

Tramos VII, VIII y IX [Getafe]

Antonio González Jiménez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Asesor Técnico de la Dirección General de Infraestructuras

Jesús M. Trabada Guijarro

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Servicio de la Comunidad de Madrid

RESUMEN

La obra de los tramos VII, VIII y IX discurren por el término municipal de Getafe y tiene una longitud de 7.361 m. y se desarrolla toda ella en túnel con tuneladoras. Tiene un total de 6 estaciones, dos de ellas de intercambio con la red de Cercanías con las líneas C3 y C4. Comienza en la zona de El Bercial y tras cruzar bajo la carretera de Toledo continúa bajo la Avenida de Rigoberta Menchú para girar después hacia el sur y desarrollarse bajo la Avenida de España.

ABSTRACT

The work on sections 7, 8 and 9 runs through 7,361 metres of tunnel bored by TBM, beneath through the Madrid district of Getafe. There are six stations on the line, two of which serving as interchanges with lines C3 and C4 of the suburban line. The section begins at the El Bercial area and after running below the Toledo road, then continues under the Avenida de Rigoberta Menchu before turning south and heading beneath the Avenida de España.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Necesidad de la ampliación

En el espacio metropolitano sur de la Comunidad de Madrid viven más de un millón de personas, localizadas en los cinco grandes municipios de Alcorcón, Leganés, Getafe, Fuenlabrada y Móstoles, así como en otras poblaciones de menor tamaño.

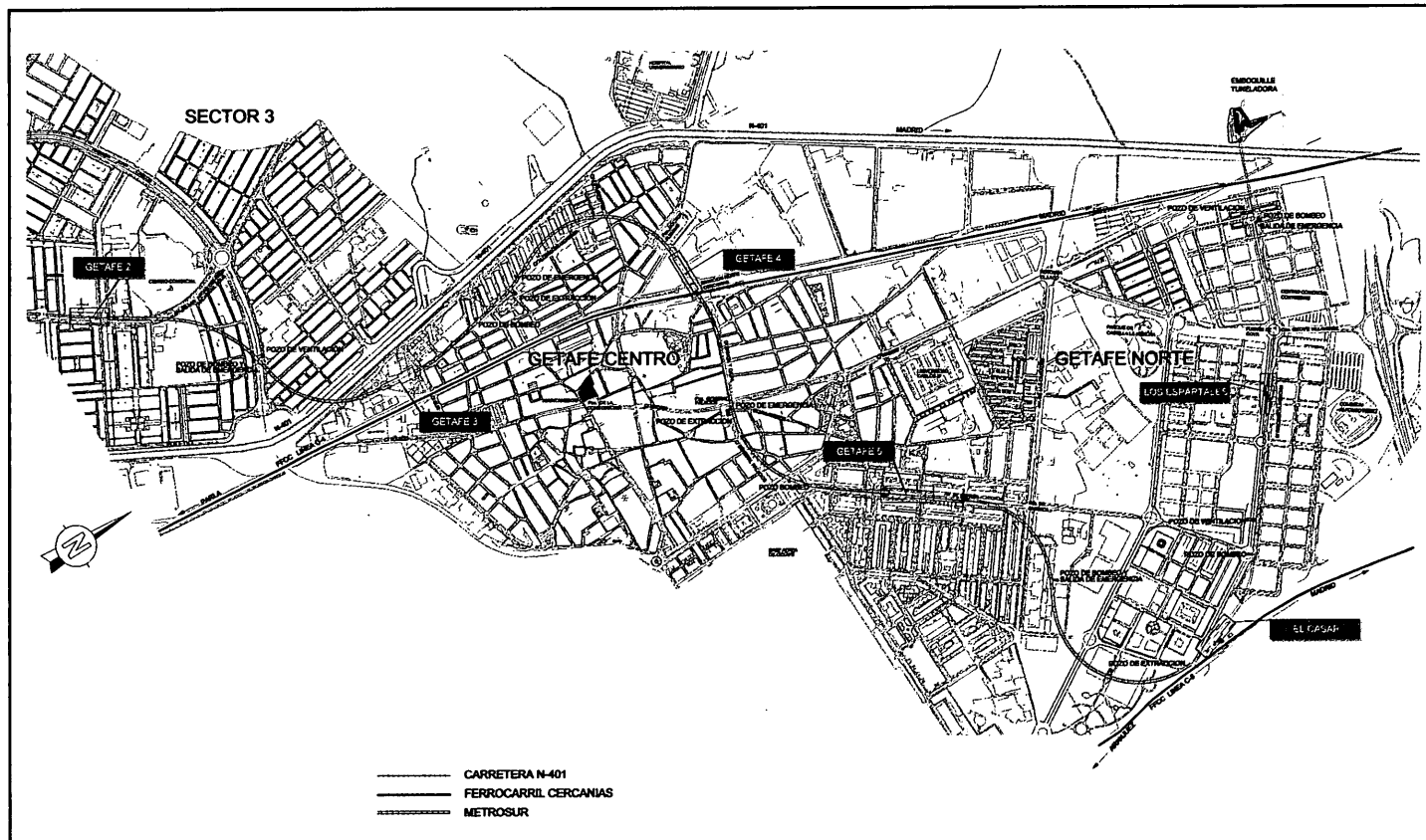
Hasta fechas recientes, estos municipios tenían una gran dependencia de la gran ciudad central, dependencia que estaba originada, en parte, por la estructura de la red de carreteras radiales y acentuada por la propia red de transporte público.

En los últimos años, el desarrollo que ha tenido todo este espacio metropolitano y, en general, toda la Comunidad de

Madrid, ha llevado a que estos municipios se estén dotando de sus equipamientos básicos, como centros culturales y deportivos, centros educativos y universidades, centros sanitarios y hospitales, centros comerciales y de ocio, etc., de forma que su dependencia de Madrid ciudad es cada día menor. De aquellas ciudades dormitorio de los años setenta y ochenta se ha evolucionado a ciudades con entidad y personalidad propia.

El proyecto de Metrosur se desarrolla en el marco de las actuaciones propuestas por la Comunidad Autónoma de Madrid dentro del plan de Ampliación de Metro 1999-2003, dentro de las cuales también se encuentra la prolongación de la línea 10 y la línea 8 a Nuevos Ministerios.

Metrosur surge como una apuesta del Gobierno de la Comunidad de Madrid para apoyar y consolidar el desarrollo del



sur metropolitano, por medio de una línea de metro circular que une los términos municipales de Getafe, Leganés, Alcorcón, Móstoles y Fuenlabrada, plenamente integrada con las líneas de Cercanías C-3, C-4 y C-5, así como con la línea 10 de

Metro que se prolongará , partiendo de la nueva estación Puerta de Batán hasta su conexión con Metrosur en Alcorcón.

DATOS GENERALES DE METROSUR

- Longitud40,5 km.
- Estaciones27 nuevas, 6 de ellas son intercambiadores con la red de cercanías y 1 con la línea 10 de Metro. Se dejan preparadas otras 3 para futuras ampliaciones.
- Inversión total220.000 Mpta.
- Período de ejecución.....3 años, de 2.000 a 2.003
- Acceso directo Centros de Alcorcón, Leganés, Getafe, Fuenlabrada y Móstoles; Universidades Carlos III y Rey Juan Carlos; Hospitales de Alcorcón, Móstoles, Getafe, Leganés y Fuenlabrada; Áreas de servicio, comercio y ocio
- Acceso con un transbordo a cercanías. Aranjuez, Ciempozuelos, Valdemoro, Parla, Pinto, Humanes y Madrid

Tramificación. Contrato 5.

Las obras están divididas en 12 tramos de los cuales el VII, VIII y IX pertenecen al Contrato 5 de Metrosur, transcurriendo en su totalidad en el término municipal de Getafe.

Las obras del Contrato 5 incluyen 7.361 metros de túnel incluyendo las seis estaciones contenidas en él, las estructuras correspondientes a las instalaciones de ventilación y salidas de emergencia, el sistema de drenaje, la vía, la iluminación del túnel (con características de servicio). Así mismo se realiza la reposición de los servicios afectados y la restauración ambiental de los puntos en que la ejecución de las obras pudieran afectar al medio.

La línea quedará, en trayecto, equipada con vía doble electrificada. Todo el tramo es subterráneo, ejecutado con tuneladora de sección circular dejando un túnel con diámetro interior de 8,43 m.

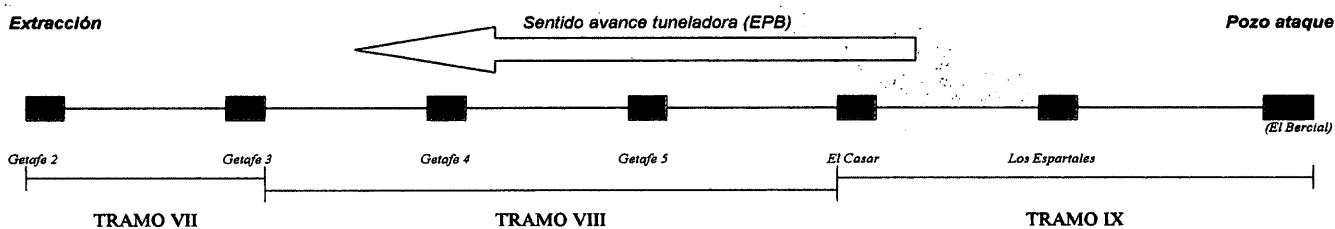
Las principales características de cada uno de los tramos se exponen en el cuadro 1.

El plazo de ejecución del conjunto de las obras a que se refiere el proyecto es de treinta meses.

En el cuadro 2 se presenta el presupuesto de adjudicación con I.V.A. de las obras.

CUADRO 1.

TRAMO	LONGIT.	ESTACIONES	ACCESOS	BARRIOS	ZONAS
VII	1.348 m.	Getafe 2 Getafe 3	Senda de Mafalda. El Greco.	El Artesón, Cerro de la Herradura Fátima, San Isidro, Nuevo Hogar	Sector 3
VIII	4.017 m.	Getafe 4 Getafe 5	Calle del Muelle. Avda. España.	Casco Antiguo, La Alhóndiga Juan de la Cierva, Universidad Carlos III	Getafe Centro
IX	1.996 m.	El Casar Espartales	Avda. del Casar Rigoberta Menchu.	El Casar Los Espartales, Ventorro Bardalón	Getafe Norte

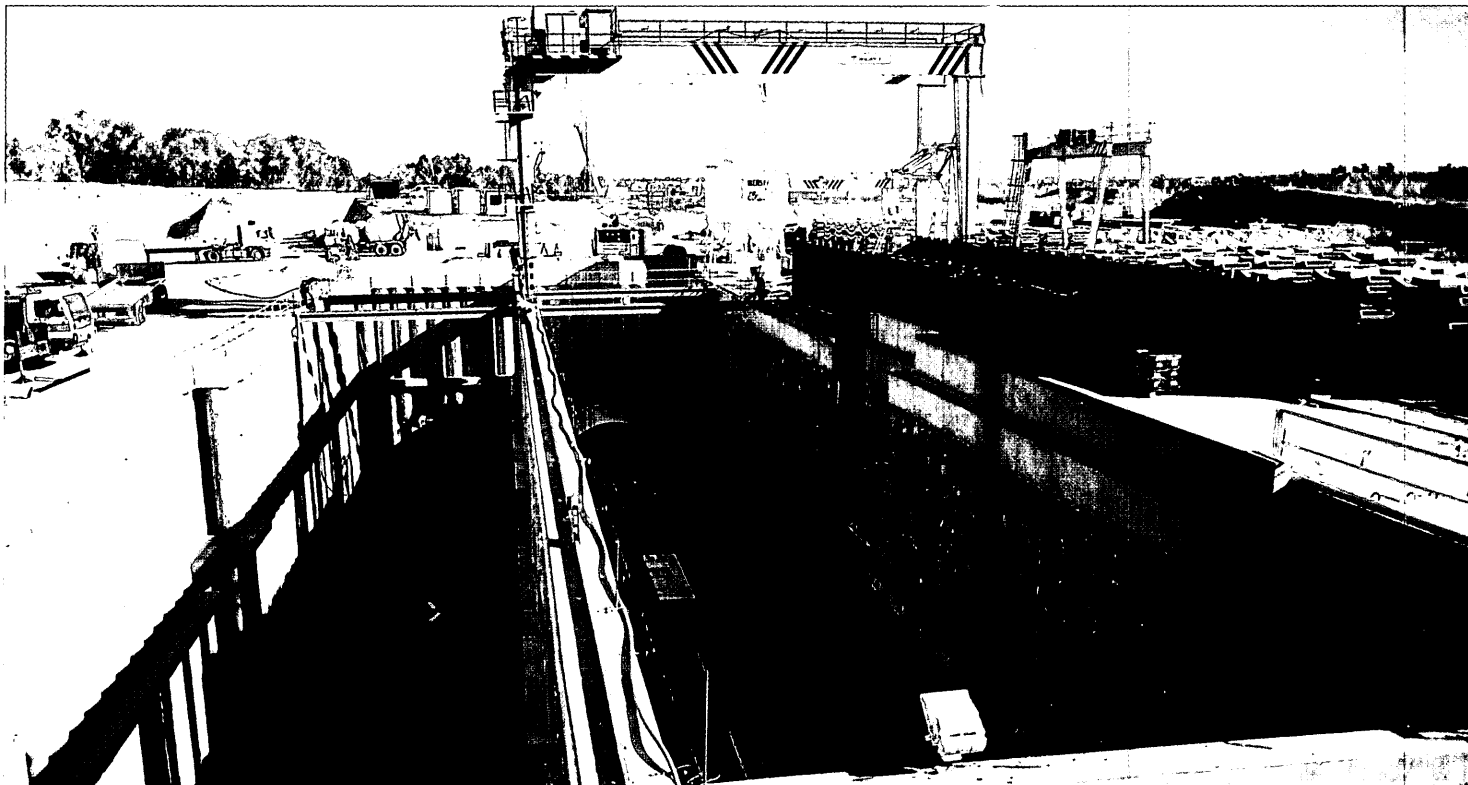


PRINCIPALES DATOS DE OBRA

	UNIDAD	MEDICIÓN	MEDICIÓN TOTAL
ml. Longitud total	Túnel EPB	6.470	
	Falso túnel	98	
	Longitud paso estaciones	792	7.361
Kg. Acero de armar	Pantallas y pilotes	6.107.544	
	Dovelas túnel	4.765.467	
	Resto de obra	7.824.143	18.697.154
m³ Excavación	Pantallas y pilotes	128.144	
	Túnel	441.934	
	Resto de excavaciones	446.738	1.016.816
ml Pilotes		11.556	11.556
m² Pantallas		51.210	51.210
m³ Hormigón	Pantallas y pilotes	52.727	
	Dovelas túnel	59.004	
	Resto de hormigones	79.815	191.546
ml Carril de 54 kg/ml		29.444	29.444
Ud. Tacos elásticos para 12,5 TN		32.680	32.680
m² Paneles tipo vitrex para revestimiento de paramentos verticales de estaciones		7.836	7.836
m² Panel de Italfilm para revestimiento de paramentos verticales de estaciones		6.781	6.781
m² Pavimentos en vestíbulos y andenes		22.081	22.081

CUADRO 2.

	TRAMO VII	TRAMO VIII	TRAMO IX	TOTAL
Túnel línea + superestructura de vía	2.727,497	8.642,342	3.861,553	15.231,392 Mpta.
Estaciones + resto	4.182,456	2.957,556	4.265,369	11.405,381 Mpta.
				26.636,773 Mpta.
	TRAMO VII	TRAMO VIII	TRAMO IX	MEDIA
Mpta./km. Túnel	2.280,513	2.258,845	2.297,171	2.278,843
Mpta./estación	2.091,225	2.366,040	2.132,683	2.196,649



REFERENCIAS EN FERROCARRILES METROPOLITANOS

- Tren urbano de Puerto Rico. Proyecto de construcción del tramo "HATO REY". Puerto Rico.
- Metro de Medellín. Proyecto de construcción y asistencia técnica durante la construcción. Colombia.
- Metro de Valencia. Proyecto de construcción del tramo de la Línea 5: Avinguda-Nuevo Cauce. Valencia.
- Metro de Valencia. Proyecto de construcción y asistencia a obra del tramo de la Línea 5: Alameda-Avinguda. Valencia.
- Metro de Bilbao. Proyecto de construcción de los tramos: Erandio y Guecho-Algorta.
- Metro de Valencia. Redacción del proyecto de construcción Línea 5 del metro Valencia, puerto-aeropuerto, tramo Alameda-Marítimo. Valencia.

REFERENCIAS EN METRO DE MADRID

- Proyecto de construcción y supervisión de las obras de conexión de las Líneas 8 y 10.
- Proyecto de construcción de la prolongación de la Línea 7, tramo: Avda de América-Gregorio Marañón.
- Proyecto de construcción de la Línea 11. tramo: Plaza Elíptica-Pan Bendito.
- Proyectos de remodelación de las estaciones: El Carmen, Quintana, Banco de España, Sevilla, Plaza de España, Puente de Vallecas, Portazgo, etc.
- Control y vigilancia de las obras de cocheras de Laguna.
- Asistencia a obra del tramo Moncloa-Ciudad Universitaria de la Línea 6.
- Redacción del proyecto de construcción de la infraestructura de la prolongación de la Línea 10 del Metro de Madrid a Metrosur. Tramo 2: Cuatro Vientos-Alcorcon.
- Inspección y vigilancia de las obras de prolongación de la Línea 10: Tramo 2.
- Control de calidad de las obras de construcción de la infraestructura del Tramo 8 de Metrosur. Estación 3 de Getafe-Estación 6 de Getafe.

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

El trazado discurre por diferentes terrenos, siendo de especial importancia por su magnitud el paso por peñuelas, arcillas negras y yesos, de especial dureza, dando una resistencia a compresión de 130 a 150 kg/cm² discurrendo siempre bajo el nivel freático o atravesándolo, con una carga máxima aproximada de agua sobre clave de túnel de 14 m.

Entre los terrenos con que nos encontramos se encuentran:

Cuaternario	- Rellenos antrópicos	
	- Depósitos aluviales arcillo-arenosos	
	- Facies Madrid	- Tosco y/o tosco arenoso
Terciario	- Facies de transición	- Peñuelas reblandecidas: arcillas marrones, verdes y grisáceas. (Moderadamente firmes a firmes). - Peñuelas: Arcillas carbonatadas marrones, verdosas y grisáceas. (Duras). - Arenas y limos micáceos marrones y grisáceos. - Arcillas sepiolíticas blancas y rosáceas.
	- Facies central	- Arcillas negras con yesos - Yesos con aspecto masivo, cristalino y fibroso con niveles centimétricos de arcillas negras.

La tuneladora del Contrato 5 de Metrosur Mares del Sur es una EPB en propiedad que se estrena en esta obra y posee los últimos avances en este tipo de máquinas. Entre ellos se destacan su total automatización, su sistema de guiado láser, la instalación de una dovela base en el fondo del anillo, su cabeza de corte mixta con discos para corte de roca y teletransmisión automática de datos a la oficina de obra.

Con ella se prevé alcanzar un avance medio diario de 15 anillos, lo que supone un avance de 22,5 m/día, con puntas próximas a los 22 anillos/día (33 m/día).

Se trata de un escudo de presión de tierras EPB con mamparo estanco diseñado para una presión operativa de 3 bar de la casa Herrenknecht.

Su peso es de 454 T y consta de una unidad de corte o rueda de corte, el cuerpo medio del escudo y la cola del escudo.

En la tuneladora cabe destacar diversos elementos que a continuación se explican someramente en el cuadro 3.

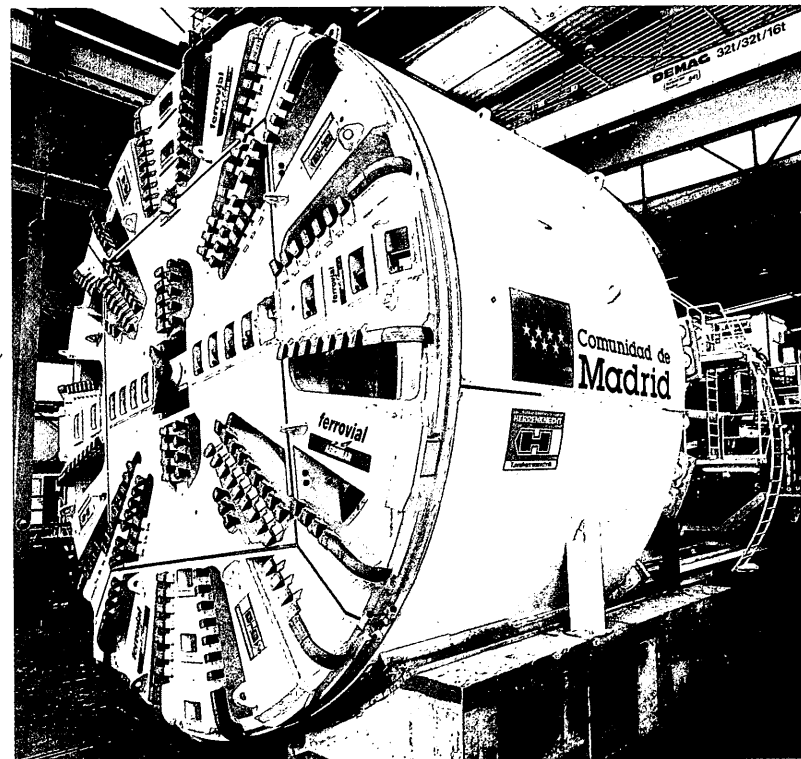
La tuneladora tendrá un punto de ataque situado en la zona donde se ubicará la estación Getafe 8 (El Bercial). En dicho acceso se construirá una playa de vías y se realizará el acopio de dovelas, además del resto de las instalaciones: aire comprimido, planta de mortero, sistema de ventilación,...y por él se realizará la extracción de tierras de la excavación. Durante el tercer trimestre de 2.001, en que la tuneladora ya habrá llegado a la estación Getafe 4, se trasladarán las instalaciones del punto de ataque pasando a situarse en dicha estación. La tuneladora continuará su recorrido hasta finalizar en la estación Getafe 2 donde se procederá a su desmontaje y extracción.

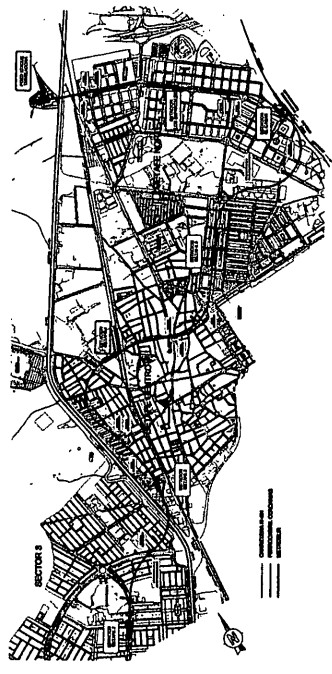
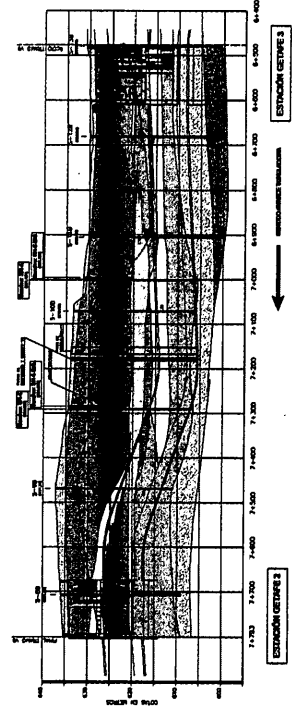
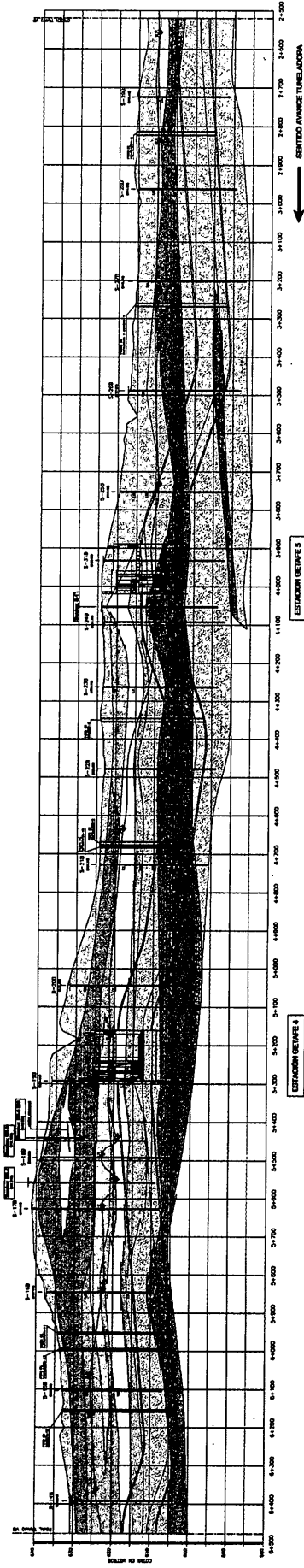
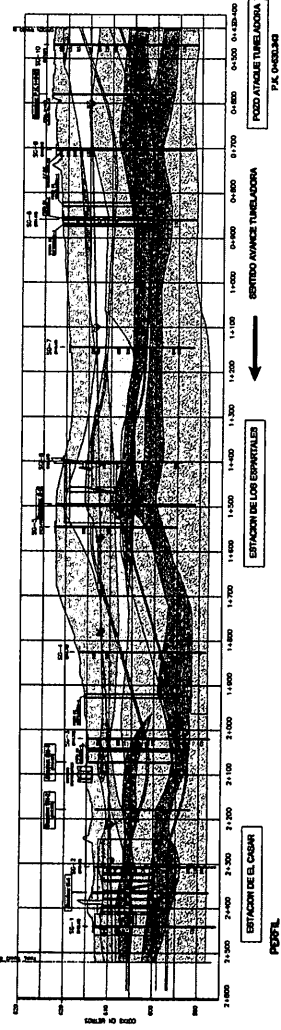
TÚNEL

Tuneladora EPB

Por tratarse de terrenos constituidos por suelos y rocas blandas la excavación del túnel se realiza mediante máquina tuneladora escudo tipo EPB, que aplica la presión en el frente, manteniendo en presión las tierras excavadas y cuya misión principal es la de garantizar la estabilidad del frente del túnel y del tramo en el que se desarrollan las fases constructivas, confiando en minimizar los asentamientos en superficie.

El diámetro del túnel viene fijado por la explotación del metro. La situación pésima exige un diámetro interior de 8,43 m., lo cual, para la dovela tipo Madrid, de hormigón armado de 32 cm de espesor, se obtiene un diámetro de excavación de 9,38 m.



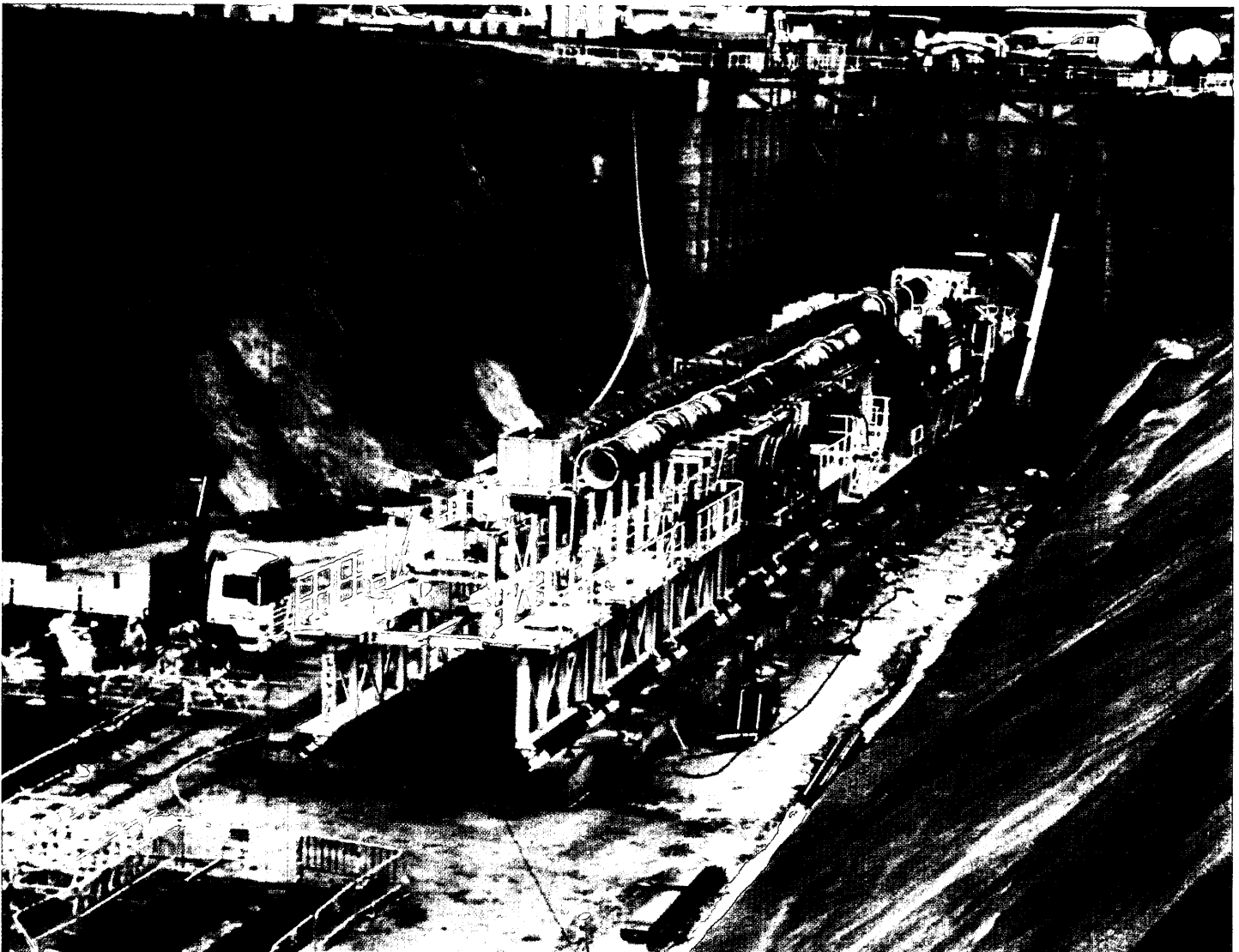


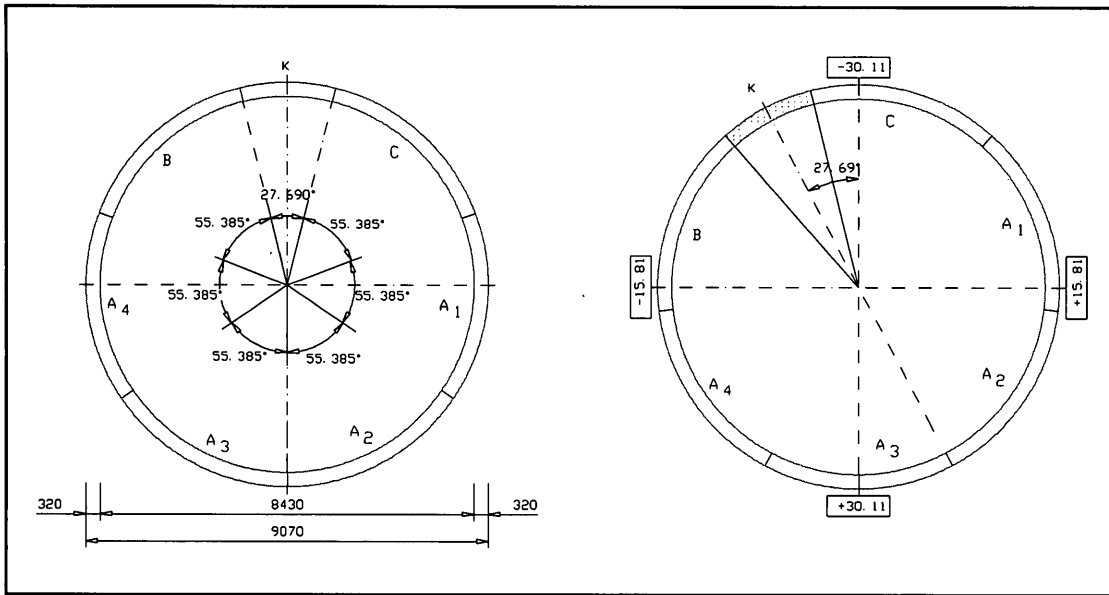
- CUATERNARIO**
- RELLENOS ARTIFICIALES
 - DEPOSITOS ALUVIALES ARELLO-ARCILLOSOS
- TERCIARIO**
- FACES MADRE
 - TOCOSO Y/O TOCOSO ARENOSO
- POZOS**
- 6 POZOS DE IDENTIFICACION
 - 3 SALINAS DE EMERGENCIAS
 - 2 POZOS DE BOMBEO Y DISTRIBUCION
- LEYENDA**
- - CANTON DE CAL CON NOMALISTINGO N. NUN TUNDO
 - - CANTON SPT
 - S-9B BOMBO COMUNALES PROYECTO
 - SEÑALIZACION SIN BOMBO COMUNALES OTRA
- FACES DE TRANSICION**
- PEREJAS SUBARMACIONES ARELLAS MARGINALES, VERDES Y GRISAZULAS (MUELVAMENTE FINES A FINES)
 - PEREJAS ARELLAS CARBONIFERAS MARGINALES, VERDES Y GRISAZULAS (DUNA)
 - ARENAS Y LIMOS MUELVOS MARGINALES Y GRISAZULAS
 - ARELLAS SENSITICAS BLANCAS Y NEGRIAS
- FACES CENTRAL**
- ARELLAS NEGRIAS CON YESO
 - POZOS DE ASERTE MARGA, GRISAZULAS Y FERRUGO CON ARELLAS CARBONIFERAS DE ARELLAS NEGRIAS

Perfil Geológico

CUADRO 3.

Cilindros de propulsión.....	13 parejas (26 cilindros) de 320 mm. de diámetro de pistón, fuerza total de empuje 10.000 T, velocidad de avance 0-80 mm./min.
Herramientas de corte.....	Rueda de corte provista de 196 dientes, 16 rastrillos periféricos, 21 discos dobles de 17 pulgadas y 2 copy cutter. (También perfora en roca).
Accionamiento rueda de corte.....	0-3 r.p.m. Par 20.236 kNm. Par inicial de arranque 24.000 kNm. con dos sentidos de rotación. Potencia instalada 2.800 kw. 17 motorreductores hidráulicos Rollstar G269. 17 piñones con doble alojamiento. Diámetro 5.000 mm.
Instalación eléctrica.....	alimentación en 15 Kv de tensión, potencia instalada 4.000 kw, 2 transformadores de 2.500 KVA cada uno.
Sistema de guiado.....	Sistema electrónico de láser ELS con objetivo activo colocado en camisa del escudo.
Sistema de extracción.....	Transportador sinfín helicoidal, extensible de carrera 1.500 mm., Diámetro exterior 1.000 mm., 22 hélices a distancia 630 mm., Capacidad de transporte 550 m ³ /h, potencia 400 kw. Cintas transportadoras de 1.200 mm de ancho con capacidad de 800 m ³ /h.
Sistema de inyección de mortero.....	6 conductos de inyección entre dovela y terreno (5'64 m ³ aprox.).Potencia 45 kw.





dia de 1,5 m. (varía entre 1,459 m. y 1,542 m.)

La unión entre anillos se realiza a través de 13 bulones de acero cincado equidistantes, es decir, separadas 27,692° entre sí, con dos bulones por dovela con excepción de la dovela llave que lleva uno solo.

SUPERESTRUCTURA DE VÍA

La superestructura de vía proyectada se corresponde con los criterios

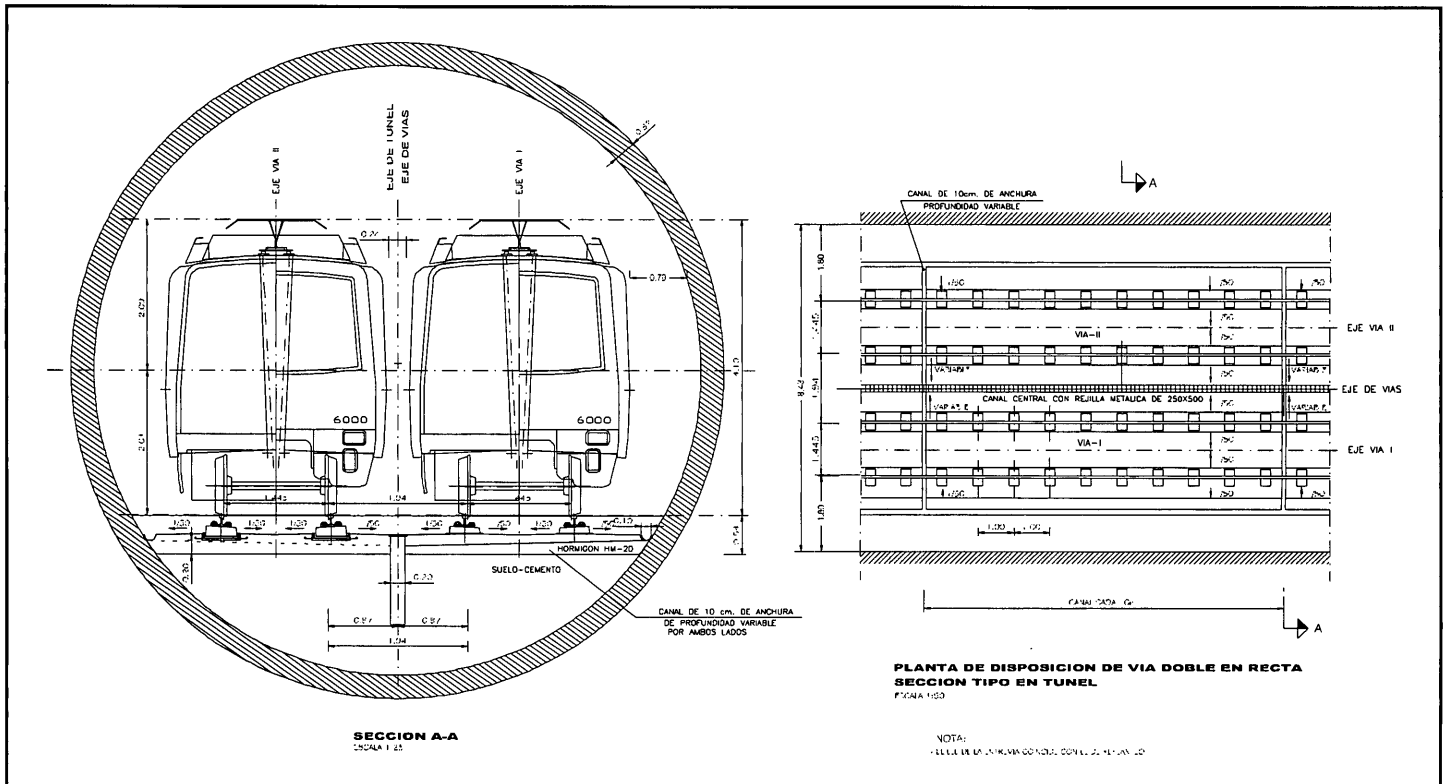
Revestimiento

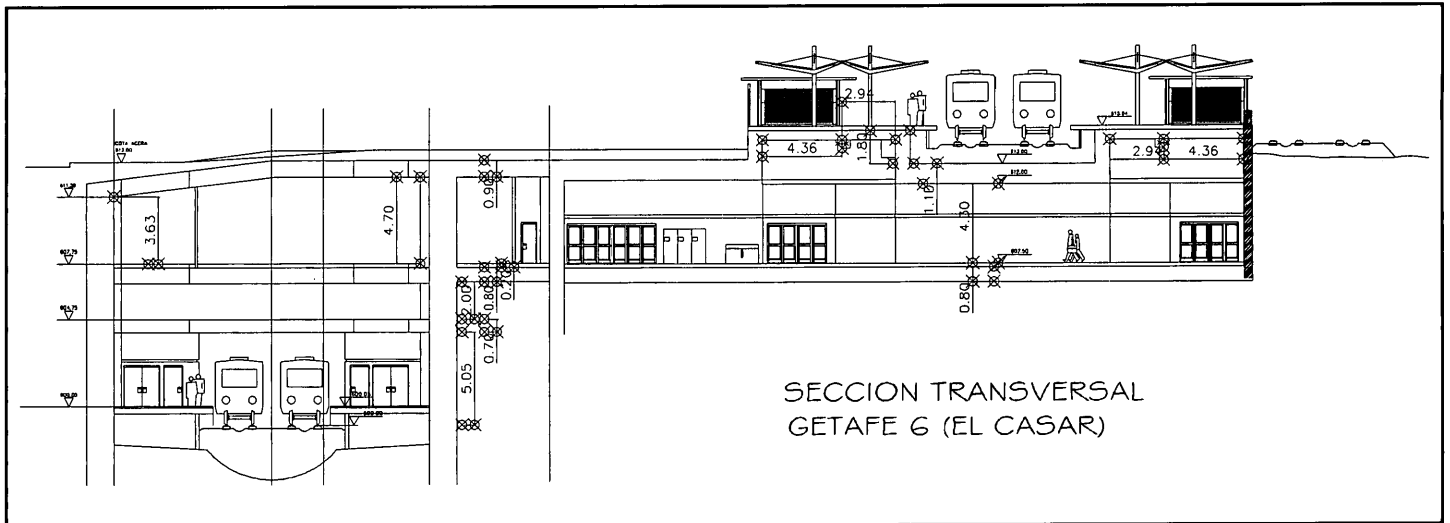
El revestimiento del túnel está formado por anillos tipo Madrid constituidos por siete dovelas trapeziales diferentes, seis de ellas de 2/13 del desarrollo y la de cierre o clave troncocónica de 1/13 del desarrollo.

La tipología de la dovela adoptada ha sido la prefabricada de hormigón armado de 0,32 m de espesor con longitud me-

establecidos por Metro de Madrid para trenes formados por coches tipo 6.000.

Se trata de vía en placa con carril de 54 kg/m naturalmente duro, apoyado sobre tacos de hormigón armado recubiertos, en sus caras interior y laterales, con un elastómero del tipo Corkelast. Estos tacos tendrán que soportar una carga de 12,5 tm por eje, y su sujeción con el carril será del tipo Pandrol.





TRAZADO

La definición geométrica del trazado se ha llevado a cabo teniendo en consideración los valores de los parámetros que Metro de Madrid tiene establecidos para el conjunto de su red.

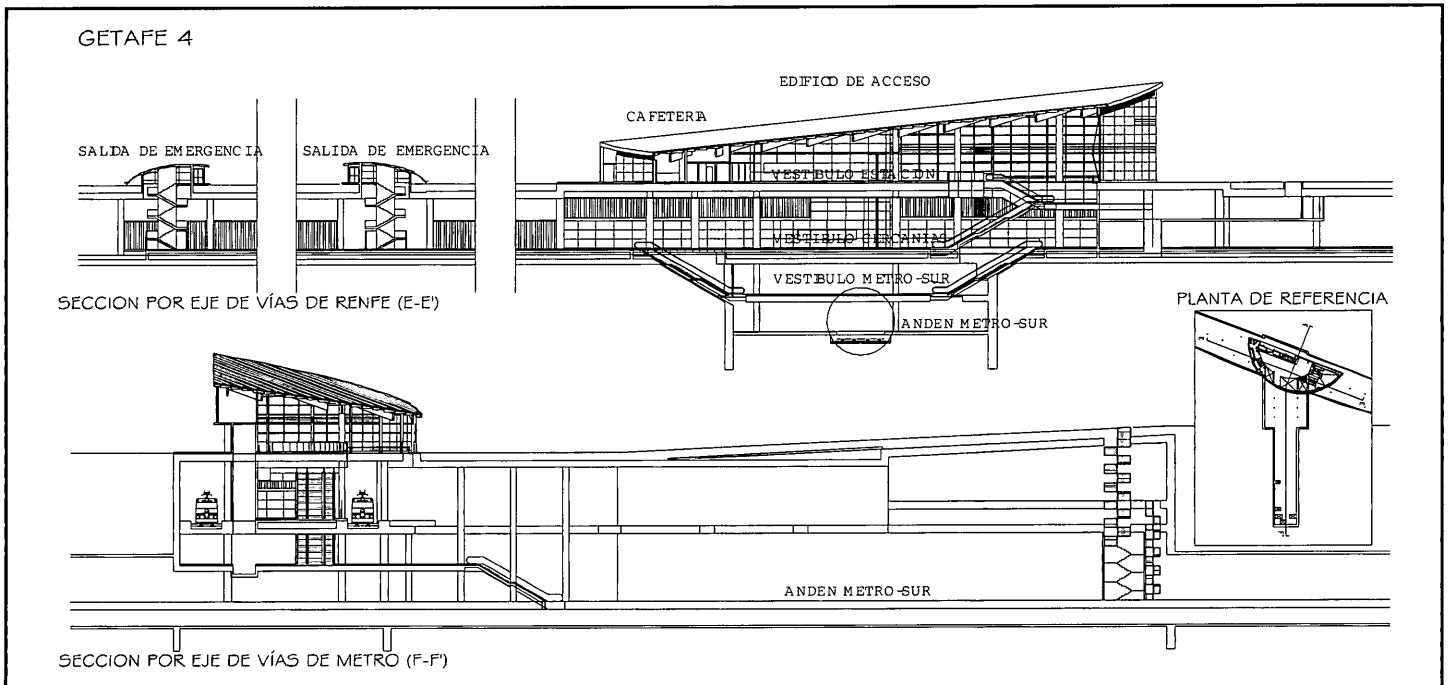
Algunos parámetros del trazado son los señalados en el cuadro 4.

ESTACIONES

El Contrato 5 de Metrosur consta de 6 estaciones: Getafe 2, Getafe 3, Getafe 4, Getafe 5, Getafe 6 (El Casar) y Getafe 7 (Espartales).

CUADRO 4.

Parámetro	TRAMOS VII, VIII Y IX
Radio mínimo (m.)	250-300
Pendiente mín. en trayecto (o/oo)	5
Peralte máx. (mm.)	150
Pendiente máx. en estaciones (o/oo)	0
Rampa máx del peralte(mm./m.)	1,5-2,0
Aceleración máx. sin compensar (m./s ²)	0,65
Pendiente máx. en trayecto (o/oo)	30-35
Velocidad máx. (km./h)	70



Arquitectura

La distribución de todas las estaciones del tramo es similar contando todas ellas con una planta de vestíbulo y otra inferior de andenes. Todas cuentan con uno o dos accesos desde la calle al vestíbulo dotados cada uno con una escalera fija, una pareja de escaleras mecánicas y un ascensor. La longitud media de las estaciones es de 130 m. con una longitud de andenes de 115 m. Todas ellas están dotadas de 1 salida de emergencia y de pozos de ventilación.

Existen dos estaciones a lo largo de todo el trazado que presentan singularidades por proyectarse para tener acceso desde ellas tanto a la red de metro como a la red de cercanías, La estación El Casar (RENFE C-3) y la estación Getafe 4 (RENFE C-4). Además dichas estaciones están dotadas de subestaciones eléctricas.

La estación El Casar se trata de un intercambiador de vestíbulo compartido para acceder a RENFE, lo que obliga a alinear la estación lo más cerca posible del trazado de la línea de cercanías y con una orientación paralela a la misma. En un nivel intermedio entre la estación de cercanías y el andén de metro se sitúa un vestíbulo que funciona de intercambiador entre ambas líneas a la vez que da acceso desde el exterior.

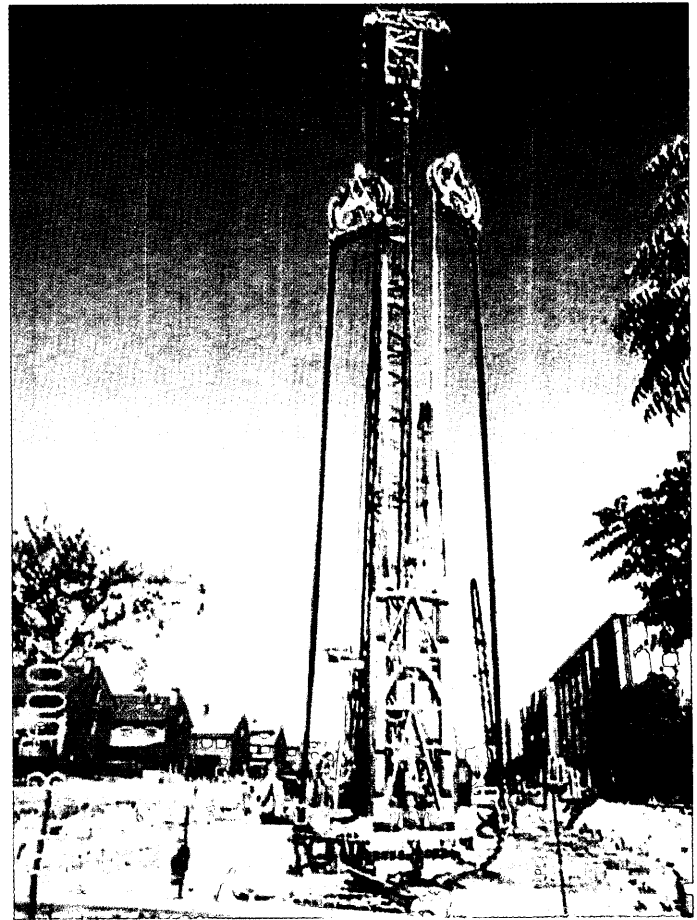
La estación de Getafe-4, forma parte del conjunto del intercambiador de Getafe-Cercanías. El eje de vías de Metrosur se sitúa transversalmente al eje de vías de Cercanías, y a cota inferior. La estación se proyecta con un vestíbulo situado sobre vías, en un nivel intermedio con respecto a los andenes de la estación de Cercanías. El acceso al vestíbulo se realiza directamente desde los andenes de Cercanías, mediante dos núcleos enfrentados de escaleras. Desde el nivel de vestíbulo, el acceso a los andenes se realiza también de forma directa, mediante dos núcleos de comunicación vertical.

Estructura

La ejecución de las estaciones comienza antes del paso de la tuneladora. Con esto se consiguen varias ventajas: ejecutar los forjados contra el terreno con el consiguiente ahorro de los cimbrados, ejecución de la losa de cubierta en breve espacio de tiempo para así restituir el servicio de las calles ocupadas y, principalmente, evitar que la tuneladora pase excavando y colocando revestimiento que debería ser demolido durante la excavación de la estación.

El procedimiento de ejecución de las excavaciones es el denominado "CUT AND COVER" y consta de las siguientes fases:

1. Ejecución de las pantallas
2. Ejecución de la losa de cubierta
3. Excavación hasta nivel de vestíbulo
4. Ejecución de vestíbulo
5. Excavación hasta nivel de contrabóveda



6. Ejecución de la contrabóveda
7. Andenes y acabados

RECINTOS APANTALLADOS

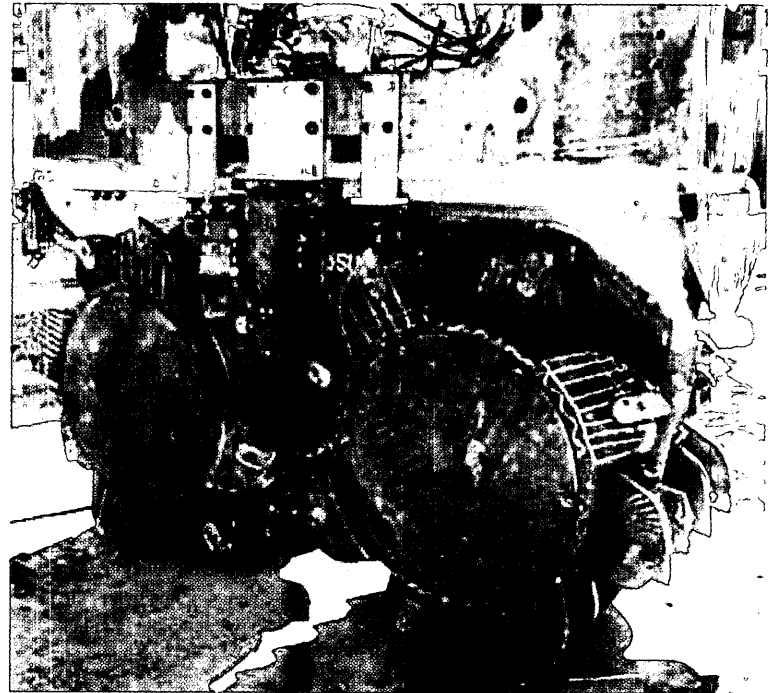
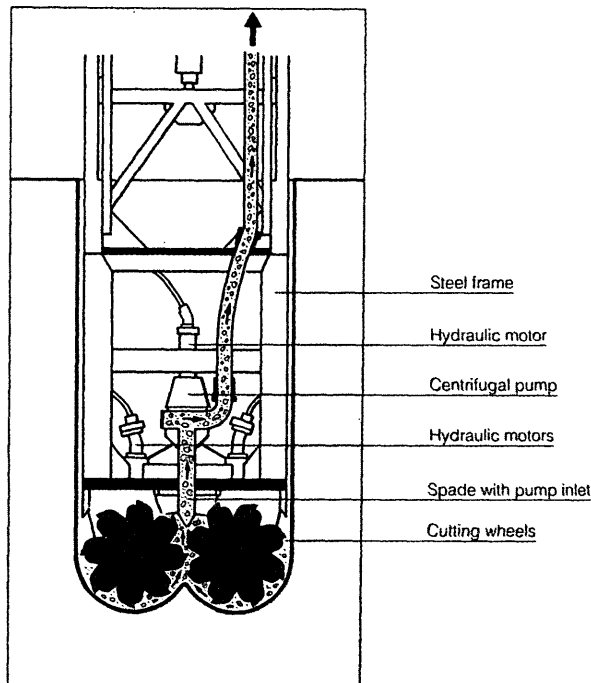
Los recintos se ejecutan con diversos procedimientos según el tipo de terreno que se encuentre en cada caso.

▼ HIDROFRESA (ESPARTALES Y G5)

Este método de excavación es empleado cuando en el subsuelo aparecen terrenos duros como yesos, que es el caso de las estaciones Espartales y Getafe 5.

El sistema de excavación consiste en ir reduciendo constantemente el tamaño del material a excavar e irlo mezclando con la suspensión de bentonita. Posteriormente la mezcla es bombeada por medio de un sistema de tuberías a la planta desarenadora y ésta volverá a ser utilizada posteriormente hasta que los sucesivos usos la inutilicen.

La bentonita mantiene las tierras y evita los derrumbamientos además no se mezcla con el agua por lo que no permite su entrada por medio de posibles filtraciones que aparezcan en las paredes excavadas.



Una compleja bomba centrífuga localizada inmediatamente encima de las ruedas cortadoras remueve todo lo excavado y envía la mezcla de suelo y bentonita a la denominada planta desarenadora para su limpieza y ésta volverá a ser utilizada posteriormente hasta que los sucesivos usos la inutilicen.

En la estación de Espartales fueron necesarias alrededor de dos semanas para la colocación y montaje de la máquina, depósitos y circuito de lodos. El día 20 de Julio comenzó a excavarse la primera pantalla mientras que la última se excavó y hormigonó el día 14 de Septiembre. Para los paneles primarios se emplearon alrededor de siete horas para llevar a cabo las tres bajadas necesarias para su excavación, en los paneles secundarios se necesitaban unas tres horas para la bajada necesaria. En total fueron extraídos unos 5000 m³ de terreno en los 49 días empleados.

▼CUCHARA CONVENCIONAL (G2)

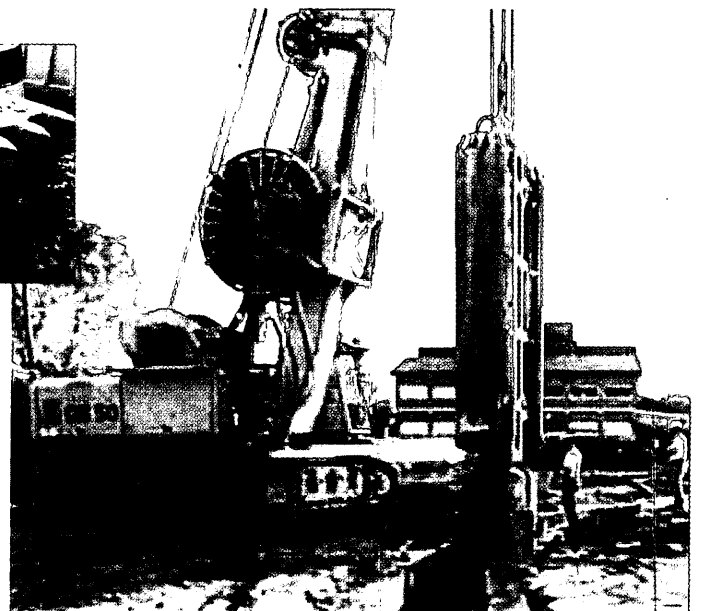
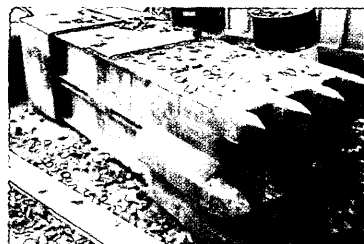
Este método de excavación se emplea cuando en el subsuelo aparecen terrenos de mediana resistencia como es el caso del tosco. El sistema consiste en el guiado de la cuchara por medio de cables que sirven para su izado, descenso y apertura de la misma.

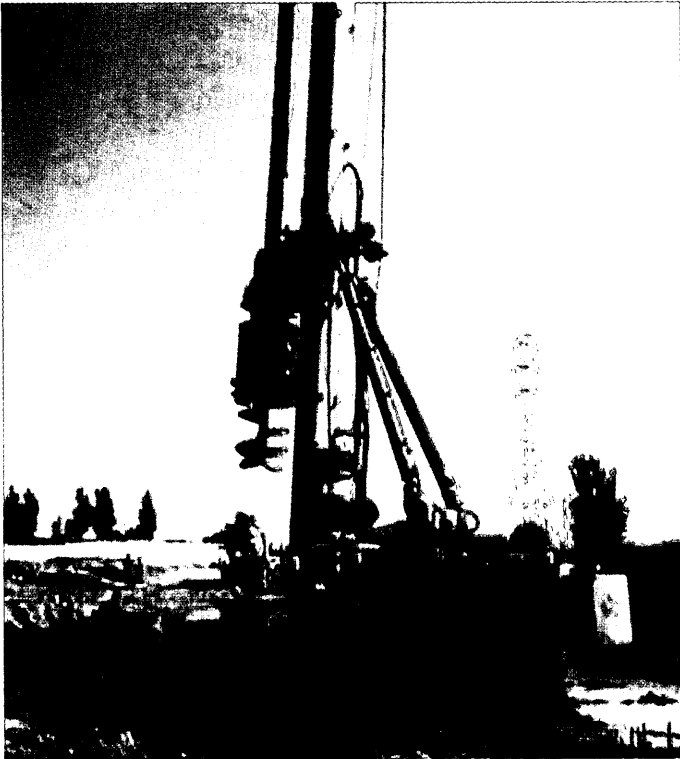
En las capas duras de terreno se emplea el trépano. Dicho elemento está equipado con unos dientes en su parte inferior y se acopla a la cuchara en sus laterales para ser izado y soltado y de este modo romper la capa dura para posteriormente extraer el terreno con la cuchara.

▼PILOTADORAS CON ENTUBACIÓN (EL CASAR)

Este método de excavación se emplea cuando en el subsuelo aparecen terrenos duros como yesos pero en las capas superiores el terreno es blando y poco cohesivo con tendencia al desmoronamiento. Su ventaja principal radica en su elevado rendimiento.

Para evitar el desmoronamiento del terreno en los primeros metros (5 m.) se entuba con camisa metálica recuperable y





una vez pasada la zona de rellenos antrópicos no es necesario ningún tipo de sostenimiento.

▼PANTALLA CONVENCIONAL CON PREFOROS (G3 y G4)

Este método de excavación combinada se emplea cuando en el subsuelo aparecen terrenos duros como yesos.

Primero se realizan dos o tres preforos con pilotadora para romper columnas de terreno duro en cada módulo de pantalla para posteriormente facilitar la excavación de la cuchara convencional.

En el caso particular de esta estación se emplean lodos tixotrópicos por existir en el subsuelo una capa de arenas saturadas de agua consiguiendo así la contención del terreno.

La colocación de las armaduras y el hormigonado posterior se lleva a cabo por medio de métodos tradicionales.

EJECUCIÓN DE LOSA DE CUBIERTA

Una vez construido el recinto de pantallas se ejecuta la losa de cubierta contra el terreno empleando encofrado plano formado por entablillado de madera machihembrado.

▼LOSAS ARMADAS (Zona estrecha)

La ejecución de las losas de cubierta de las zonas estrechas de las estaciones se ejecutan armadas y aligeradas consiguiendo así reducir su peso propio y el canto de la misma.

▼LOSAS POSTESADAS (Zona ancha)

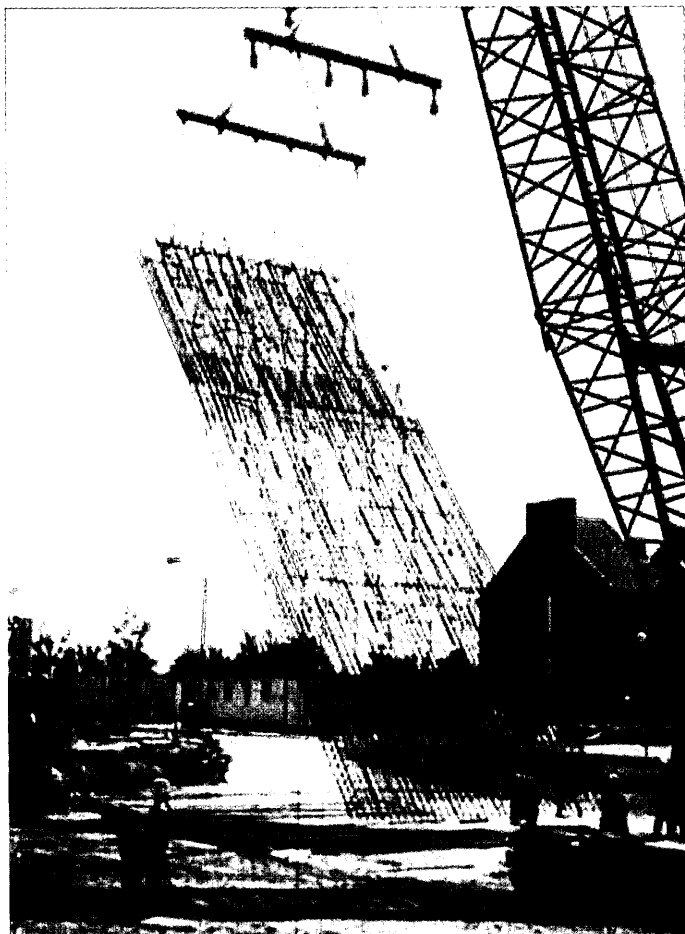
Este método se emplea en las zonas anchas de las estaciones para poder eliminar las pilas-pilotes que soportarían el forjado debido a sus grandes luces. Así se consigue un espacio más diáfano en el interior de las estaciones. En algunos casos éste espacio no se encuentra totalmente libre por construirse tirantes metálicos que sujetan el vestíbulo colgando de la losa superior (son los casos en que no se construyen pilares cimentados en al contrabóveda para apoyar el vestíbulo).

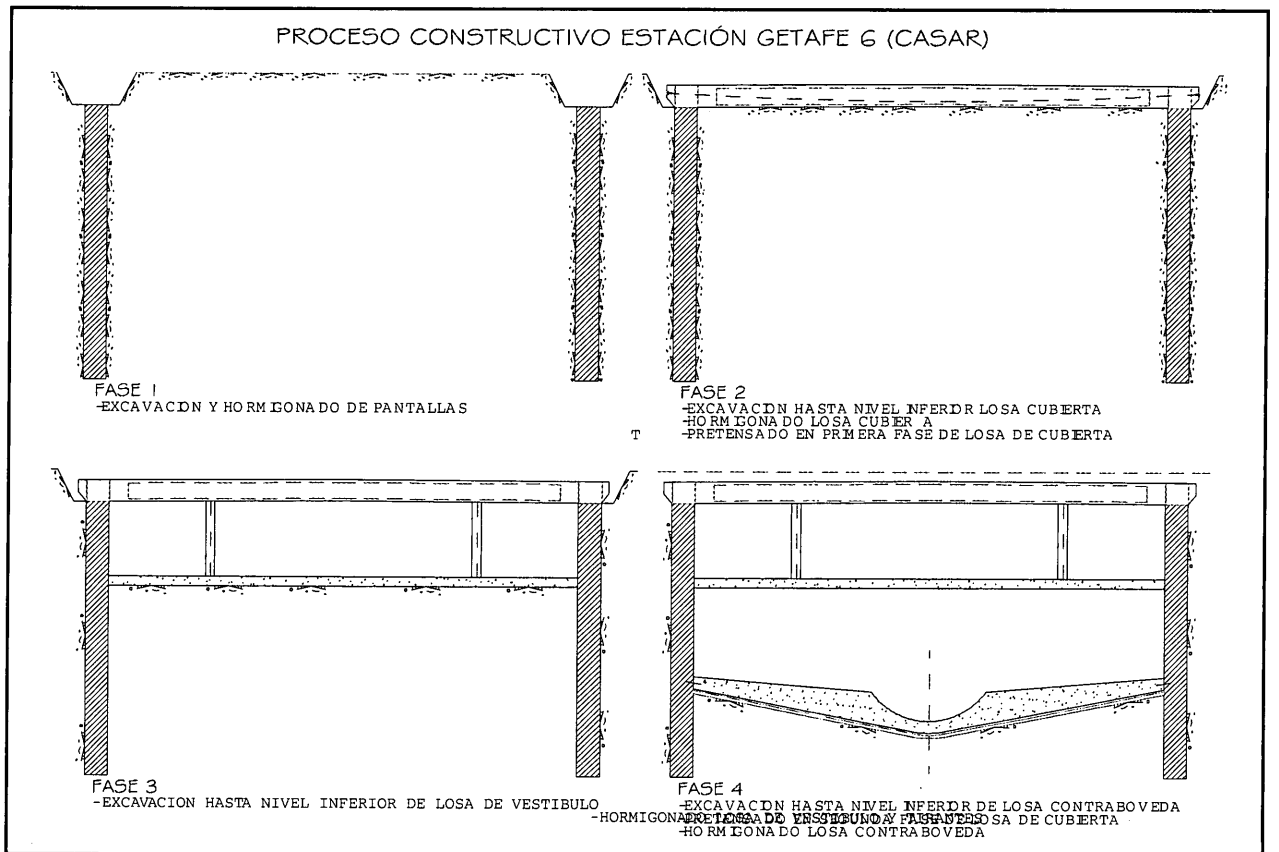
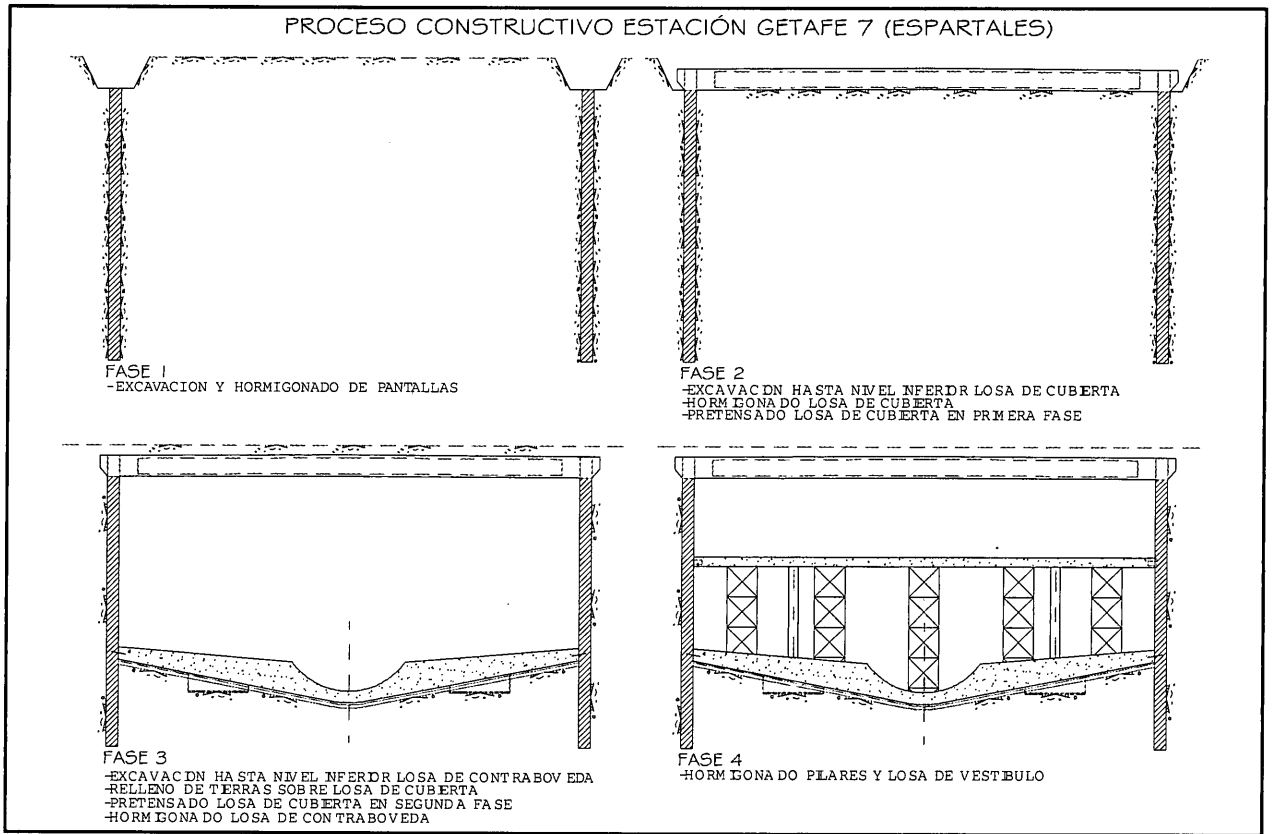
EJECUCIÓN VESTÍBULOS Y CONTRABÓVEDA

En aquellas estaciones en que se prevé el paso inmediato de la tuneladora o en el caso en que ésta no pueda pasar por el espacio entre contrabóveda y vestíbulo el vaciado se realiza hasta cota de contrabóveda para construcción inmediata de ésta y se espera el paso de la tuneladora. Posteriormente se construye la losa del vestíbulo apoyada en pilares cimentados en la contrabóveda.

Es el caso de la estación de Espartales (Getafe 7).

En aquellas estaciones en que el paso de la tuneladora no sea inmediato y siempre que ésta pueda pasar por el espacio entre contrabóveda y vestíbulo se vaciará hasta cota de vesti-





CUADRO 5.

RENDIMIENTOS

Tabla actualizada a 26/10/00

	PILOTES ENTUBADOS	HIDROFRESA	PILOTES ENTUBADOS	HIDROFRESA	PANTALLA CONVENC. + PREFOROS	PANTALLA CONVENC.	
	Pozo implantación	Getafe 7 Espartaes	Getafe 6 El Casar	Getafe 5	Getafe 3	Getafe 2	
Unidad (Diámetro o espesor en mm)	Pilotes 1.500	Pantallas 800	Pilotes 1.500	Pilotes 1.000	Pantallas 1.000	Pantallas 1.000	Pantalla 1.000
Fecha inicio	04/07/00	21/07/00	18/07/00	28/08/00	26/09/00	08/08/00	21/08/00
Fecha fin	27/07/00	14/09/00	12/09/00	10/10/00 **	13/11/00 *	01/12/00 *	22/11/00 *
Nº paneles	60	68	156	181	76	122	164
Medición total	1.393,2 ml.	6.150,1 m ² .	2.852,1 ml.	2326,0 ml.	6.985,2 m ² .	10.903,4 m ² .	6.912,1 m ² .
Días totales calendario	23	56	49	39	49	82	83
Días totales útiles	18	48	39	30	35	66	67
Paneles/día calendario	2,6	1,2	3,2	4,6	1,5	1,5	1,9
Paneles/día útil	3,3	1,4	4,0	6,0	2,2	1,8	2,4
Medición/día calendario	60,6	109,8	58,2	59,6	142,5	132,9	83,3
Medición/día útil	77,4	128,1	73,1	77,5	199,6	165,2	103,1

* Fecha prevista finalización

** En espera del desvío de las vías de RENFE para ejecutar 52 paneles restantes.

bulo y se procederá a la construcción de éste contra el terreno. El vestíbulo se sujeta mediante tirantes metálicos que cuelgan de la losa superior. Posteriormente se realiza el vaciado hasta cota de contrabóveda para construcción de ésta y se espera el paso de la tuneladora.

Es el caso de las estaciones de El Casar (Getafe 6), Getafe 5, Getafe 3 y Getafe 2.

AUSCULTACIÓN

Objeto

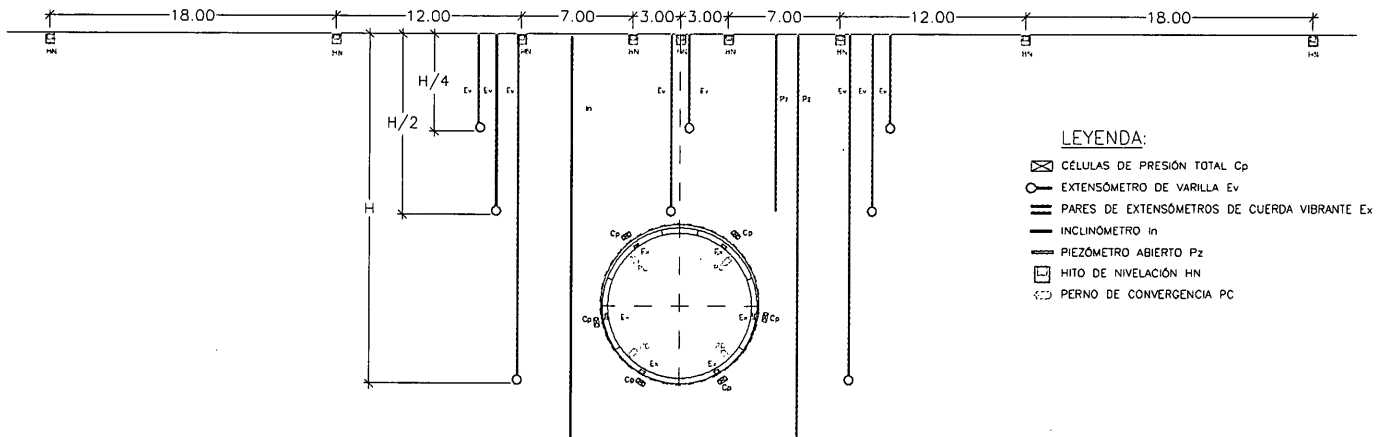
Para el control de movimientos es necesario un sistema de auscultación que permita tener un conocimiento suficiente del modo en que el terreno, estructuras e instalaciones responden a las operaciones que se están realizando con el fin de calibrar la seguridad de la excavación durante la ejecución de las obras. Para ello se instalan los instrumentos que de forma genérica se exponen a continuación.

INSTRUMENTACIÓN

Bases de nivelación.....	Referencia (fuera de la zona de influencia)
Regletas.....	Asientos verticales en edificios
Hitos de nivelación.....	Asientos verticales en superficie de terreno
Clavos de nivelación.....	Asientos verticales en superficie de terreno
Inclinómetro.....	Desplazamientos horizontales en profundidad
Extensómetro de varillas.....	Desplazamientos verticales en profundidad
Piezómetros.....	Situación del nivel freático
Extensómetro de cuerda vibrante.....	Tensión real de trabajo de elementos estructurales
Célula de presión total de cuerda vibrante.....	Presión total sobre elementos estructurales

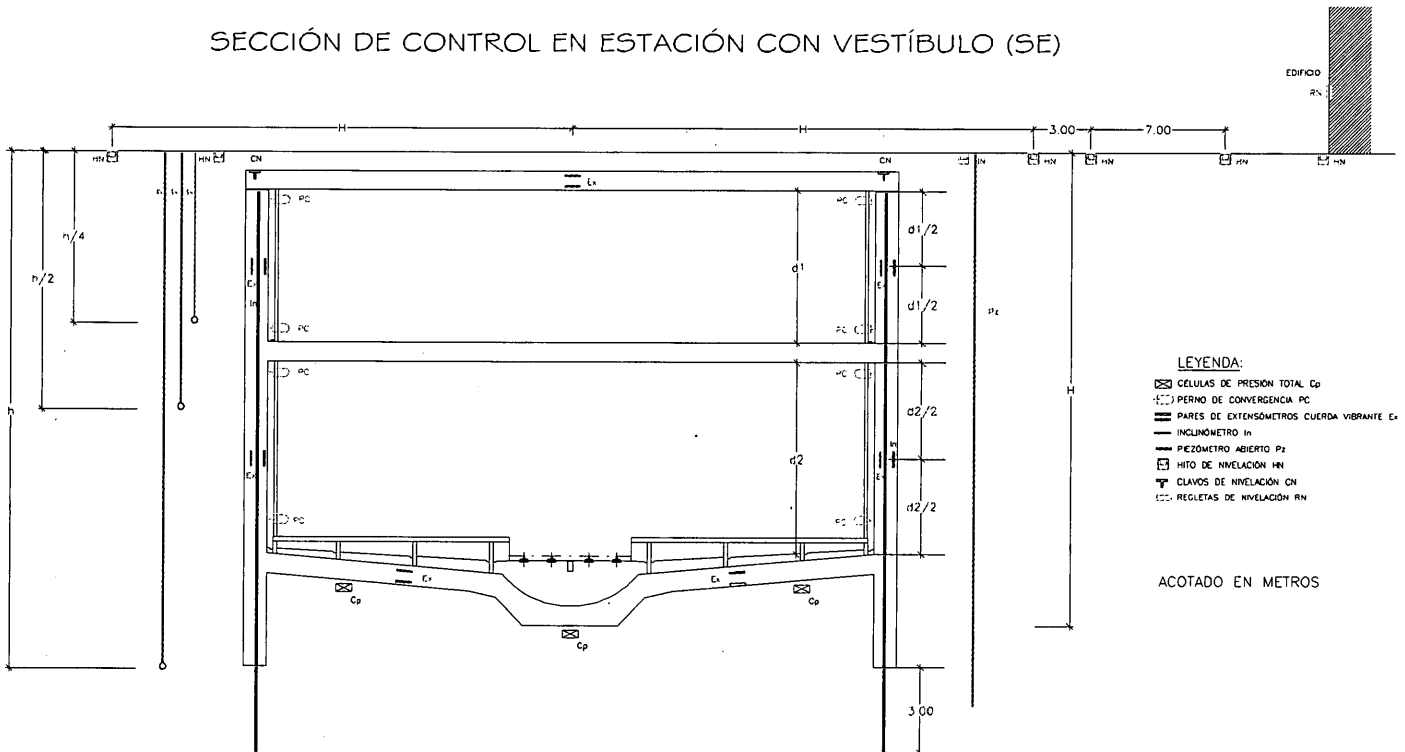
Todos los instrumentos deberán instalarse antes del comienzo de las excavaciones para poder leer los movimientos que se producen cuando el frente de excavación se va aproximando al punto de ubicación del aparato.

INSTRUMENTACIÓN EN EL TÚNEL DE LÍNEA



INSTRUMENTACIÓN EN ESTACIONES

SECCIÓN DE CONTROL EN ESTACIÓN CON VESTÍBULO (SE)



FICHA TÉCNICA

PROMOTOR

CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS,
URBANISMO Y TRANSPORTES
COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

DIRECCIÓN DE LAS OBRAS

Jesús M^a Trabada Guijarro,
Jefe del Servicio de Proyectos
Antonio González Jiménez,
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

CONTRATISTA

FERROVIAL-AGROMÁN:
Jefe de Obra.:
Juan Manuel Sánchez Alonso

ASISTENCIA TÉCNICA

GEOCONSULT, EUROCONSULT,
INTERMEC
Jefe de unidad: Luis Gil

CONTROL DE CALIDAD

SYNCONSULT, EUROCONTROL, IBERINSA