

LA LÍNEA 3 DEL METRO DE SEVILLA

José Luis de Justo Alpañés

**Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Profesor Emérito por la Universidad de Sevilla
Presidente de la Real Academia Sevillana de Ciencias**

José Luis de Justo Alpañés

1. Los antecedentes del metro de Sevilla

- **Plan decenal del Ayuntamiento de Sevilla de 1968**
- **Proyecto de Ley sobre Construcción y Explotación del Metro de Sevilla**
 - Aprobado por Las Cortes en 1975 y nunca derogado.

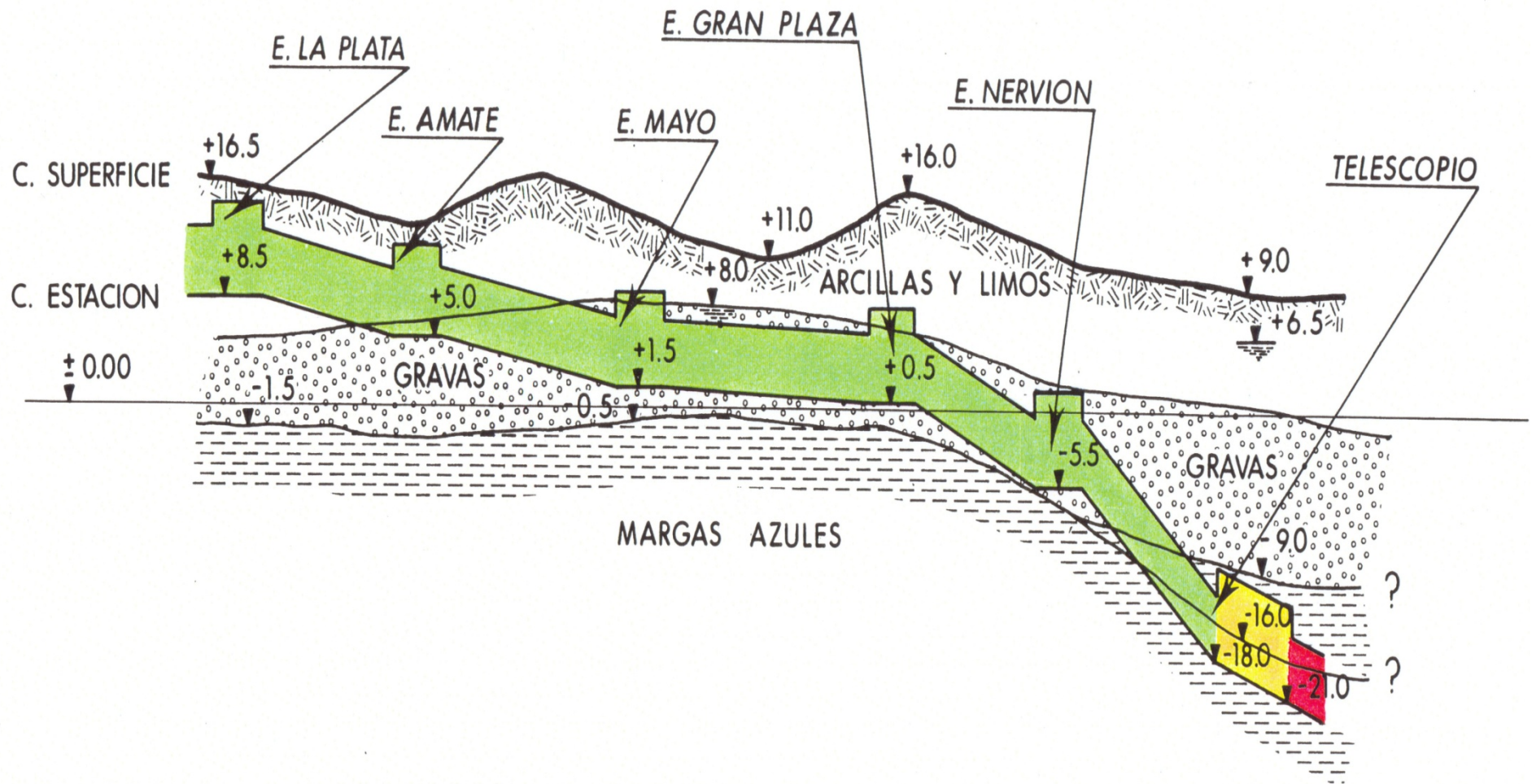
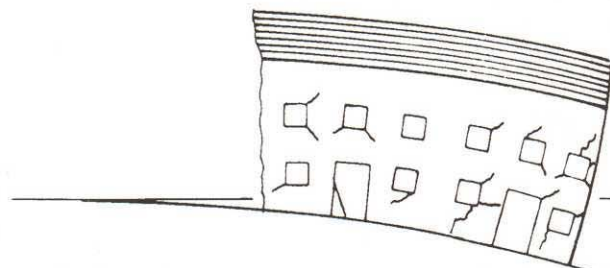


Fig.1. Perfil longitudinal de la Línea 1 de La Plata a Telescopio

José Luis de Justo Alpañés

Fig. 2



Hipótesis

$$V_s/V_o = 2\%$$

$$i/z_o = 0,50$$

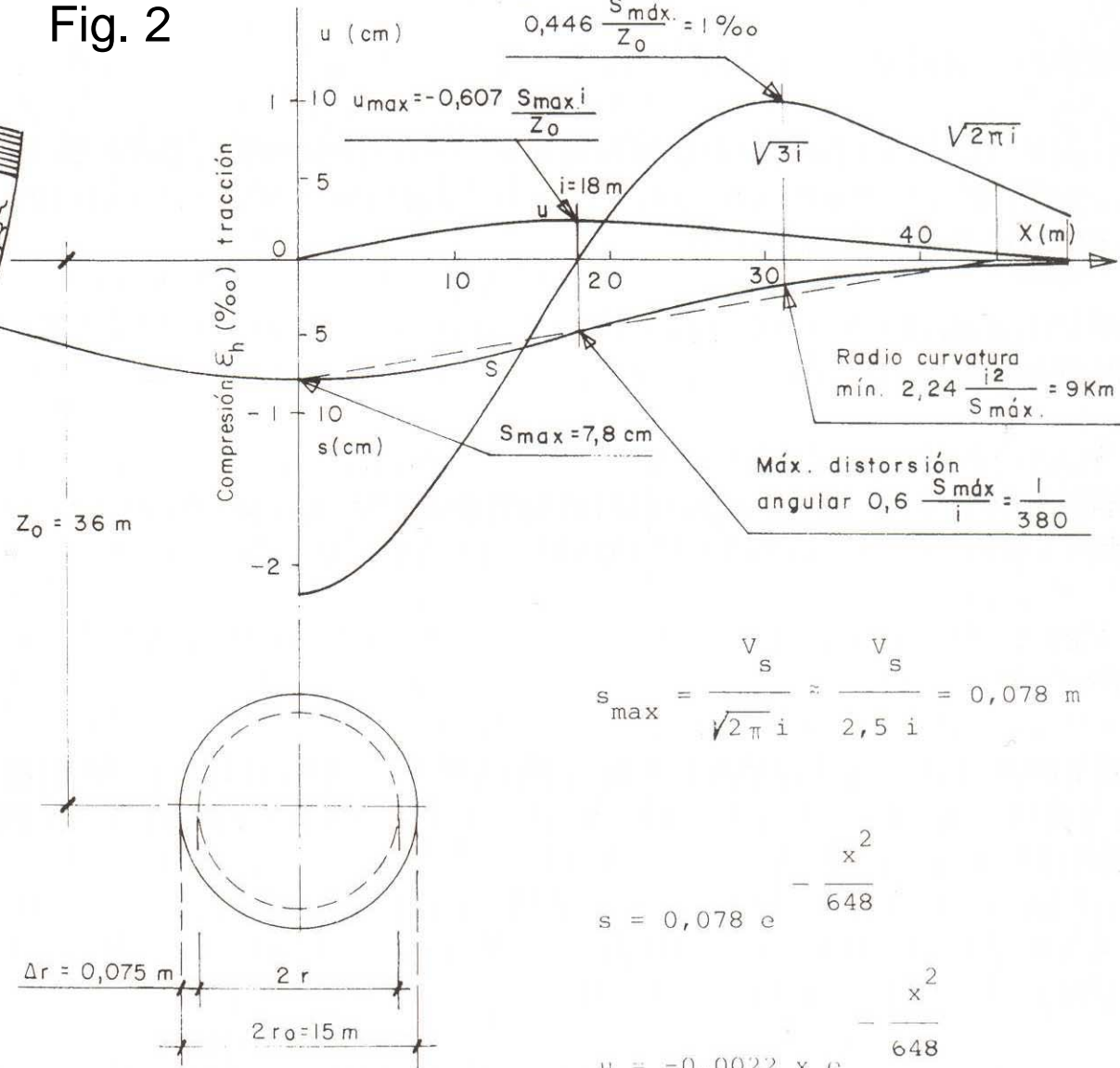
$$V_o = \pi r_o^2 = 176,7 \text{ m}^3$$

$$\Delta V = \pi(r_o^2 - r^2) = \pi(r_o + r)(r_o - r)$$

$$\Delta V \approx 2\pi r_o \Delta r$$

$$\frac{\Delta V}{V_o} = \frac{2\Delta r}{r_o}$$

$$V_s \approx \Delta V = 3,5 \text{ m}^3$$



$$s_{max} = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi i}} \approx \frac{V_s}{2,5 i} = 0,078 \text{ m}$$

$$s = 0,078 e^{-\frac{x^2}{648}}$$

$$u = -0,0022 x e^{-\frac{x^2}{648}}$$

2. Suspensión de las obras del metro de los años 70

- En febrero de 1983, los desperfectos ocasionados en el edificio de La Equitativa desencadenan una campaña de prensa contraria al metro de Sevilla.
- El 4 de marzo de 1983, la Comisión Asesora creada por el Ayuntamiento de Sevilla acuerda la terminación de las estaciones y la paralización total de las obras en 1984.

Fig. 3. Lo que
no debe
ocurrir.

Una campaña
de prensa
cuestionando
el metro de
Sevilla



José Luis de Justo Alpañés

3. Las razones de dicha suspensión

- Los problemas del metro de los años 70 surgen en las estaciones profundas, construidas con el nuevo método austriaco. Hoy en día dicha construcción se tendría que hacer, en general, con tuneladora.
- En cualquier caso los edificios dañados se han reparado sin mayores problemas.

**4. PLAN
DE TRANSPORTE METROPOLITANO
DEL ÁREA DE SEVILLA:

PLAN DE MOVILIDAD SOSTENIBLE**

Febrero de 2006

José Luis de Justo Alpañés

Tabla 1. Evolución de la emisión de gases contaminantes por el transporte privado en el área metropolitana
Impacto ambiental insostenible

Emisiones anuales debidas al tráfico (t)						
Año	CO	Óxidos de nitrógeno	Compuestos orgánicos volátiles sin metano	CH₄	Partículas sólidas	CO₂
2004	19.290	1.770	2.040	180	180	407.160
2020	34.140	3.150	3.630	300	330	720.360

4.1. Modelo «actual» de movilidad metropolitana

- El medio de transporte más empleado por los sevillanos es el automóvil (69%) seguido por el desplazamiento a pie (44%) y el autobús (37%). Bicicleta (16%)
- Insostenible ambientalmente (ruido, contaminación).

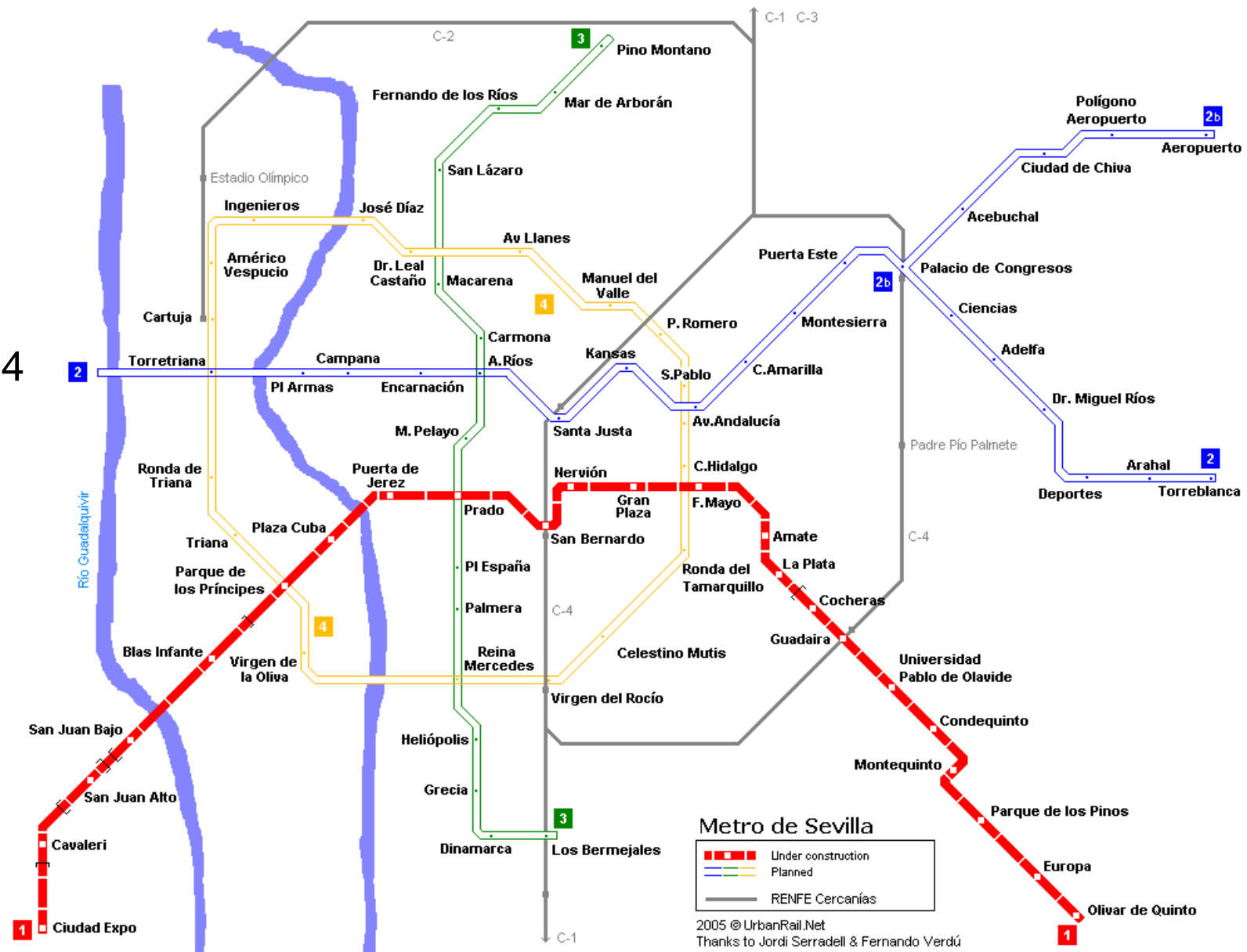
4.2. Soluciones

- **Ventajas del transporte público:**
- Reducción de la emisión de contaminantes a la atmósfera.
- Transporte público emite 150 veces menos CO₂ por viajero y kilómetro que el privado.
- El usuario de transporte público ocupa 100 veces menos espacio.
- El transporte público es 20 veces más seguro.

4.3. Soluciones

- Tendencia al uso de vehículos menos contaminantes (híbridos y eléctricos)
- **¡ La alternativa es el metro con sus cuatro líneas!**

Fig. 4



José Luis de Justo Alpañés

5. La línea 1 del metro actual

- Combina el sistema de pantalla en tramos superficiales con un túnel semi-profundo (ejecutado con tuneladora EPB), a través de arenas o zahorras.

5.1. Desarrollo de las obras de la línea 1

- Tras 18 años de parada, en el año 2002 comenzaron de nuevo las obras. Hay que destacar a la Consejera de Obras Públicas y Transportes entre 2000 y 2008, Concepción Gutiérrez del Castillo, en la gestión y construcción de la línea 1. El 2 de abril de 2009 se inaugura la línea I del nuevo metro de Sevilla sin mayores problemas. Entretanto ciudades como Valencia, con un área metropolitana semejante a la de Sevilla y con 9 líneas, y Bilbao (con un área mucho menor), que empezaron mucho más tarde, tienen sus metros terminados.

6. Promesas

- Según la Asociación *Sevillasemueve*, en enero de 2010, la entonces Consejera de Obras Públicas y Transportes *afirmó que los proyectos de las líneas del metro de Sevilla debían salir a exposición pública a lo largo de 2010 para que las obras comenzaran antes de final de año o a principios de 2011.*

7. El futuro del metro de Sevilla

- La Junta estima la inversión necesaria para las líneas 2, 3 y 4 en 3706 millones de euros. Nadie pide que se inicien las tres conjuntamente.
- En septiembre de 2012, el Diario El Mundo citaba unas declaraciones del entonces Presidente de La Junta de Andalucía: *La única certeza ahora es que **los sevillanos son los únicos que tienen metro**. Granada y Málaga también lo tendrán. Granada porque está abierta en canal y tiene la financiación garantizada a través del Banco Europeo de Inversiones. Málaga porque lo tiene en obras avanzadas y que en cuanto a las nuevas líneas del metro de Sevilla, el ex-Presidente no descartó que en el futuro se retomen, si existe posibilidad presupuestaria, y si hay consenso con el Gobierno central para que se comprometa con su financiación.* Sin embargo, la línea I construida es un metro que enlaza Sevilla con su área metropolitana, el Aljarafe y Dos Hermanas, pero en absoluto es un metro que solucione para nada el problema de la ciudad. ¿Con tanta ayuda que ha llegado de la Unión Europea, no se ha podido pedir financiación semejante para el metro de Sevilla? ¿En 2012 ya no preocupaba la contaminación señalada por el **PLAN DE MOVILIDAD SOSTENIBLE DE FEBRERO DE 2006**?

7. El futuro del metro de Sevilla

- Según una información de Ana Sánchez Ameneiro, el Gobierno andaluz no ha dudado en construir en solitario otros transportes ferroviarios (metros y tranvías) en otros municipios andaluces con mucho menos peso en la población que Sevilla y su área metropolitana, y con una inversión global que supera los 935 millones de euros con escasa o nula rentabilidad. Es el caso de los tranvías de Vélez-Málaga y Jaén, el tren tranvía de Bahía de Cádiz, y el Metro de Granada. En Sevilla, su inversión más reciente ha sido el tranvía de Alcalá de Guadaíra que va a conectar con la línea 1 de Sevilla.
- **El coste de las dos líneas del metro de Málaga es, por el momento, 870 millones de euros**

8. La línea 3 del metro de Sevilla

- La línea 3 del metro es la línea NS, de Pino Montano a los Bermejales, que pasa por la Macarena y Las Rondas, con futura ampliación al barrio de Bellavista.
- Longitud 13,3 km: en superficie 1,7 km, subterráneo 11,5 km.
- Presupuesto base de licitación total: 1179 millones de euros (89 M€/km)
- Presupuesto base licitación tramo I: (Pino Montano-Prado de San Sebastián): 681 M€
- Profundidad media línea: 8-10 m
- Profundidad media estaciones: 12 m (max. 20 m)
- Parece ser que el Alcalde de Sevilla ha firmado un principio de acuerdo, que prevé una financiación tripartita por las tres administraciones interesadas, del tramo I de la línea 3, por un importe del orden de los 700 millones de euros.
- La Junta sostiene que es la línea más rentable social y económicamente. Entre las razones que se dan para escoger esta línea está el hecho de su enlace con la línea 1, precisamente en el Prado de San Sebastián.

8. La línea 3 del metro de Sevilla

- La línea 3 estará interconectada con la red de **Cercanías de Renfe** en la estación de Pino Montano, en su extremo norte con la línea C2. También coincidiría en su trazado con el tranvía Metrocentro en la estación del Prado de San Sebastián.
- Según el Consejero de Fomento, la conexión en cuestión es la que beneficiaría a una mayor población que **abarca los 150.000 habitantes en un radio de 500 metros del trazado.**
- En su recorrido norte, discurre por dos de los distritos municipales de la ciudad más poblados: Norte (Pino Montano) y Macarena. Igualmente, daría cobertura al **Hospital Virgen Macarena**, así como a los campus universitarios de la **Universidad de Sevilla**, situados en Reina Mercedes, el Prado y la Macarena.

9. Trazado

- 1. Comienza con un tramo en superficie desde las cocheras
- 2. Continúa con un tramo en subterráneo por una serie de calles que se supone que tienen una anchura suficiente para soportar el metro construido mediante pantallas:
 - Agricultores
 - Ronda urbana norte
 - Fernando de los Ríos
 - Av. Dr. Fedriani
 - Hospital Virgen Macarena (bajo aparcamiento)
 - San Juan de Ribera
 - Muñoz León
 - Las Rondas
 - Prado de San Sebastián
 - Los Bermejales

10. Corte del terreno

- **Hospital Virgen Macarena (profundidades capas)**
 - Relleno flojo 2-3 m
 - Arcilla arenosa densa 0-5 m
 - Arenas arcillosas de compacidad media 2-5 m
 - Techo de la grava: 2-7 m
 - Techo de la marga: 17 m
 - Nivel freático a 4 m de profundidad
- **En todo el trazado (profundidades)**
 - Profundidad del techo de la grava 3,3 m (cocheras)-14,7 m (Jardines de Murillo)
 - Profundidad del techo de la marga 14,6 m (Fernando de los Ríos)-20,3 m (estación del Prado)
- **Esto quiere decir que el fondo de la excavación (8-12 m) está prácticamente siempre dentro de la grava**

11. Estudio hidrológico

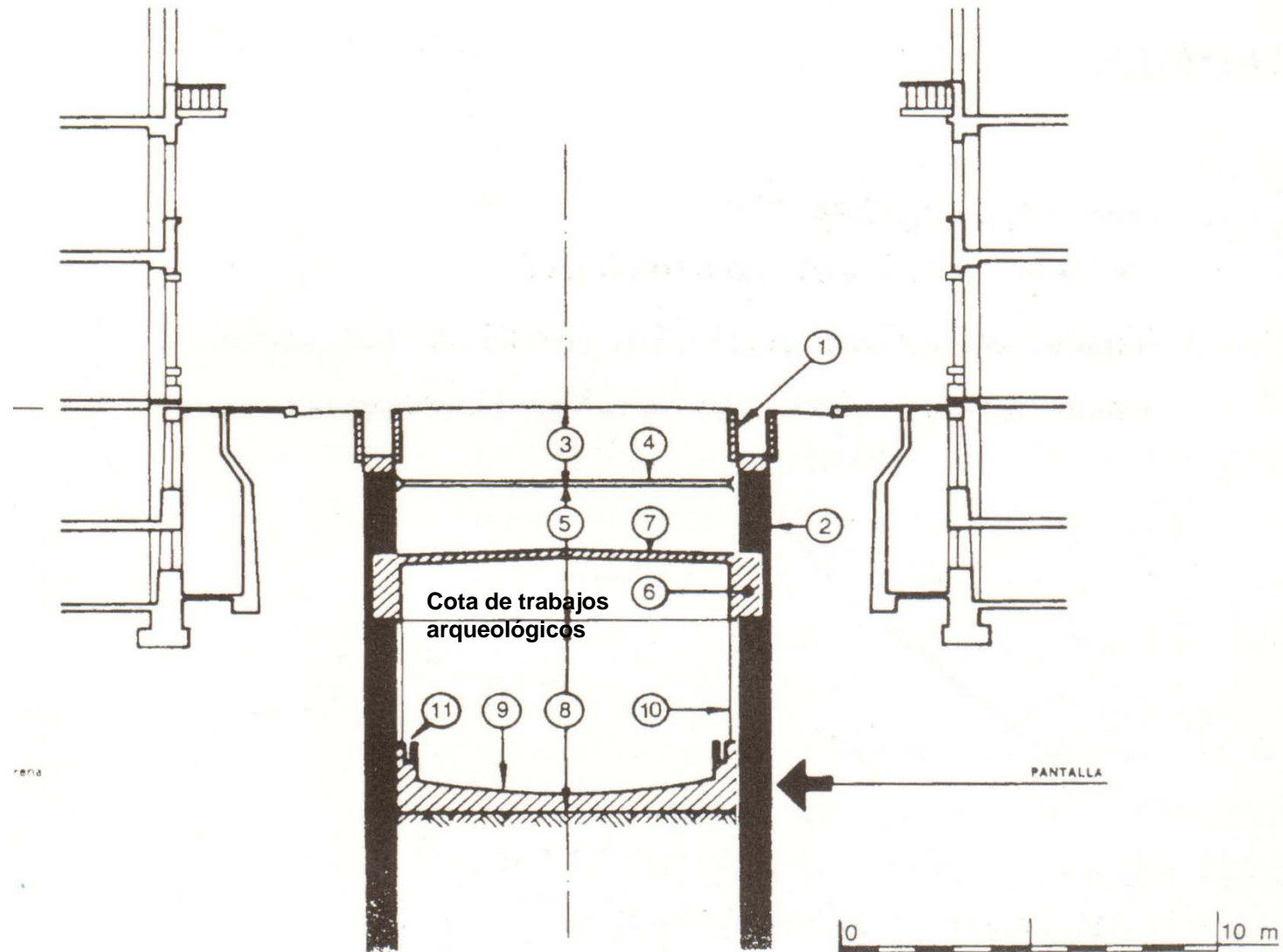
- De gran importancia en la línea 3 por ser paralela al río
- Se debería realizar un estudio del trazado de todas las líneas
- 25 portillos a lo largo del trazado de la línea 3

9. Métodos constructivos

- El método constructivo será mediante pantallas (empotradas 3 m en la marga), sistema que ha dado buen resultado en la línea 1.

9. Ejecución de túneles con pantallas

Relación
cronológica



José Luis de Justo Alpañés

9. Obras ejecutadas en subterráneo (Juan de Dios Moreno)



FASE 8: EXCAVACIÓN HASTA COTA INFERIOR DE LOSA DE NIVEL DE VESTÍBULO



FASE 10: EXCAVACIÓN HASTA COTA DE PUNTALES Y DISPOSICIÓN DE PUNTALES PROVISIONALES



FASE 9: EJECUCIÓN DE LOSA DE NIVEL DE VESTÍBULO



FASE 11: EXCAVACIÓN HASTA COTA INFERIOR DE CONTRABÓVEDA

9. Terminación



FASE 16: TERMINACIÓN DE ELEMENTOS INTERIORES Y PUESTA EN SERVICIO

José Luis de Justo Alpañés

10. El subsuelo desde el punto de vista arqueológico

- Según el profesor Fernando Amores por el momento no se han identificado restos históricos a lo largo de la traza.

11.Dificultades constructivas

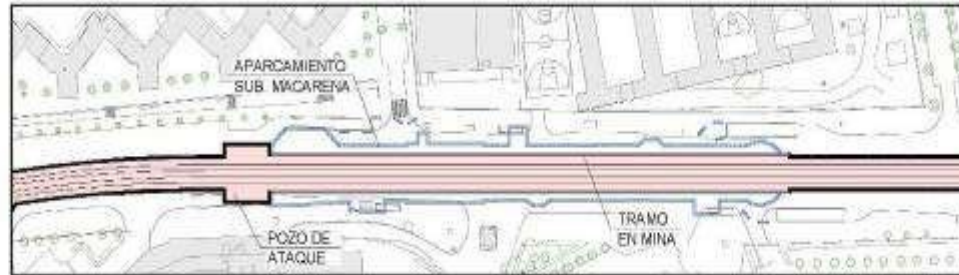
- Uno de los puntos más conflictivos de esta infraestructura es el paso bajo el aparcamiento del **Hospital Virgen Macarena**. A esa altura se ha previsto un túnel en mina de 145 metros bajo el parking y la protección con pantallas de jet-grouting, paraguas de inyecciones, y elementos de sostenimiento propios de túneles en mina.
- Otro de los retos es **el paso sobre la línea 1 del Metro**. Para ello se instalarán módulos de pantallas cortas y se ejecutará un tapón de cierre bajo la contrabóveda.
- El **paso inferior por Cardenal Bueno Monreal** implica igualmente una mayor dificultad.

11.1. Paso bajo el aparcamiento del Hospital Virgen Macarena

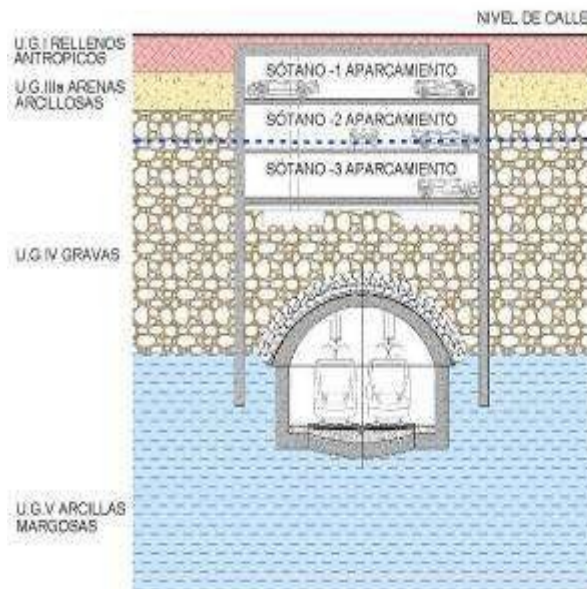
1. Se cuenta con protección de la pantalla del aparcamiento.
2. Ejecución del pozo de ataque.
3. Desde el sótano del aparcamiento, taladros de alivio y pantallas triples de columnas secantes de jet-grouting de 0,75 m, transversales al eje del túnel, que dividen el túnel longitudinalmente en 10 recintos.
4. Ejecución de una doble corona de jet-grouting, armada con bulones, en la bóveda del túnel y empotrada en la marga.
5. Bombeo del recinto y excavación del avance en pases de 1,20 m, y ejecución de las fases 6 a 8 antes de realizar el siguiente pase.
6. Colocación de cerchas tipo HEB-160 .
7. Ejecución de sostenimiento con hormigón bombeado sobre encofrado perdido de chapa Bernold.
8. Proyección de gunita sobre el sostenimiento a modo de sellado.
9. Hormigonado del revestimiento de la bóveda a lo largo de todo el avance.
10. Ejecución de la destroza en avance central.
11. Ejecución de hastiales por bataches de longitud $< 2,40$ m.
12. Excavación y ejecución de la contrabóveda.

11.1. Paso bajo el aparcamiento del Hospital Virgen Macarena

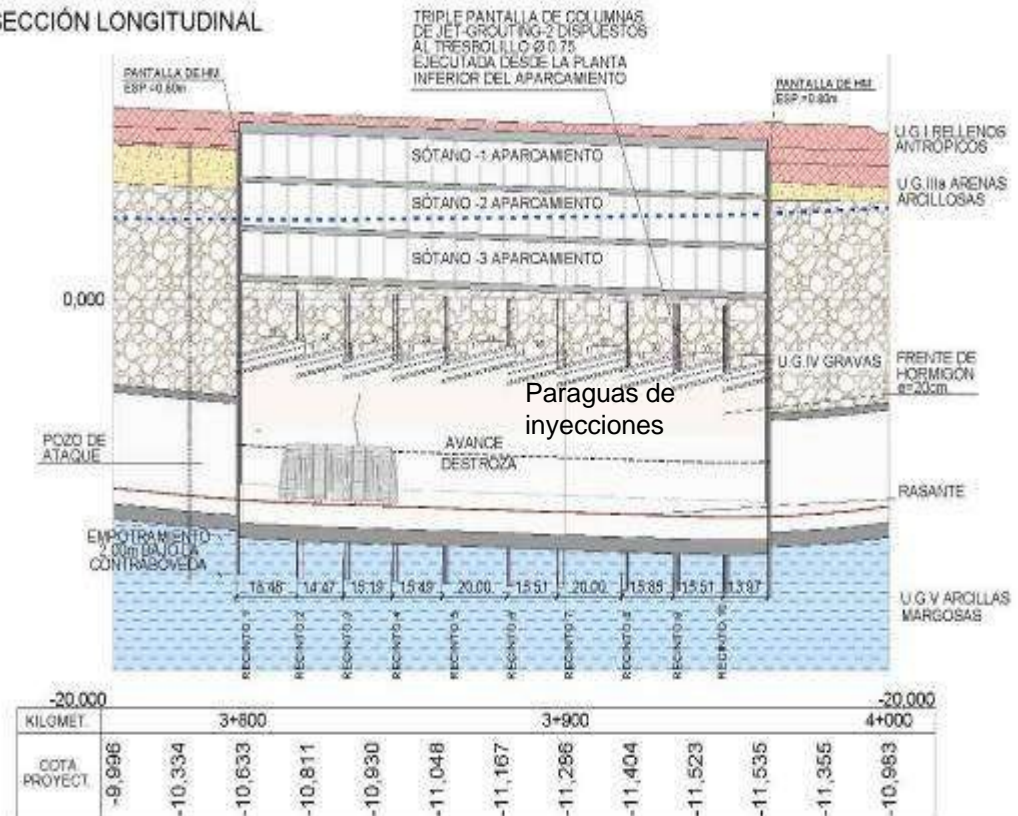
PLANTA



SECCIÓN TRANSVERSAL



SECCIÓN LONGITUDINAL

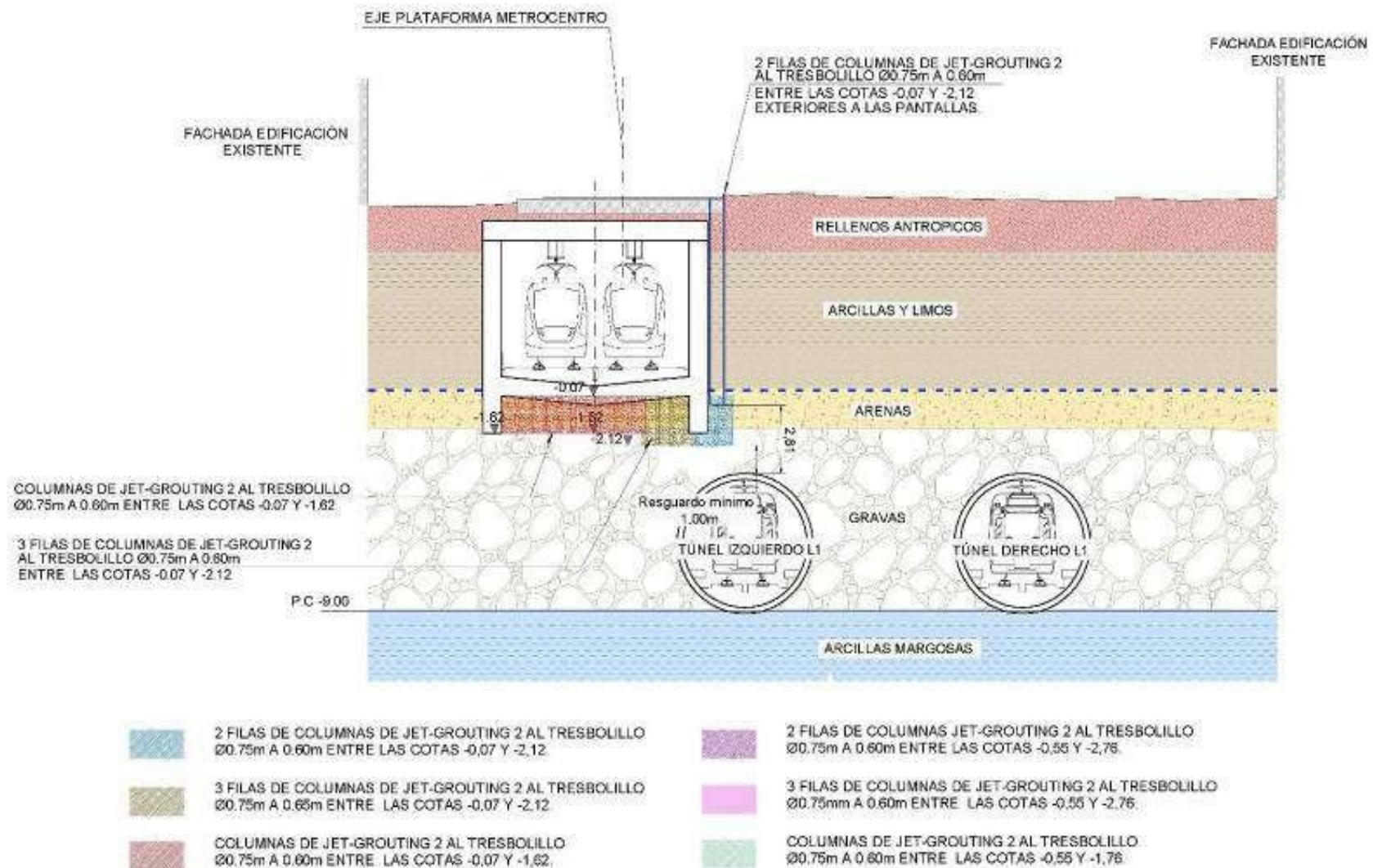


11.2. Paso por encima de la línea 1

1. Ejecución de módulos de pantallas cortas, bajo las que se realizarán inyecciones adicionales tanto desde el interior de las pantallas como desde el exterior para crear una especie de zapata y repartir las cargas de la pantalla, evitando que apoye directamente sobre los túneles existentes.
2. Columnas de jet-grouting, al tresbolillo, de 0,75 m de diámetro y separación entre ejes de 0,60 m.

11.2. Paso por encima de la línea 1

SECCION 1-1



José Luis de Justo Alpañés

12. Instrumentación en las pantallas

- **Metro de Málaga**
- Se limita la deformada horizontal de las pantallas a 12-15 mm. En zonas con edificios a una distancia superior a la máxima profundidad de excavación, se permite alcanzar hasta 20-25 mm.
- Lectura diaria hasta la estabilización de movimientos.

12. Instrumentación en las pantallas y en el terreno

- Pernos de convergencia en el intradós de las pantallas, lo antes posible durante la excavación de vaciado. La medida de las deformaciones se realizará con cinta extensométrica de acero INVAR, con una repetitividad de la medida de $\pm 0,1$ mm. Los inclinómetros se dispondrán embebidos en los módulos de pantalla.

13. Instrumentación en edificios

- Las fisuras sobre edificios y estructuras se instrumentarán mediante deformómetros o fisurómetros automatizables.
- Vendrán acompañados de medidas de nivelación (tornillos embebidos con rosca)

11.3. Edificios sensibles

- En los edificios más sensibles medidas de protección (pantallas intermedias) y de auscultación (inclinómetros, nivelación, etc.).

12. Conclusiones

- **El metro es una obra fundamental para Sevilla por razones ecológicas (mínima contaminación) y de tráfico interior (Sevilla se ahoga). En esta obra Sevilla se juega su prestigio y su futuro.**
- **Para ello es necesario ejecutar las 4 líneas del metro. Los proyectos de las líneas 2, 3 y 4 están terminados hace años.**
- **El metro de Sevilla se ha quedado fuera del plan de transportes diseñado por la Junta en el que se contemplan las obras que se van a desarrollar con el horizonte de 2020.**
- **La Expo del 92, que sólo se podría haber celebrado en Sevilla por su monumentalidad y relaciones con América, supuso un desarrollo fundamental no sólo para Sevilla, sino que para toda Andalucía y el resto de España, por sus autovías y TAV que se fue extendiendo a más y más ciudades, etc. Sin embargo a partir del 92 Sevilla se ha convertido en una ciudad maldita a la que se niegan las inversiones y hasta la navegabilidad de su río.**

¡Muchas gracias por vuestra atención!



José Luis de Justo Alpañés