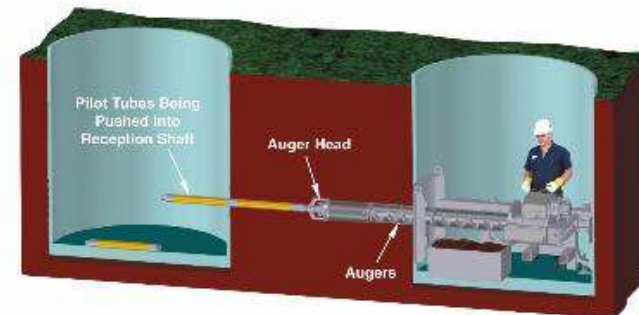
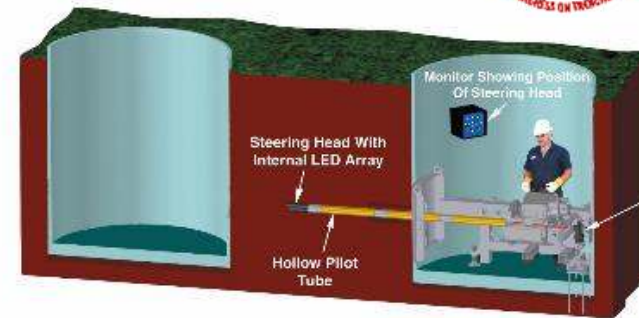
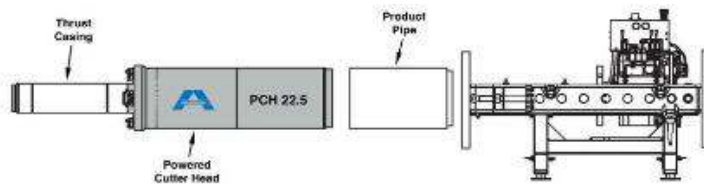
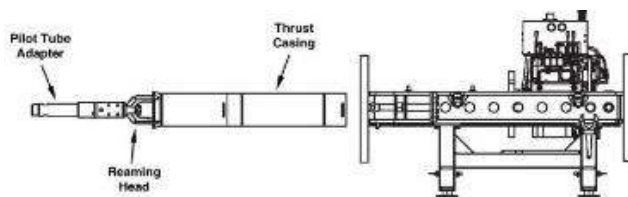
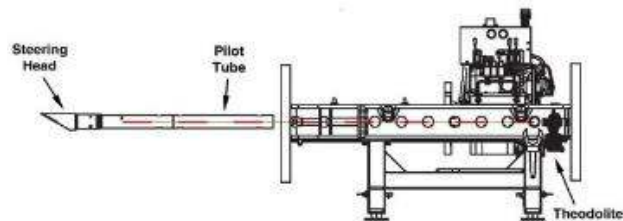




# GBM – Method overview



## Perforación Guiada (Guided Boring) Proceso de Tres o Cuatro Etapas





# GBM – Method overview



## Perforación Guiada (Guided Boring) Proceso de Tres o Cuatro Etapas





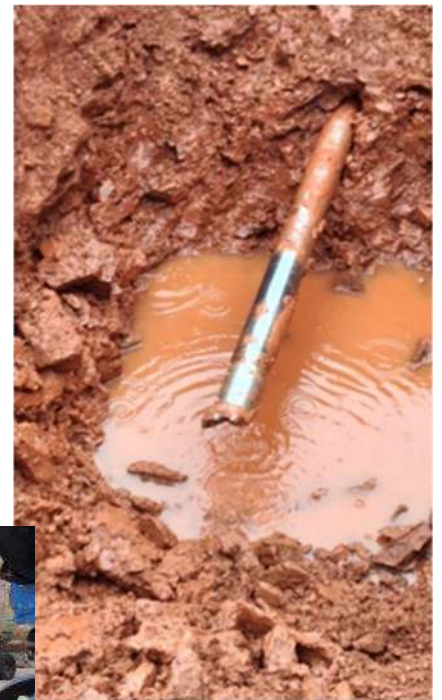


## GBM - Advancements



### Instalación de Tubo Piloto en Roca

Auger Boring Guiado:  
Instalación de Tubos  
Piloto en Roca o en  
Geologías con  $> 40$   
Golpes por Pie (SPT  
"N") o hasta 12.000 PSI

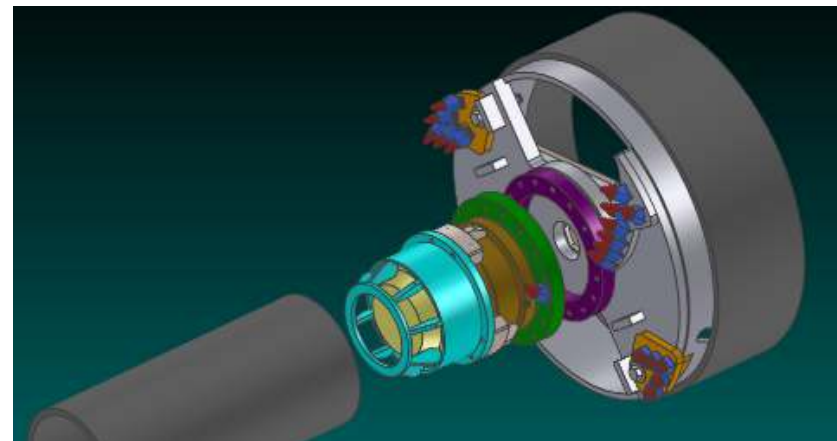




## GBM - Avances



### Instalación de Tubo Piloto en Arcillas Expansivas y Suelos Colapsable







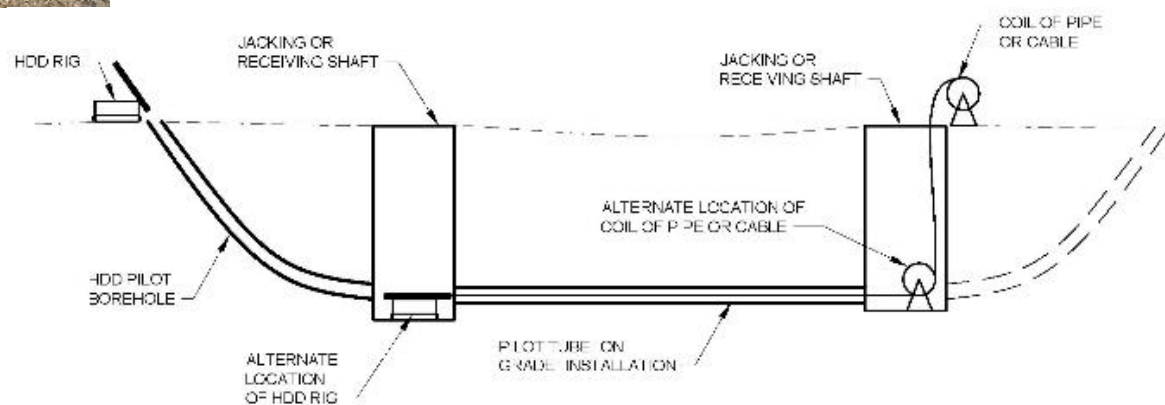
## GBM - Avances



### Pipe Ramming Guiado



### Perforación Guiada: Asistencia con HDD (HDD Assist)





## Caso de Estudio – Auger Boring de Alta Inclinación



### CALIFORNIA CALTRANS

**Contexto:** Años de sequía e incendios forestales devastaron la estructura del suelo que estabilizaba la zona. Posteriormente, 406 mm de lluvia en solo dos días arrasaron una gran sección de la autopista, dejando completamente aisladas a dos comunidades.

**Desafío civil:** La restauración de emergencia de la vía requería instalar 80 m de una camisa de 1500 mm con una inclinación del 15%. Además, el sitio de trabajo era muy estrecho, con poco espacio para equipos y para la gestión del material excavado (spoils).

**Solution:** Una ABM personalizada equipada con: Riel de cremallera (gear rack track). Combinación de motor hidráulico y caja de engranajes (motor/gearbox). Conexión estriada (splined connection) en el piñón de accionamiento, permitió ejecutar la perforación con la inclinación requerida y en las condiciones restrictivas del sitio.

**Resultados:** Se mantuvo una inclinación del 15% mientras se realizaron múltiples arranques y detenciones para retirar grandes rocas durante la perforación, sin presentar deslizamientos.







# Caso de Estudio – Auger Boring de Alta Inclinación



## Reparación de vía férrea de mas de 175 Años de antigüedad

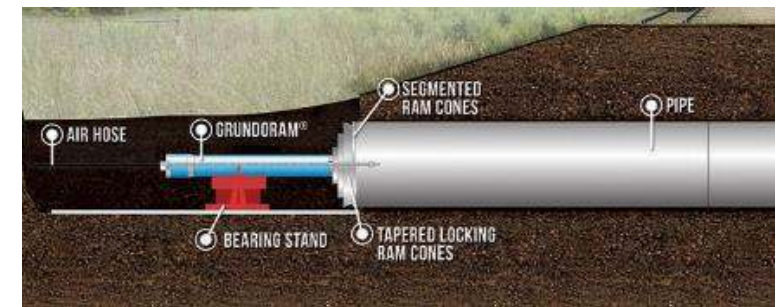
**Contexto:** Una tubería de ladrillo que estaba fallando, estaba provocando deficiente drenaje bajo unas vías férreas construidas a mediados de 1800, generando problemas para la línea activa.

**Desafío civil:** Las porciones aguas arriba y aguas abajo de la tubería de drenaje estaban bajo el agua.

La vía se encuentra en una zona pantanosa, con malas condiciones del suelo, y había sido removida y reemplazada varias veces durante la Guerra Civil. No existía documentación de infraestructura subterránea.

**Solución:** Se instalaron sistemas de censado para monitorear tanto el asentamiento de la vía férrea como la alineación de la perforación.

**Resultados:** El Casing Compass pudo: 1) Mantener la alineación a través de suelos licuados e inestables, 2) Proporcionar detección temprana de obstáculos, y 3) Mantener con precisión la trayectoria crítica necesaria para no afectar la vía férrea activa.



# Preguntas?

- Debido al tiempo adicional requerido para la traducción de esta presentación, muchos detalles fueron omitidos. Si desea más información sobre cualquiera de estos proyectos o una descripción detallada de los casos de estudio, por favor contáctenos y con gusto se la proporcionaremos.

Craig Allan

[craig@cascadepartner.com](mailto:craig@cascadepartner.com)

WhatsApp: +1-206-963-6447

Luciano Rodriguez

[luciano@cascadepartner.com](mailto:luciano@cascadepartner.com)

WhatsApp: +57-320-267-2438



[www.cascadepartner.com](http://www.cascadepartner.com)