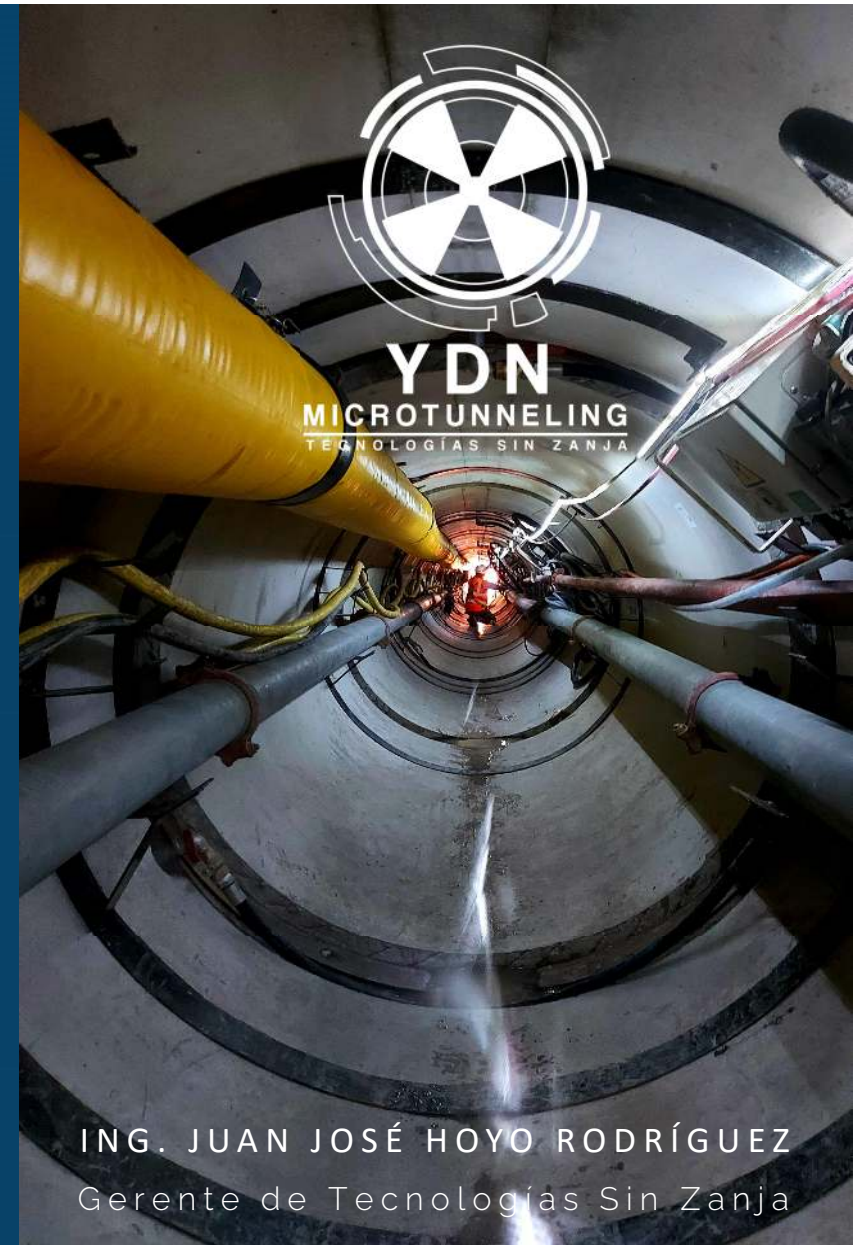


INSTALACIÓN DE LA RED MATRIZ DE ACUEDUCTO TIBITOC-CASABLANCA MEDIANTE TECNOLOGÍA PIPE JACKING

El mayor proyecto trenchless en la región con
excepcionalidades múltiples

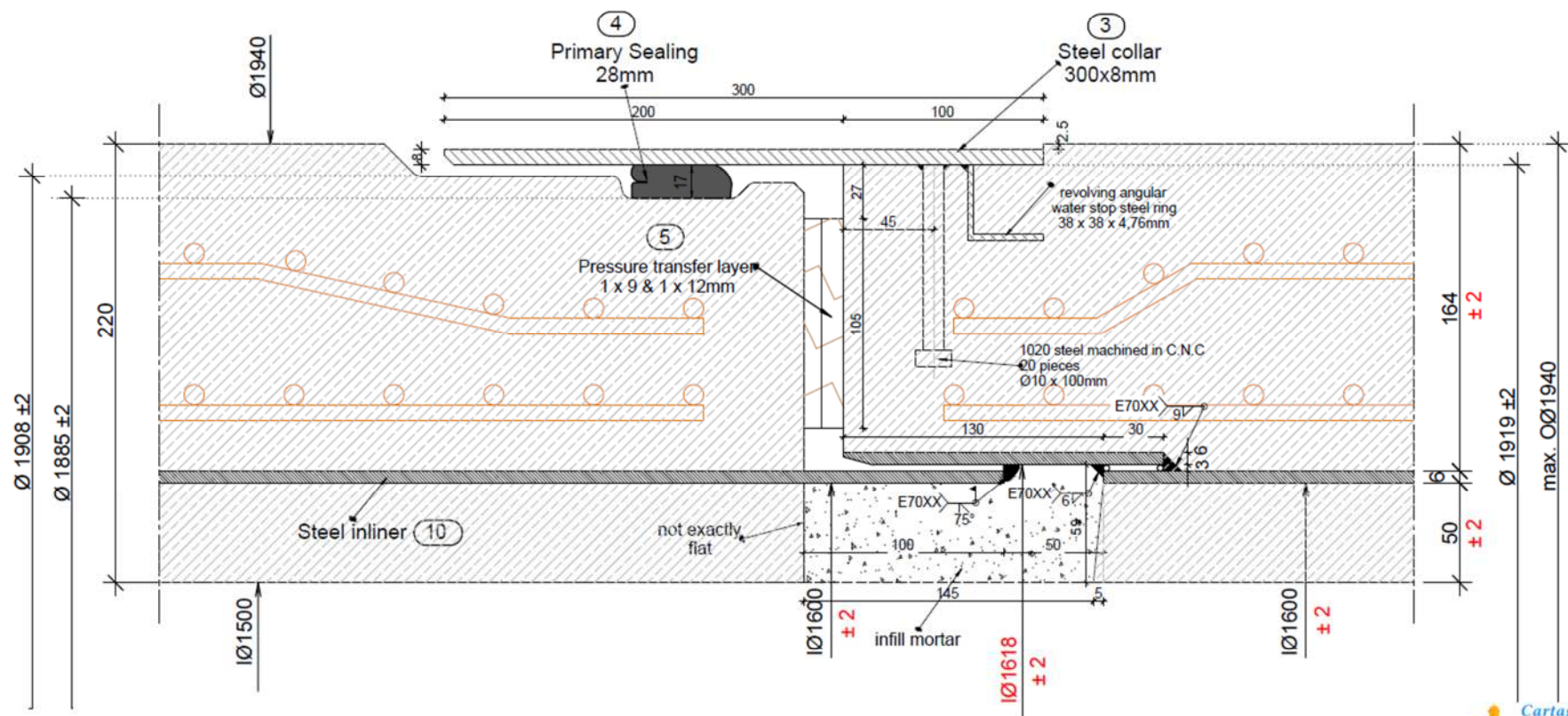
4° Congreso Latinomaricano Trenchless
Cartagena de Indias, Colombia. Mayo 2023



CONTENIDO



1. Particularidades técnicas
2. Dificultades ejecutivas del proyecto
3. Trabajos preliminares a la construcción
4. Organización general de la ejecución
5. Ejecución de los pozos de trabajo
6. Ejecución de la microtunelación
7. Soldadura de la tubería de hincado
8. Impacto positivo al medio ambiente

 $\wedge$ 

PARTICULARIDADES TÉCNICAS

La tubería de hincado



Diseñador y fabricante	Gollwitzer (Alemania) & TITAN (Colombia)
D. Interno / D. Externo / Longitud (mm)	1500 / 1940 / 3000
Peso por tubo (ton)	9
Fuerza máx. de empuje (ton)	700
No. total de tubos fabricados	3020
Volumen total de hormigón (m³)	10,700
Peso total de acero de refuerzo (ton)	1,400
Superficie total de lámina interna (m²)	43,800

PARTICULARIDADES TÉCNICAS

La tubería de hincado



07.02.2023 09:20
4°45'27.78"N 74°0'32.06"O
Autopista Medellín entrada 2,4 Km

- ✓ Más del 95% de la tubería de hincado a nivel mundial no se diseña a presión.
- ✓ 65% más de peso que una tubería de hincado para alcantarillado.
- ✓ Cumplimiento de la resolución 501 de 2017 del Min. de Vivienda.
- ✓ Estudio de corrosión específico entre Colombia-USA-Alemania.
- ✓ 100% de unidades fabricadas e instaladas de forma exitosa.



DIFICULTADES EJECUTIVAS DEL PROYECTO

La ubicación



Av. de Boyacá – Calzada lateral N-S

- ❖ Alto tránsito vehicular
- ❖ Alto tránsito de ciclistas
- ❖ Gran cantidades de interferencias subterráneas de alta importancia
- ❖ Cercanía a estructuras delicadas, viviendas y puentes de alto tráfico

Deriva en:

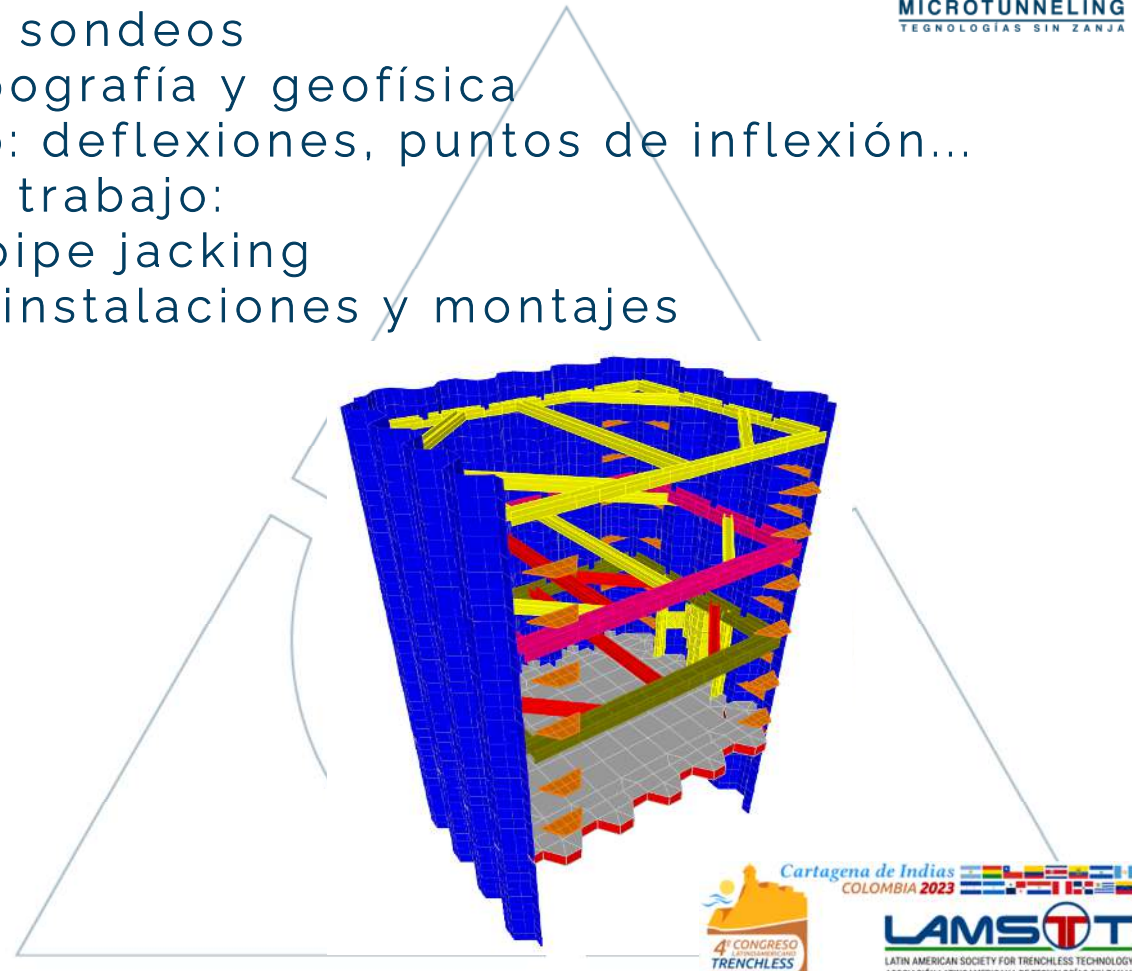
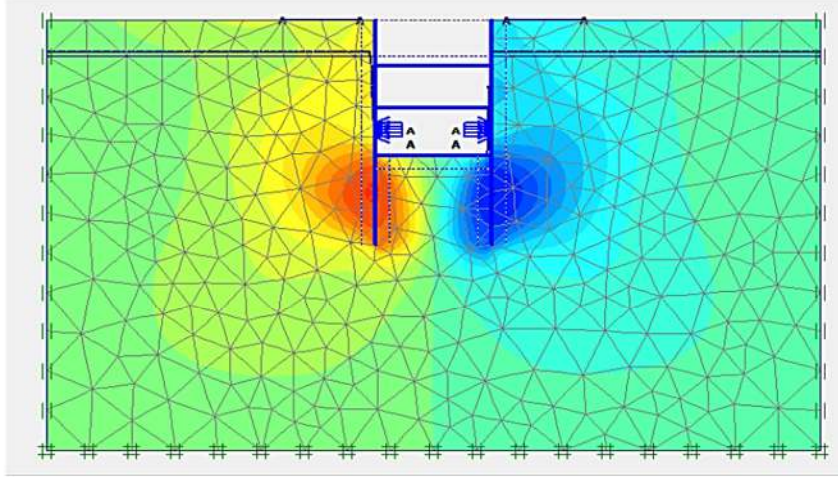
- Espacios de obra muy reducidos
- Dificultades logísticas durante operación
- Constante modificación de ubicación de pozos y trazados. Rediseños

TRABAJOS PRELIMINARES A LA CONSTRUCCIÓN



Geotecnia y diseños

1. Verificación de la geotecnia. 55 sondeos
2. Mapeo de detalle de redes. Topografía y geofísica
3. Diseños de trazados de hincado: deflexiones, puntos de inflexión...
4. Diseños de detalle de pozos de trabajo:
 - Geometría por demanda de pipe jacking
 - Geometría por demanda por instalaciones y montajes mecánicos
 - Diseño geotécnico. Plaxis
 - Diseño estructural. SAP2000



Cartagena de Indias COLOMBIA 2023



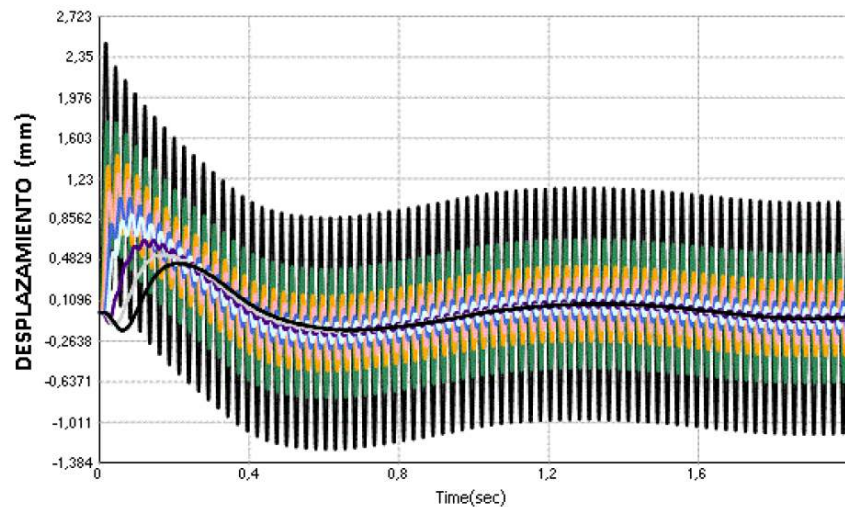
TRABAJOS PRELIMINARES A LA CONSTRUCCIÓN

Estudios técnicos específicos I

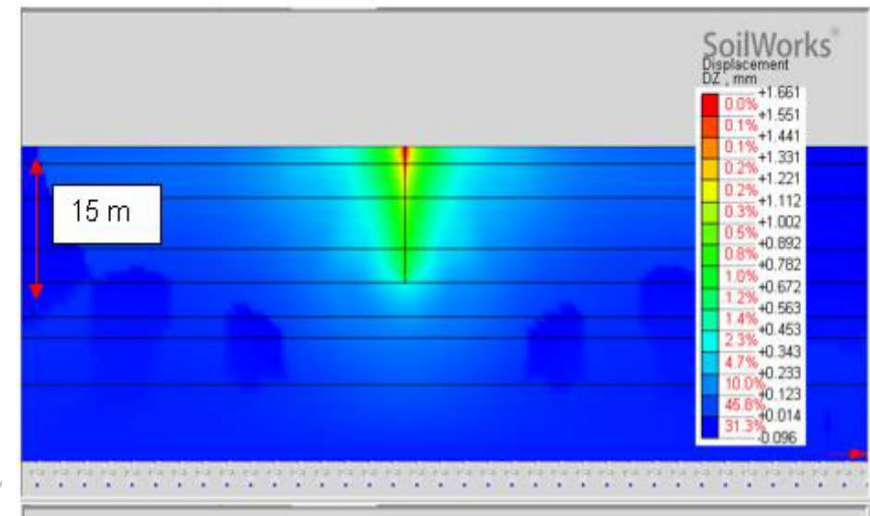
Análisis de las vibraciones por instalación de la tablestaca en arenas y en arcillas. Afectaciones estructurales. Vibromartillo frecuencia normal Vs variable.



HISTORIAS DE DESPLAZAMIENTO (mm)
Min: -1,2580, Max: 2,4754



DZ 1[389]	10,0 m
Min:	-0,1652
Max:	0,4516
DZ 1[393]	8,0 m
Min:	-0,1796
Max:	0,5341
DZ 1[397]	6,0 m
Min:	-0,2108
Max:	0,6650
DZ 1[401]	4,0 m
Min:	-0,2778
Max:	0,8970
DZ 1[403]	3,0 m
Min:	-0,3344
Max:	1,0502
DZ 1[405]	2,0 m
Min:	-0,4250
Max:	1,2750
DZ 1[406]	1,5 m
Min:	-0,5370
Max:	1,4449
DZ 1[407]	1,0 m
Min:	-0,7837
Max:	1,7549
DZ 1[408]	0,5 m
Min:	-1,2580
Max:	2,4754



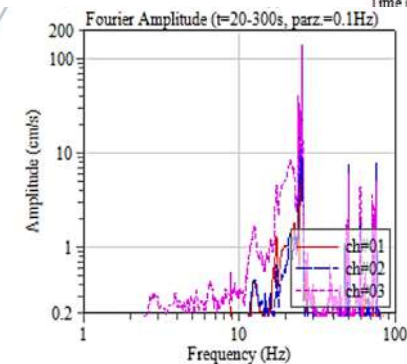
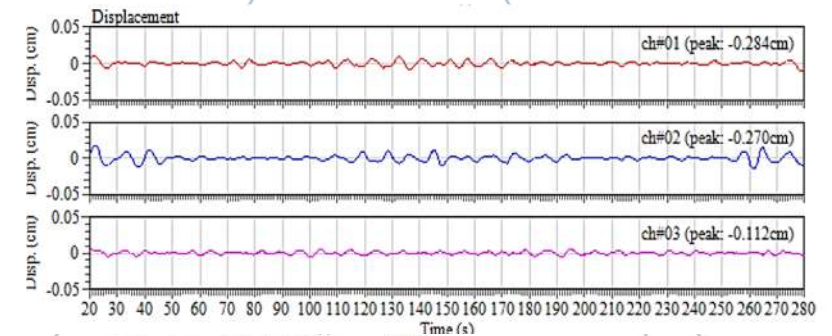
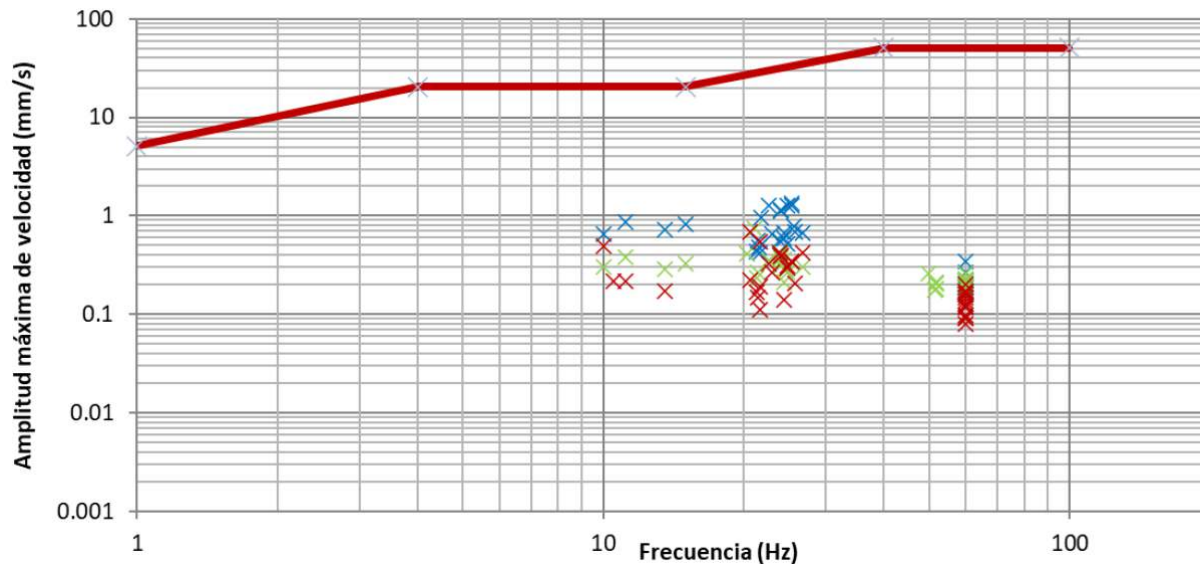
Cartagena de Indias
COLOMBIA 2023

LAMST
LATIN AMERICAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

TRABAJOS PRELIMINARES A LA CONSTRUCCIÓN

Estudios técnicos específicos II

Análisis de las vibraciones por instalación de la tablestaca en arenas y en arcillas → Corroboración real en campo durante el tablestacado



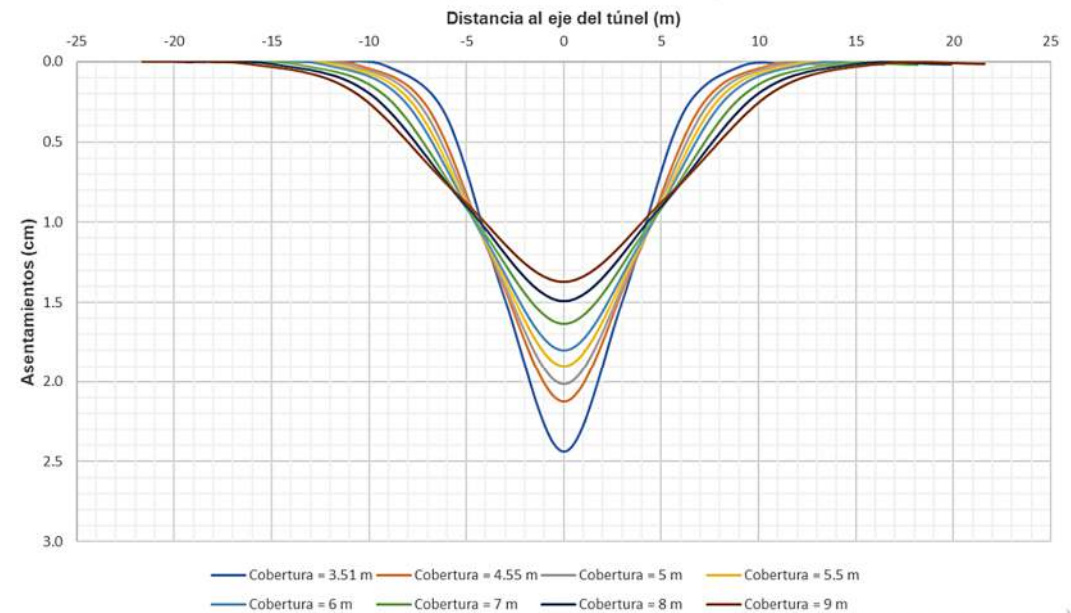
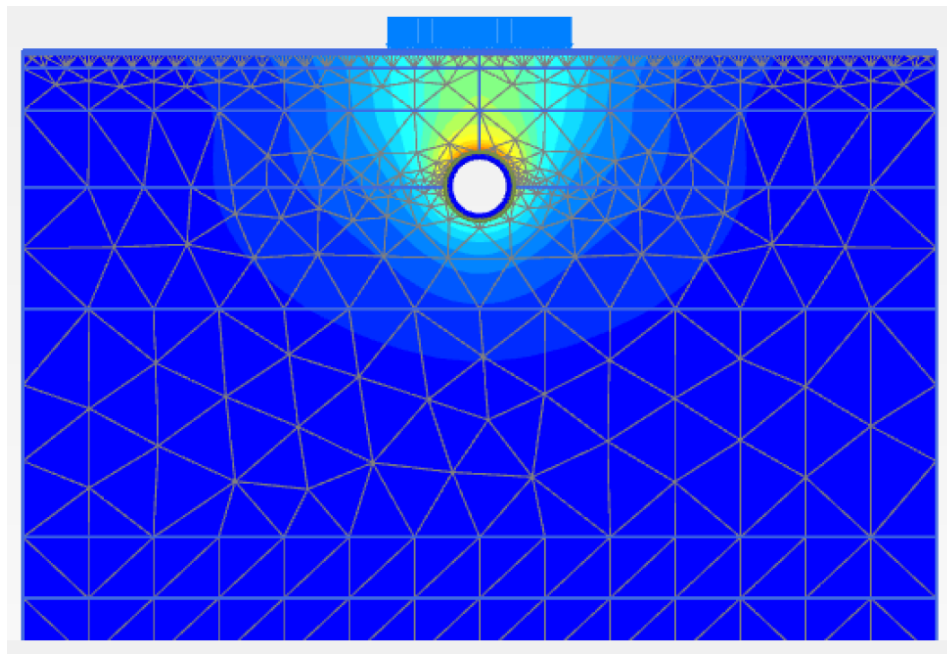
Cartagena de Indias
COLOMBIA 2023

LAMST
LATIN AMERICAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

TRABAJOS PRELIMINARES A LA CONSTRUCCIÓN

Estudios técnicos específicos III

Estudio de deformación del terreno y posibles subsidencias por el paso de la microtuneladora. Colapso del gap.



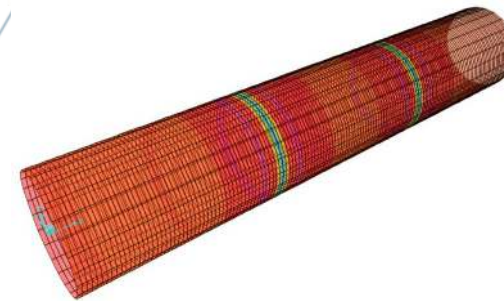
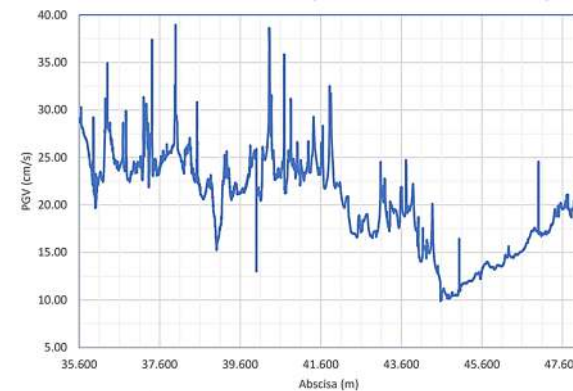
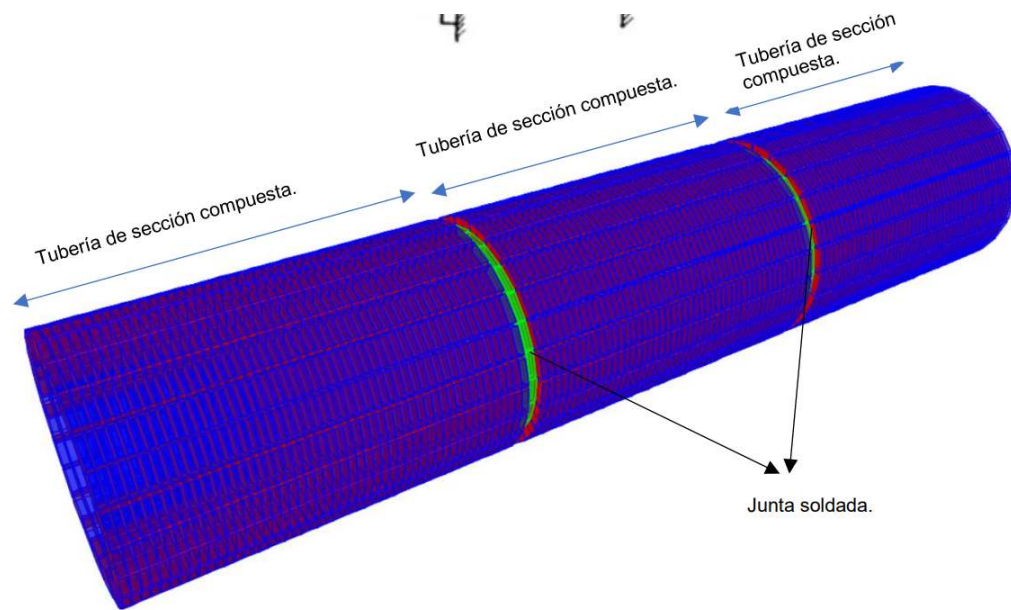
Cartagena de Indias
COLOMBIA 2023

LAMSTT
LATIN AMERICAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

TRABAJO PRELIMINARES A LA CONSTRUCCIÓN

Estudios técnicos específicos IV

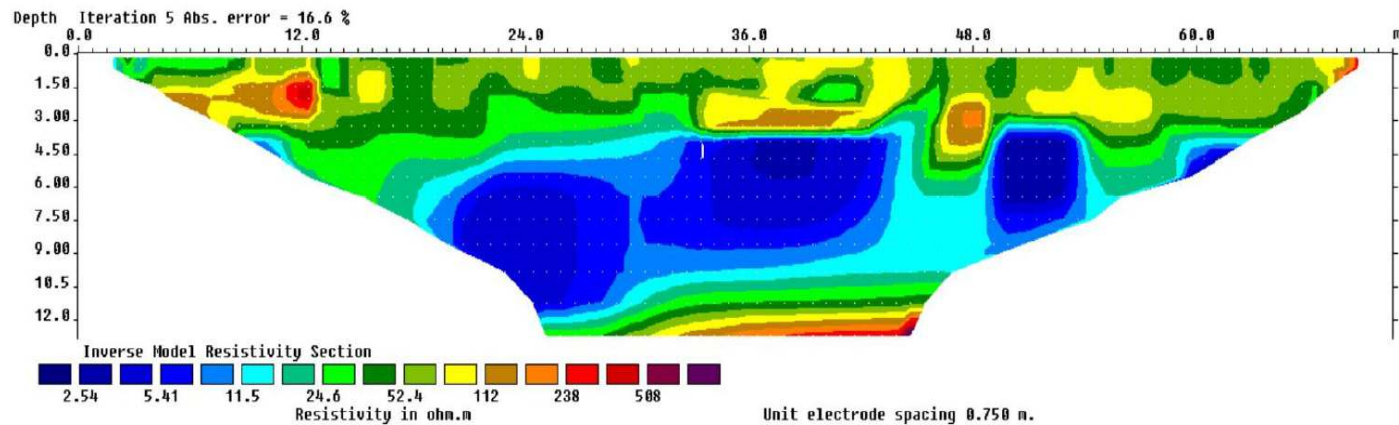
Análisis de detalle de la junta de la tubería: estructural, sismo, admisibilidad de deflexiones y aperturas Vs hermeticidad



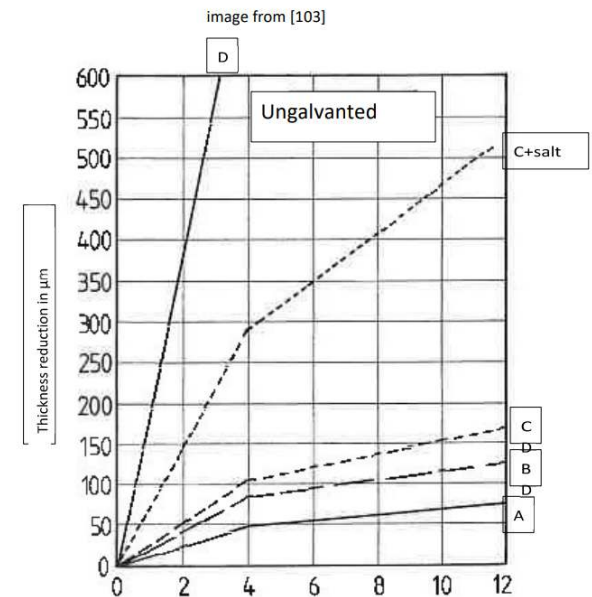
TRABAJOS PRELIMINARES A LA CONSTRUCCIÓN

Estudios técnicos específicos V

Análisis específico de corrosión del acero en función del agua de acueducto y agua freática de la ciudad.



Corrosion rates of unalloyed steel in soil [103] Copy of fig. 2.39 right

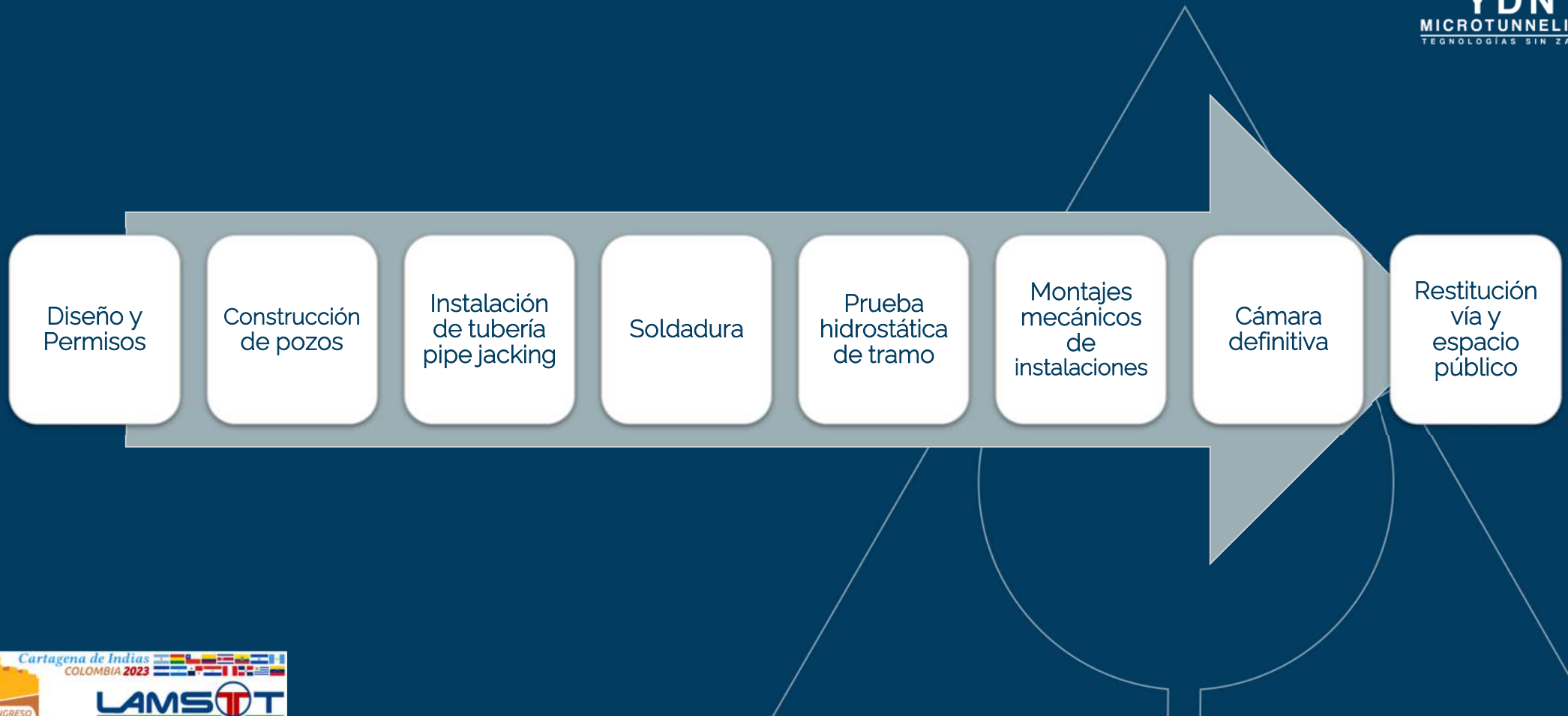


Cartagena de Indias COLOMBIA 2023



ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Secuencia constructiva



ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA CONSTRUCCIÓN



Construcción de pozos
2 FRENTES



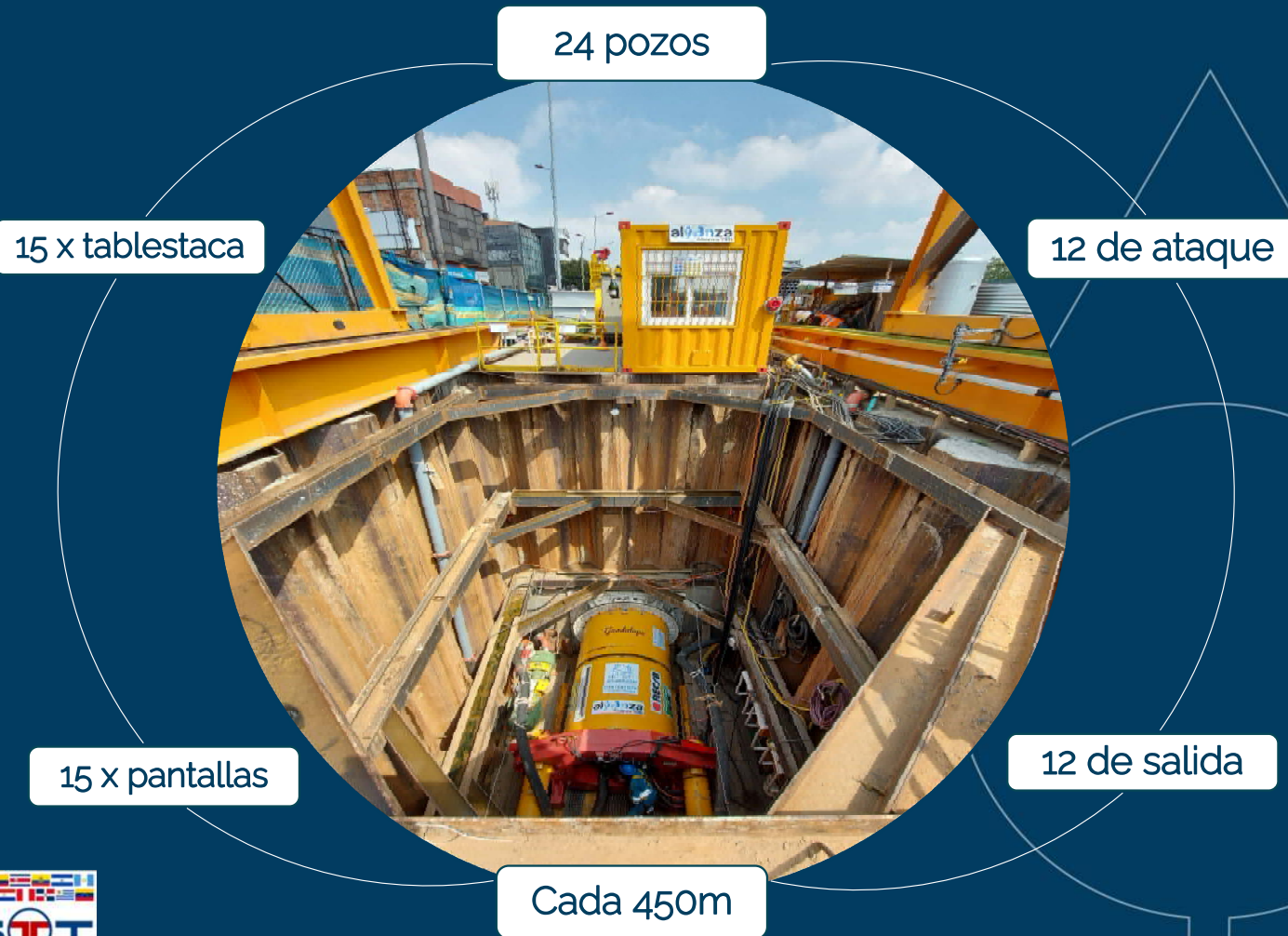
Instalación de tubería
2 FRENTES



Soldaduras e Inspección
2 FRENTES

TRABAJOS AL
NORTE
Y AL SUR DE
LA AVENIDA
SIMULTÁNEAMENTE

EJECUCIÓN DE LOS POZOS DE TRABAJO



EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN

Funcionamiento del sistema



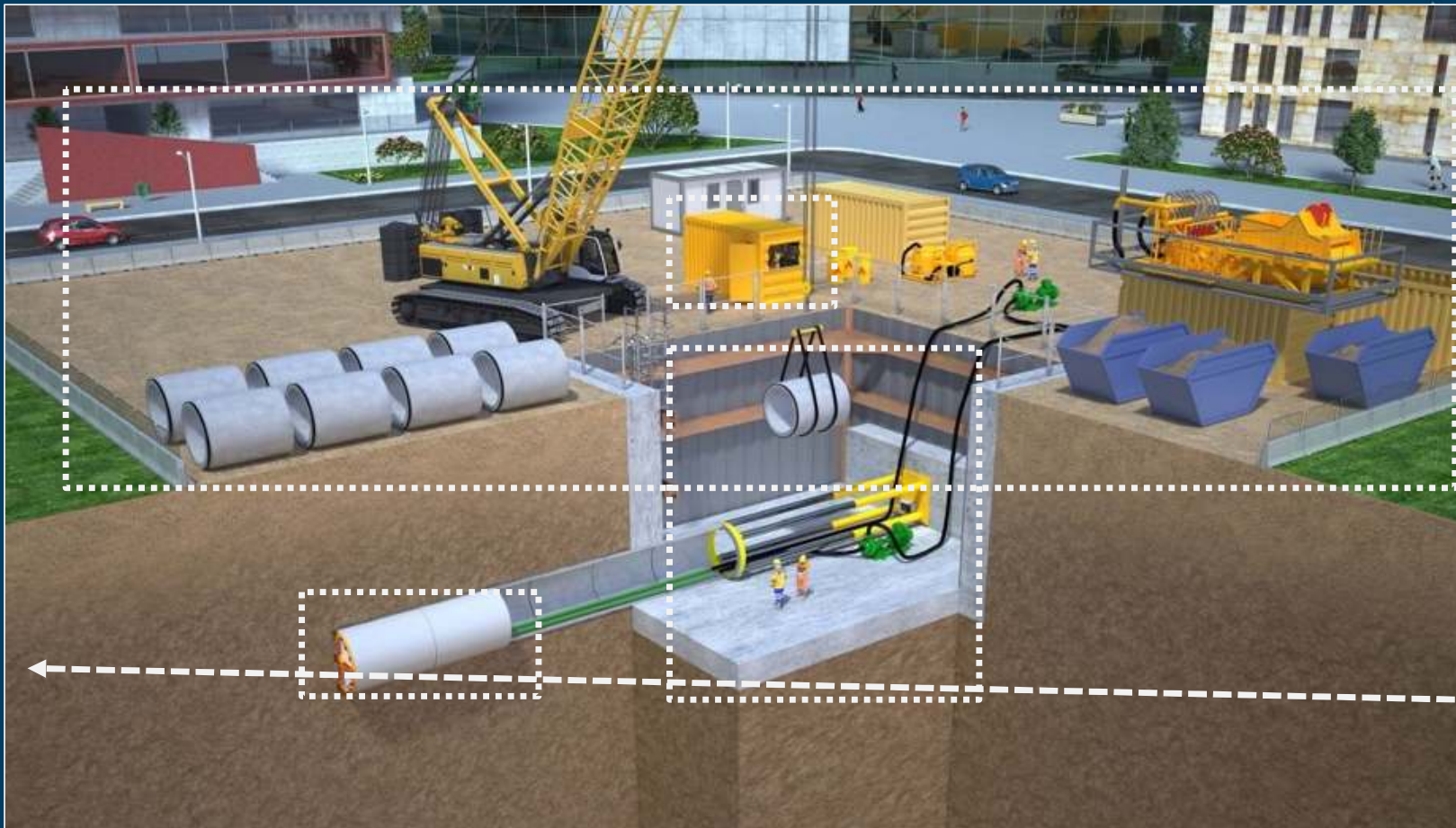
1 - TODA LA LÍNEA DE TUBERÍA Y TUNELADORA SE EMPUJAN DESDE EL POZO DE LANZAMIENTO. AVANCE Y EXCAVACIÓN - INSTALACIÓN TUBERÍA

2 - EXCAVACIÓN CONTROLADA MEDIANTE UNA PRECISA Y VERSÁTIL MICROTUNELADORA

3 - OPERACIÓN, CONTROL Y GUIADO EN SUPERFICIE, REMOTA, SIN ACCESO HUMANO

4 - EN SUPERFICIE SE CONCENTRA TODA LA OPERACIÓN, CAMPAMENTO Y ACOPIOS

5 - AL OTRO EXTREMO DEL TRAMO, SE UBICA EL POZO DE RECEPCIÓN PARA RECIBIR LA TUNELADORA



Cartagena de Indias
COLOMBIA 2023

LAMST
LATIN AMERICAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN

Funcionamiento del sistema



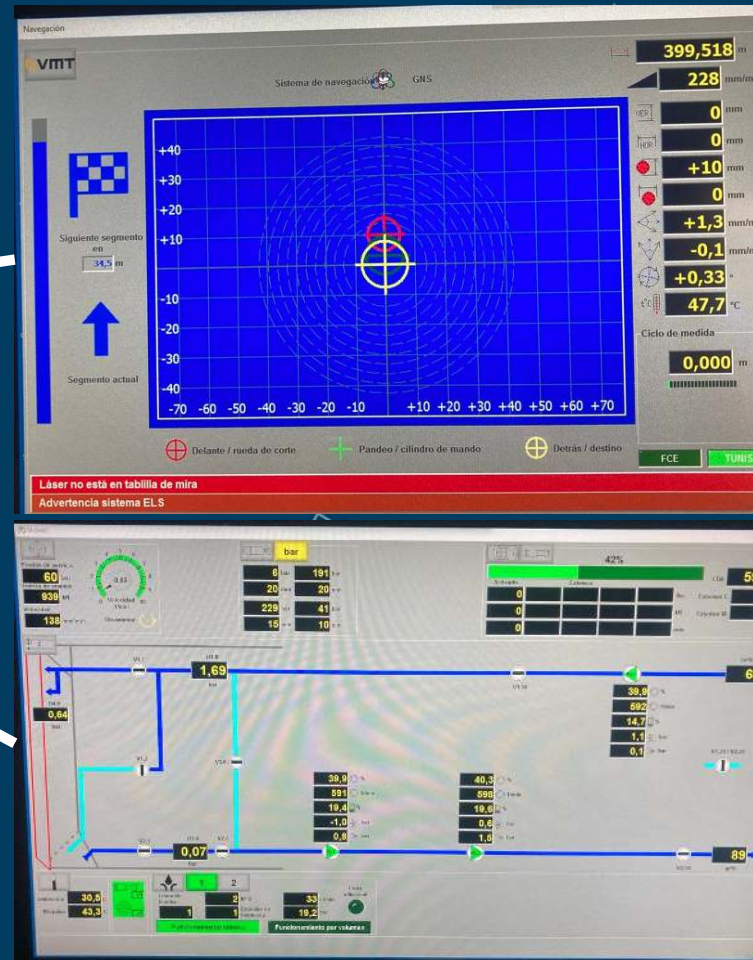
LANZAMIENTO DE LA TUNELADORA



EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN

Funcionamiento del sistema

OPERACIÓN Y EXCAVACIÓN



PANTALLAS DE
GUIADO
OPERACIÓN
Y MANDO

VISUALIZACIÓN
DIRECTA A
TIEMPO REAL.
PRECISIÓN
MILIMÉTRICA

EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN

Funcionamiento del sistema



SECUENCIA DE AVANCE



EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN

Funcionamiento del sistema

INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA DE HORMIGÓN



INSTALACIONES Y
TRANSMISIÓN DE
SERVICIOS:
ENERGÍA, AGUA,
AIRE A PRESIÓN,
DATOS, FLUIDOS
DE PERFORACIÓN...



VISTA DEL
INTERIOR
DEL TÚNEL
DURANTE
LA PERFORACIÓN

EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN

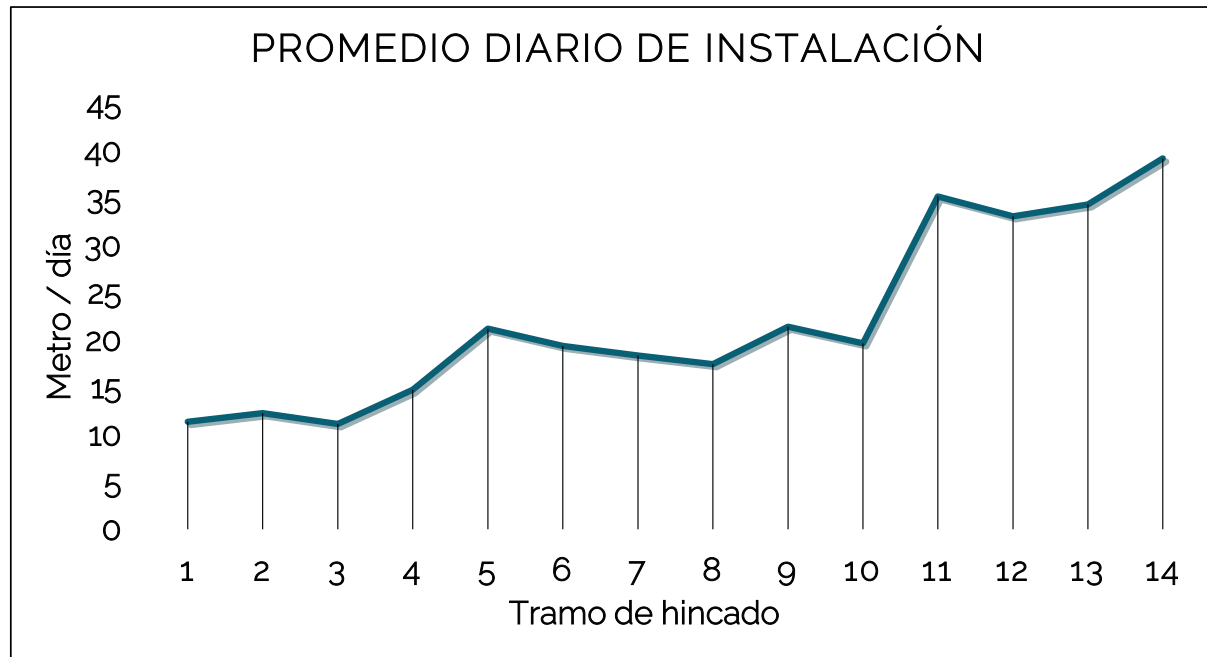
Funcionamiento del sistema

SALIDA DE LA TUNELADORA, CALE Y RESCATE



EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN

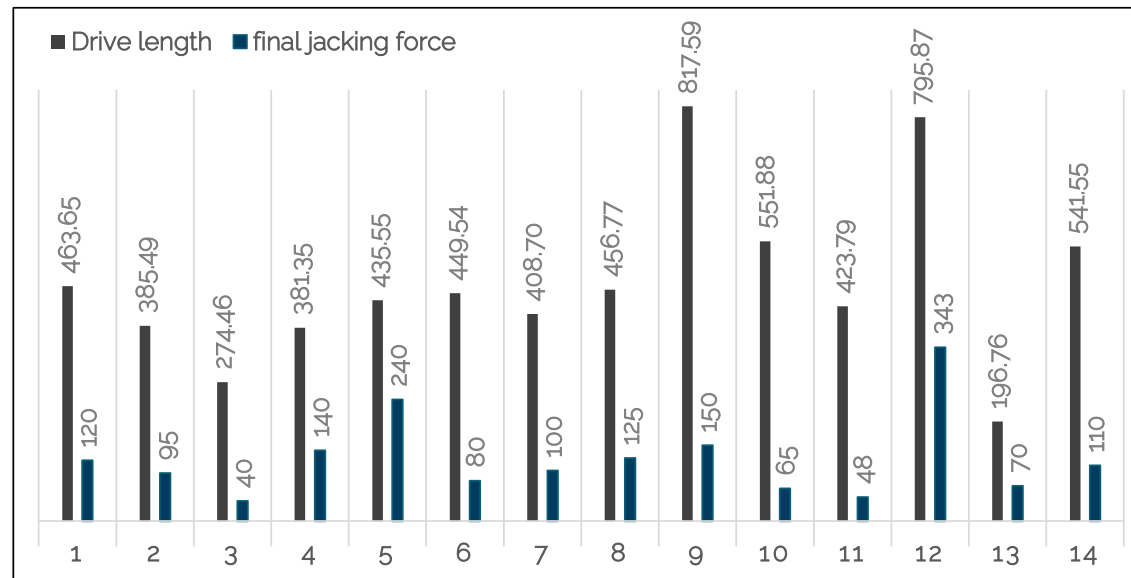
Rendimientos de instalación



- ❖ Rendimiento inicial estimado = 14 m/día
- ❖ Rendimiento promedio total tras 7000m = 23.4 m/día
- ❖ Rendimiento de las últimas cuatro hincas = 32.1 m/día
- ❖ Rendimiento diario máx. alcanzado = 60.5 m/día

EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN

Empujes y fricciones



Fuerza de empuje estimada al inicio (ton/m)	0.8
Capacidad máx. de empuje del bastidor (ton)	850
Capacidad máx. de empuje de la tubería (ton)	700
Promedio de fuerza de empuje - Actual (ton/m)	0.26
Empuje final para un tramo de 815m sin E.I. (ton)	150

EJECUCIÓN DE LA MICROTUNELACIÓN



Control y monitoreo geotécnico

Puntos de control topográficos en superficie sobre la traza para observación de subsidencias

360

Puntos de control topográficos asociados solo a pozos de trabajo

144

No. de piezómetros instalados

8

No. de inclinómetros instalados

21

4 abr. 2023 8:01:29 a. m.
72-99 Calle 81a
Engativá
Bogotá



Cartagena de Indias
COLOMBIA 2023

LAMST
LATIN AMERICAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

SOLDADURAS DE LA TUBERÍA DE HINCADO



No. de juntas soldadas	3.020
No. de puertos de inyección soldados	2.265
No. de estaciones intermedias soldadas	54
Soldadura total en fábrica (ML)	37.500
Soldadura total en obra (ML)	15.000
% de pruebas de inspección en campo	100%



Cartagena de Indias
COLOMBIA 2023



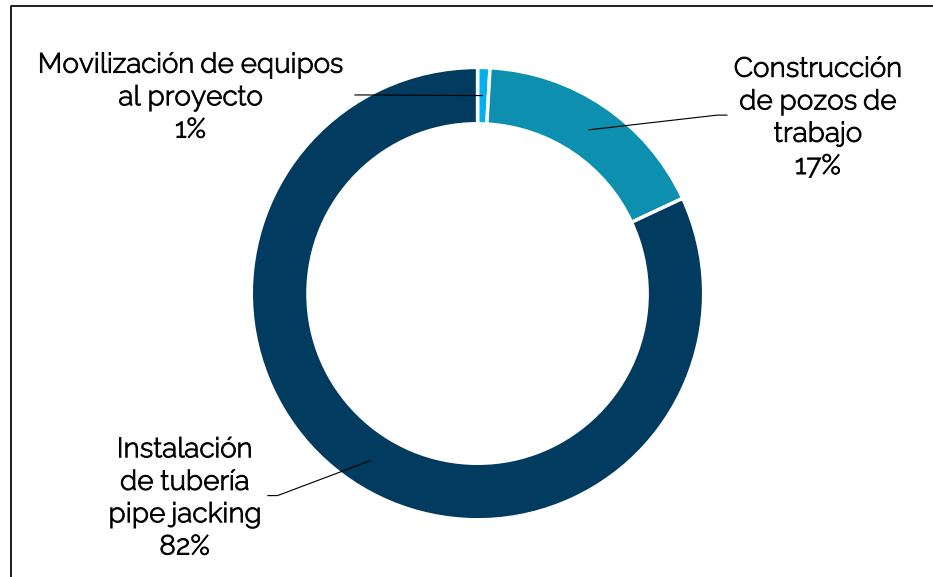
IMPACTO POSITIVO AL MEDIO AMBIENTE



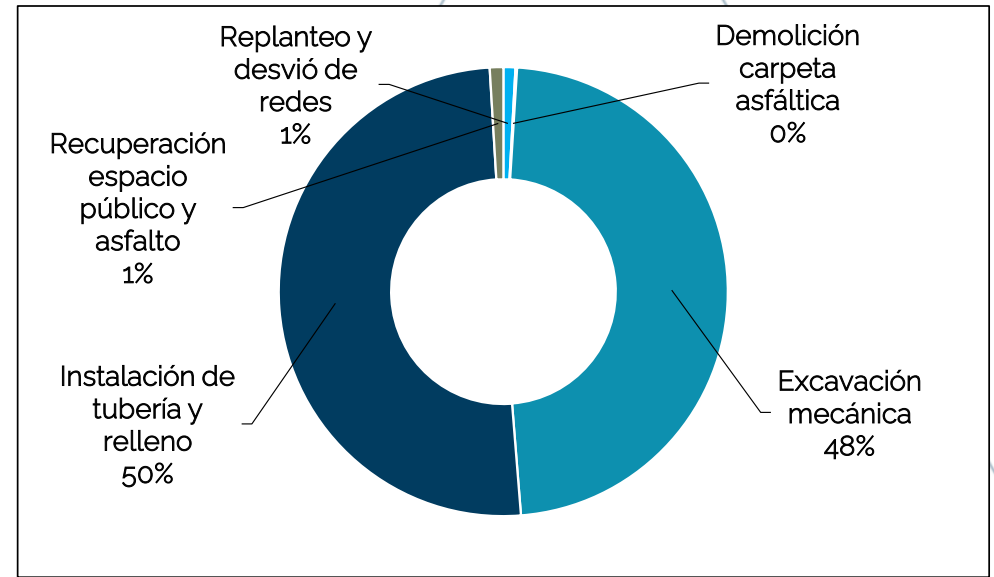
HUELLA DE CARBONO PIPE JACKING Vs ZANJA - I



ALUMNO VADIM O. NARANJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPT. DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ENERO, 2023
PROGRAMA: SIMAPRO FLOW



SIN ZANJA - PIPE JACKING

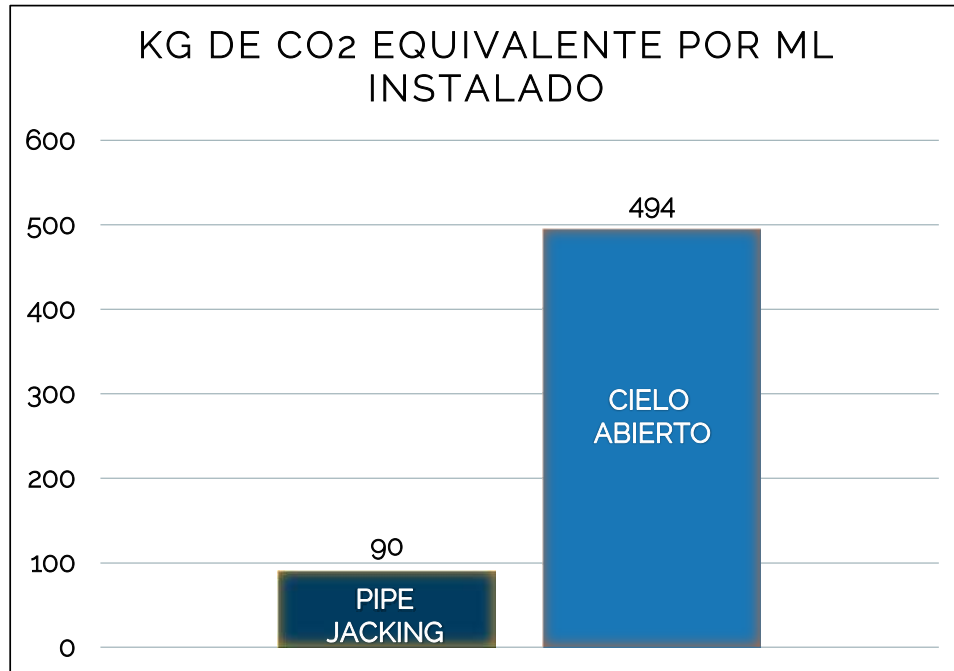


CIELO ABIERTO



IMPACTO POSITIVO AL MEDIO AMBIENTE

HUELLA DE CARBONO PIPE JACKING Vs ZANJA - II



PIPE JACKING

→ 5 veces menos emisión

- Equipos eléctricos
- Eficiencia de la maquinaria nueva y bien mantenida
- Volumen de excavación mucho menor, menos volquetas
- Rendimiento diario: 24 Vs 6 ML/día

GRACIAS



Ing. Juan José Hoyo Rodríguez
Gerente de Tecnologías Sin Zanja