



**Exitosas operaciones de excavaciones de túneles con TBM en
ambientes urbanos:
Proyecto Arroyo Maldonado en Buenos Aires**

Autores:

Enrico dal Negro – Mapei UTT intl.

Alessandro Boscaro – Mapei UTT intl.

Richard Schulkins – Mapei UTT intl.

David Laham – Mapei Argentina



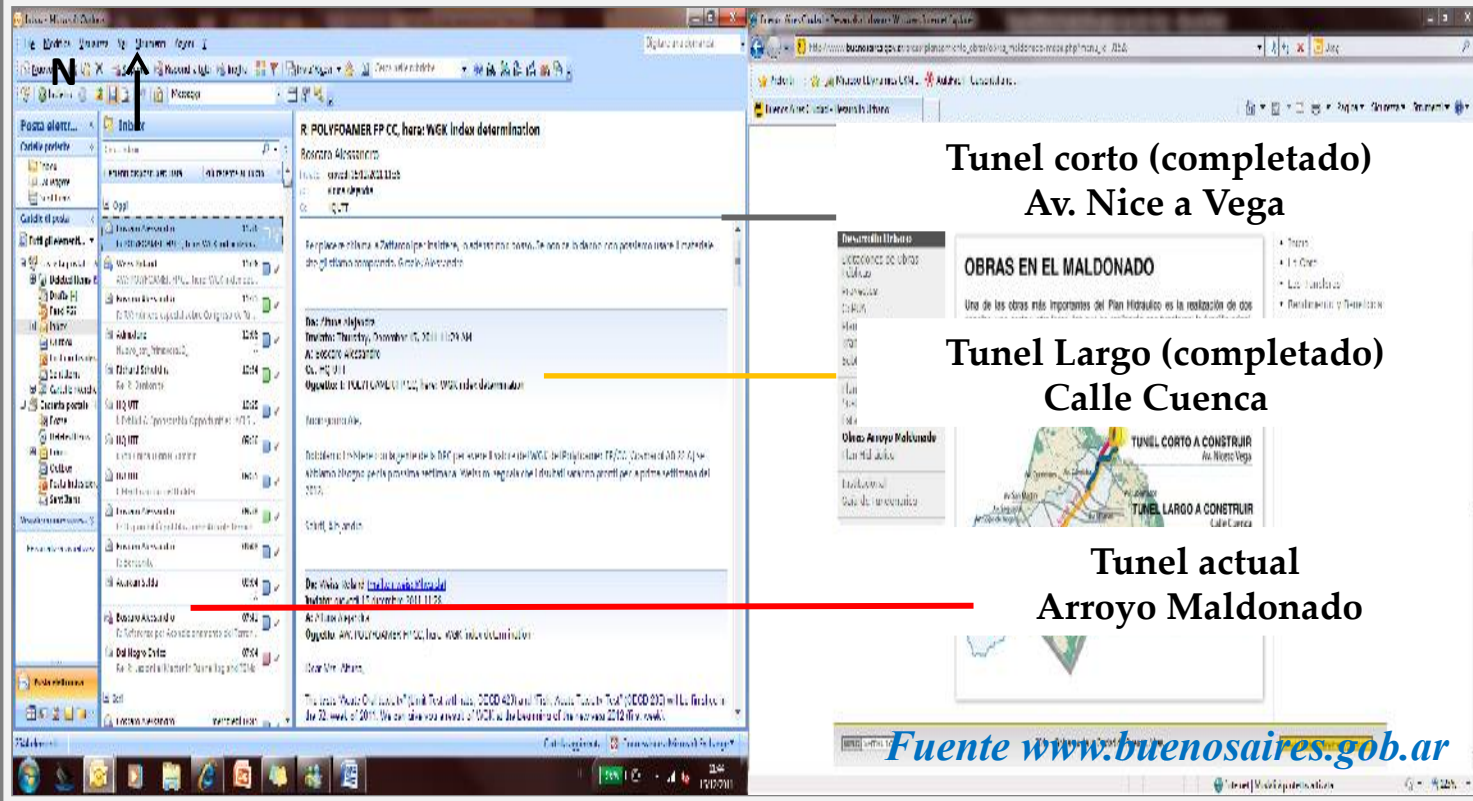
Buenos Aires, 6-7 Septiembre 2012



Túnel aliviador de agua “Maldonado”

El proyecto incluye:

- Dos túneles, total de aprox. 15 km
- 3 pozos para recolectar el agua en los túneles
- 1 gran pozo de salida
- 3 pozos para la ventilación



Tunel corto (completado)
Av. Nice a Vega

Tunel Largo (completado)
Calle Cuenca

Tunel actual
Arroyo Maldonado

Fuente www.buenosaires.gob.ar

Túnel aliviador de agua “Maldonado”

El proyecto incluye:

- Dos túneles, total de aprox. 15 km
- 3 pozos para recolectar el agua en los túneles
- 1 gran pozo de salida
- 2 pozos para la ventilación

Cliente:

**Gobierno de la Ciudad de
Buenos Aires**

Diseño:

GEODATA

Constructora:

GHELLA S.A.

-Subsidiaria Argentina



Fuente www.geodata.it



Diámetro de excavación: 7.90 m
Diámetro del anillo interno: 6.90 m

Longitud de los segmentos : 1.50 m
Espesor de los segmentos: 35 cm
Nro. de segmentos: 6+1



- Difíciles condiciones generales:

- Zona muy urbanizada
- Baja cobertura
- Agua subterránea con presión promedio de 2.0 – 2.5 bar

Túneles ubicados cerca de:

- Algunas de las calles principales de Buenos Aires
- 2 líneas de metro
- 2 viaductos
- 1 viaducto de ferrocarril
- Un viejo acueducto

Cobertura mínima: aprox. 13 m = 1,5 Φ

- Geología:

- Terreno con geología muy heterogénea con presencia de presión de agua
- Generalmente:
 - Capas de limo compacto y arcillas sobre los túneles
 - Arenas altamente compactadas con el “Acuífero Puelche” por debajo del túnel
 - Arcillas y limos arcillosos de consistencia muy firme (transición)
 - Limos y arcillas arenosas de consistencia muy firme a dura (Puelche Superior)

- Como minimizar la “pérdida de volumen”?

1. Control del frente de soporte
2. Control del volumen del suelo extraído
3. Rellenado del espacio anular entre los segmentos y el terreno

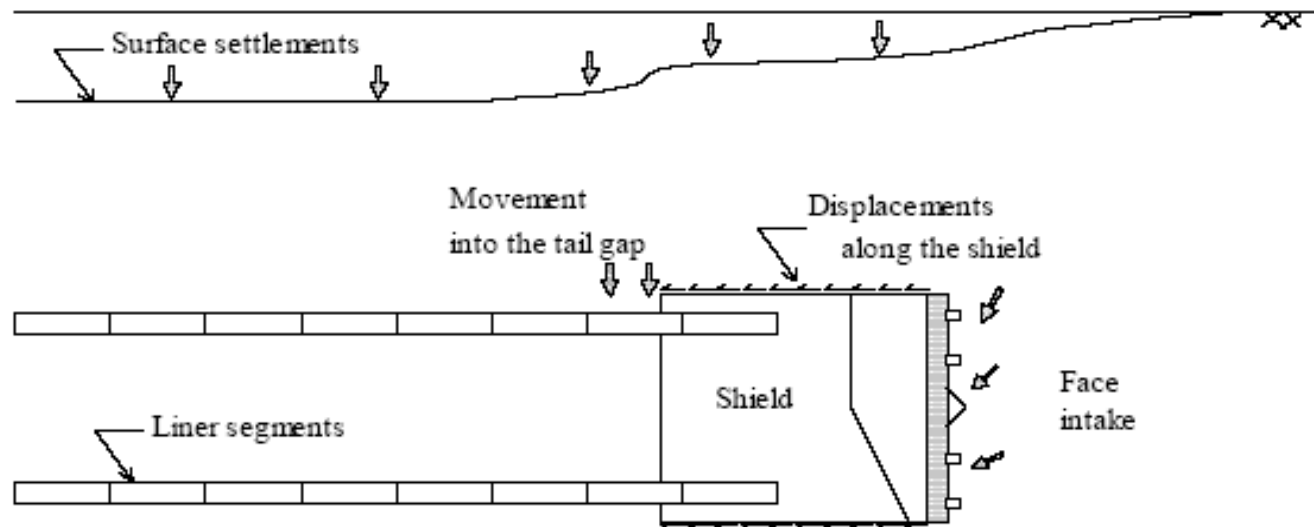


Figure 20 : Contribution to ground losses around a shield driven tunnel

- Como minimizar la “pérdida de volumen”?

-Control del frente de soporte

-Control del volumen del suelo extraído

-Rellenado del espacio anular entre los segmentos y el terreno



La importancia de un ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO apropiado, con el fin de:

Mantener la presión del frente de excavación

Hacer el terreno impermeable y además controlar los movimientos de las aguas subterráneas

- Como minimizar la “pérdida de volumen”?

- Control del frente de soporte

- Control del volumen del suelo extraído

- Rellenado del espacio anular entre los segmentos y el terreno

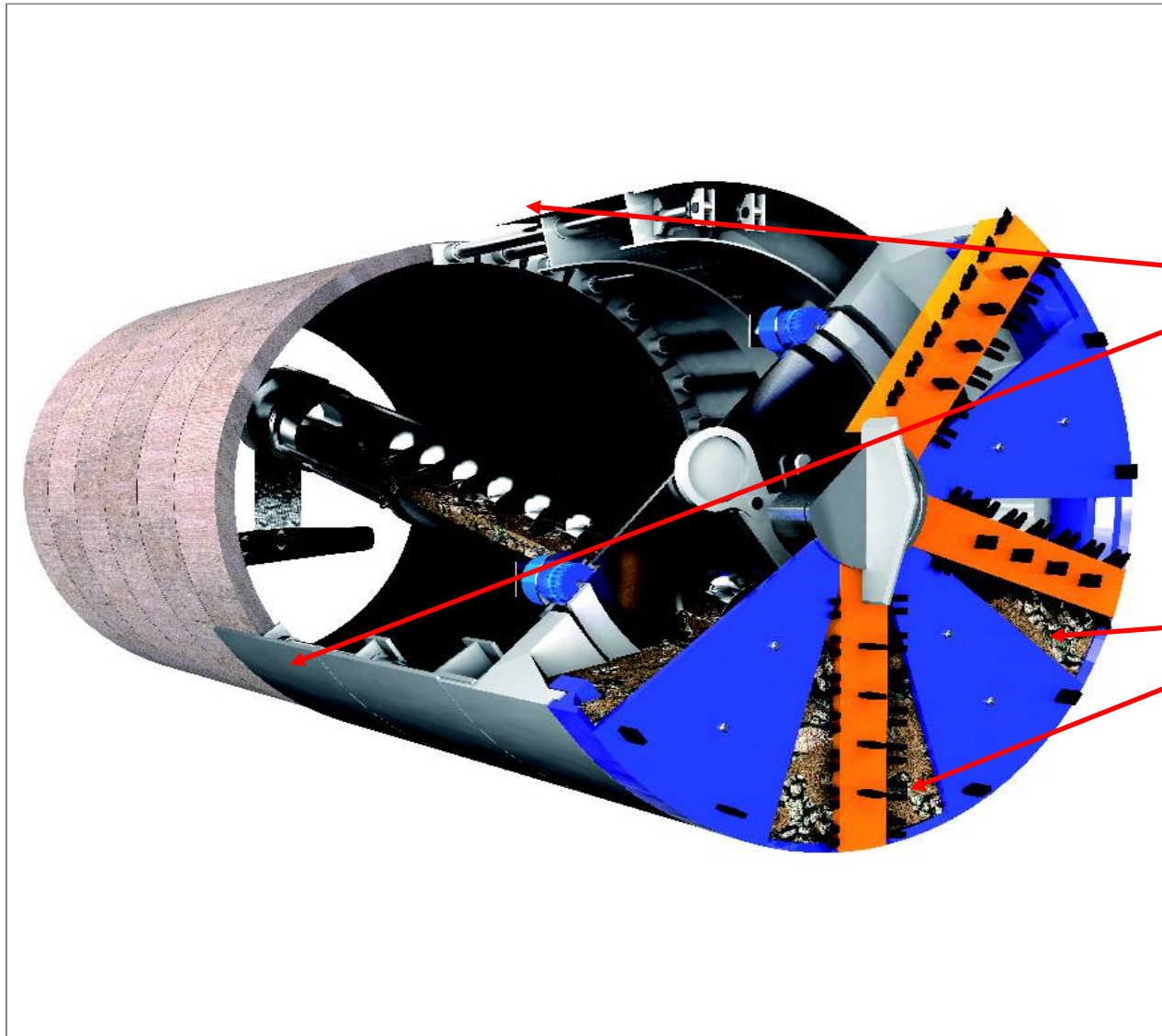


Importancia de operaciones de inyección de relleno, con el fin de:

- Rellenar inmediatamente el espacio anular con la lechada

- Evitar movimientos del terreno en el área

Un proyecto “ambicioso”

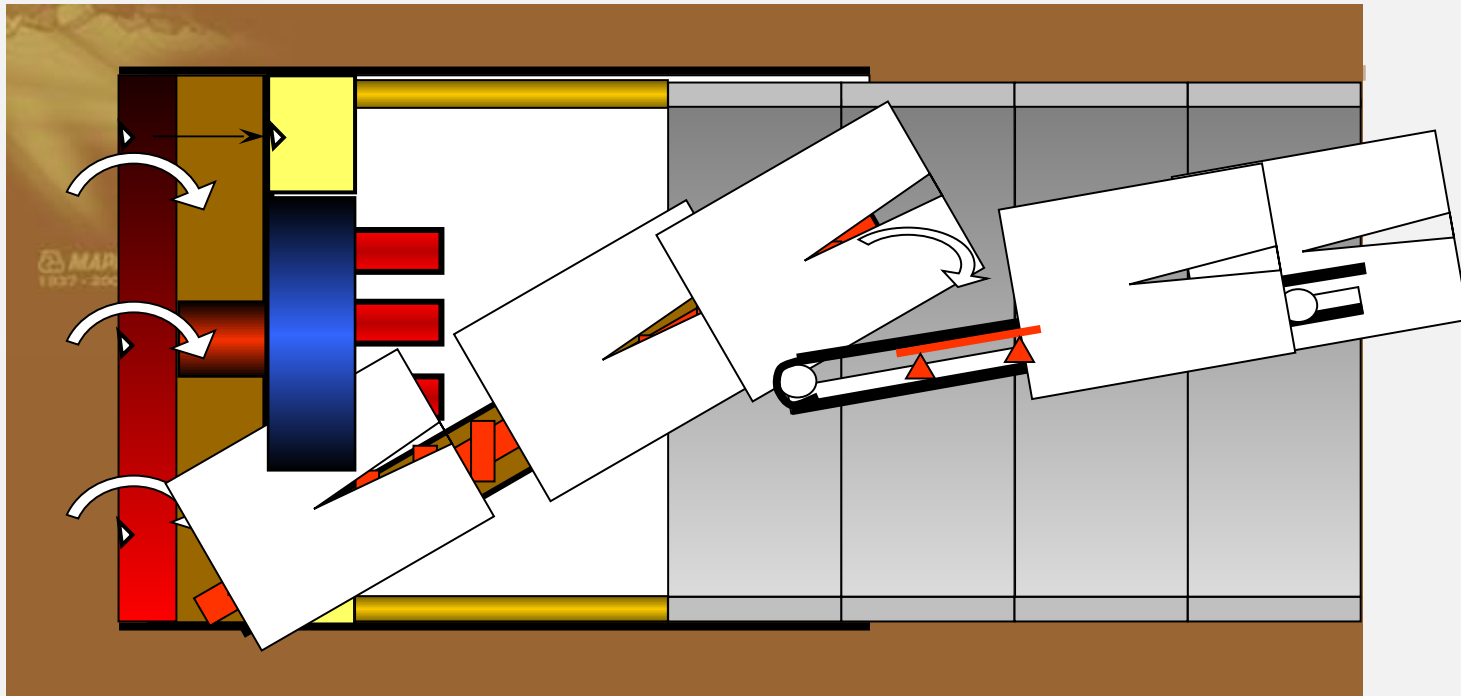


**Inyección de
relleno**

**Acondicionamiento
del terreno con
espumas y
polímeros**

Porqué acondicionar el terreno?

- Mejorar la estabilidad del terreno
- Mejor control de los movimientos del terreno
- Presiones uniformes en la cámara de excavación
- Actúa como un medio para transmitir la presión
- Control del agua subterránea



Acondicionamiento del terreno

Porqué acondicionar el terreno?

Pruebas de laboratorio previos al inicio de la excavación de la TBM, con muestras del terreno provenientes de la obra

1. **Optimización de los parámetros directamente sobre la TBM**
2. **Control continuo de los parámetros de la TBM y la consistencia del material extraído**





Añadir terreno seco



Añadir Espumas



Resultado



Muy mojado



Muy seco



OK

Acondicionamiento del terreno



**Promedio de
parámetros
usados:**

$c = 2.0\%$

FER = 10 -14

FIR = 40 –

80%



Cadiem

Centro Argentino de Investigación y Ensayo de Materiales

X ~~MAPEI~~

CONDICIONAMIENTO

Sáenz Peña, 17 de Noviembre de 2008

AGUA

Ref.: Ensayos solicitados por GHELLA S.p.A.

Obra : OBRA PRINCIPAL TUNELES ALIVIADORES DEL EMISARIO
ARROYO MALDONADO

Atención : Ingra. *Clarena Echeverri*

INFORME TECNICO

Se elevan a continuación los resultados obtenidos en las determinaciones efectuados sobre una muestra de agua, extraídas por la Solicitante.

Identificación suministradas de las muestras

Muestra Nº	Identificación suministrada
88329	Agua de bomba-Zona de pozo-extracción 10/11/08

ANALISIS QUIMICOS

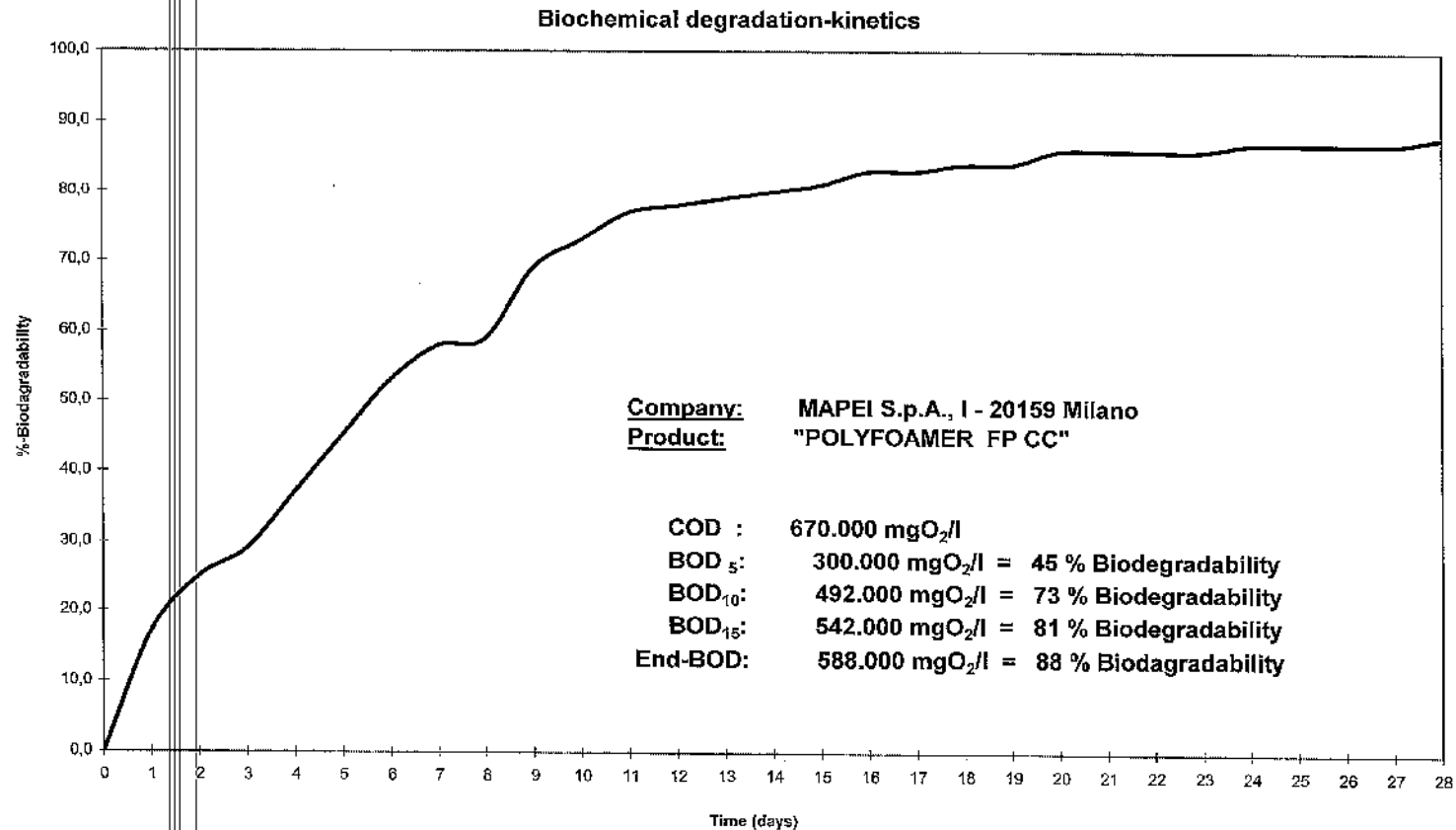
Muestra Nº	pH	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) mg/litro	Cloruros (Cl ⁻) mg/litro	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO ₂) mg/litro	Amonio (NH ₄ ⁺) mg/litro
88329	8.44	1158	1598	< 4	< 0.05



Ing. Lucía F. Bonforte
Dto. Técnico

HYGIENE-INSTITUT DES RUHRGEBIETS ZU GELSENKIRCHEN
 Rotthausen Straße 21, 45879 Gelsenkirchen - Ruf (0209) 9242-0

Appendix K-212318-12-WR



Träger des Hygiene-Instituts: Verein zur Bekämpfung der Volkskrankheiten im Ruhrkohlengebiet e.V., Gelsenkirchen

Producción mensual de la excavación de la TBM del “Túnel Corto”

Mes	Nro. de anillos excavados	Nro. de metros excavados
Oct 09	22	33
Nov 09	87	131
Dic 09	80	120
Ene 10	165	248
Feb 10	315	473
Mar 10	365	548
Apr 10	233	350
May 10	393	590
Jun 10	475	713
Jul 10	304	456
Ago 10	421	632
Sep 10	182	273
Promedio	254	380

Acondicionamiento del terreno

Producción mensual de la excavación de la TBM del “Túnel Largo”

Mes	Nro. de anillos excavados	Nro. de metros excavados
Feb 10	1	2
Mar 10	65	98
Apr 10	127	191
May 10	108	162
Jun 10	286	429
Jul 10	267	401
Ago 10	348	522
Sep 10	435	653
Oct 10	274	411
Nov 10	482	723
Dic 10	214	321
Ene 11	328	492
Feb 11	352	528
Mar 11	221	332
Apr 11	493	740
May 11	392	588
Jun 11	286	429
Jul 11	346	519
Ago 11	463	695
Sep 11	355	533
Oct 11	350	525
Nov 11	366	549
Promedio	298	447

Porqué realizar inyección de relleno?

- Rellenar totalmente el espacio anular y tan rápido como sea posible
- Detener el movimiento del terreno
- Bloqueo del anillo en su posición según el diseño
- Distribuir homogéneamente las cargas



Porqué realizar inyección de relleno:

- Las dos EPB fueron equipadas con un sistema de inyección de relleno bi-componente:
 - Componente A: lechada super-fluida
 - Componente B: acelerador
- Seis pares de líneas para la Componente A y cuatro para la Componente B
- Control continuo de los volúmenes y presiones de inyección de relleno







Presencia de lechada endurecida detrás de los segmentos

Volumen teórico de relleno de lechada necesaria por anillo (m3)	Volumen total de relleno de lechada inyectada por anillo (m3)	Presión media (bar)		Terreno vs presión de inyección de relleno (bar)
5.7	6.1	Terreno (P1)	Inyección de relleno (Linea 1)	
		2.00	2.30	

La presión de la lechada debe ser ligeramente superior a la presión del terreno, para asegurar un llenado correcto y completo del espacio vacío del anillo

Volumen inyectado total y teórico vs avance de anillo, "Túnel Corto"

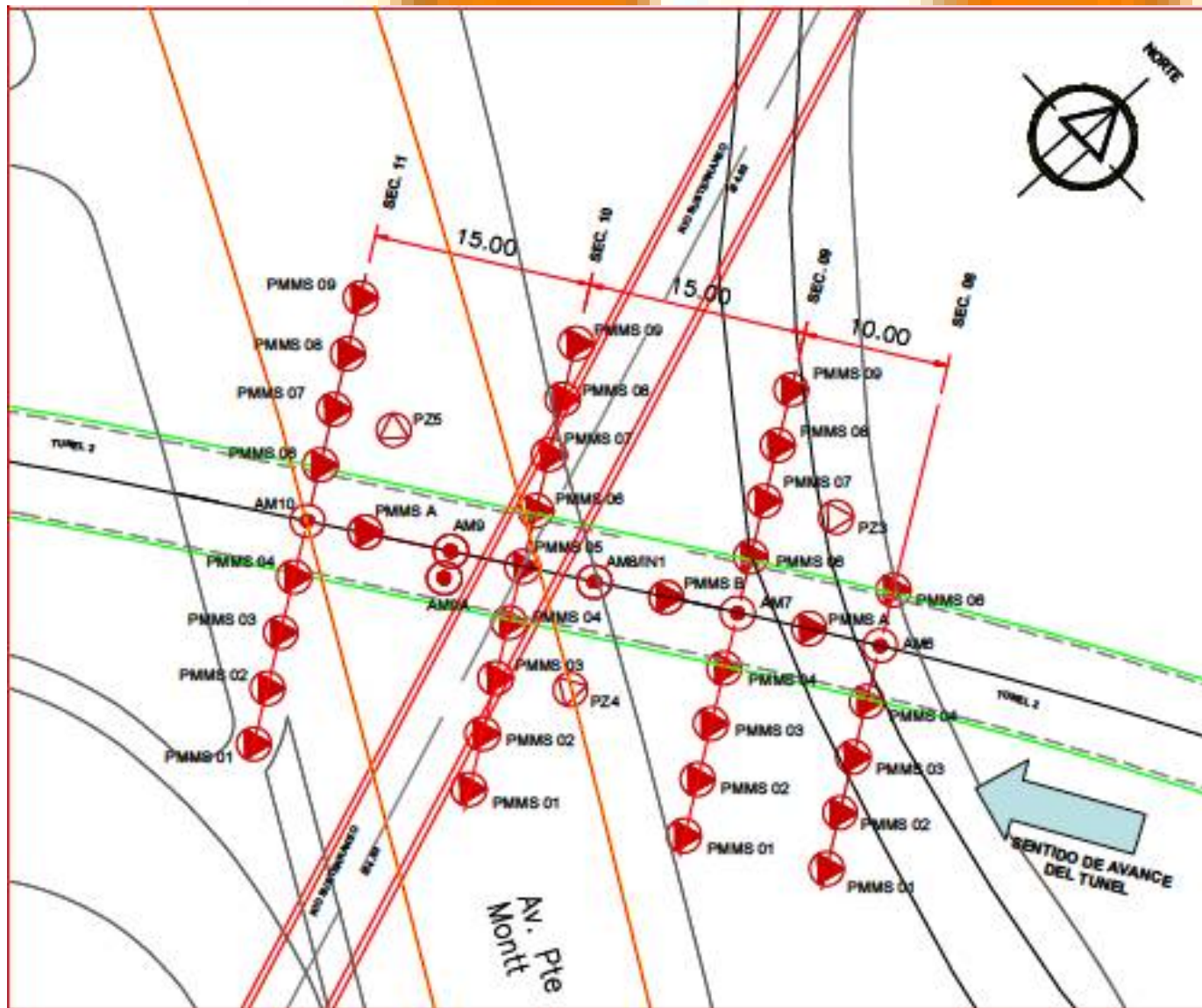
Cantidad de inyección de lechada

10
9
8
7
6
5
4

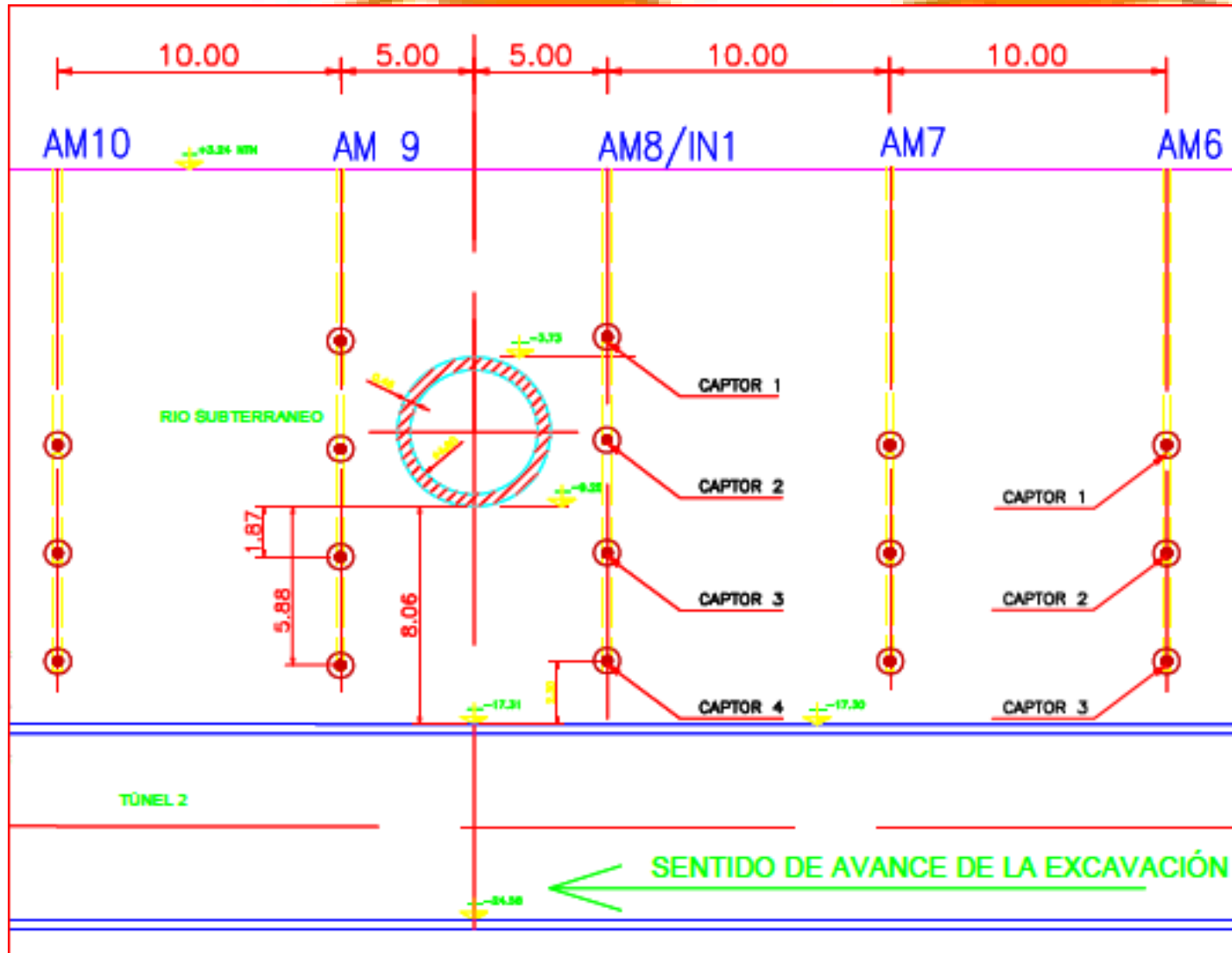
Avance de anillos

Volumen total de lechada (m3)

Volumen teórico total (m3)



Posición de
los inclinómetros



Posición de los
inclinómetros

Avance	Fecha	Asentamientos [mm]
0+048.00	16/12/09	-2.6
0+087.50	04/01/10	-0.7
0+243.89	06/02/10	-1.0
0+682.80	16/04/10	-2.0
0+866.82	13/04/10	0.6
0+904.70	13/04/10	-0.7
1+549.34	16/04/10	-0.1
1+929.72	22/12/11	-1.6
1+934.09	22/12/11	-1.0
1+954.09	28/06/10	0.0
2+146.00	01/12/11	-1.9
4+459.60	12/12/11	-2.1

GRACIAS

