



## **TRABAJO FIN DE MASTER**

### **MEMORIA**

#### **IMPLANTACIÓN DE UNA LÍNEA DE METRO LIGERO EN LA TRAMA URBANA DE LA CIUDAD DE MADRID**

**Autor**

**Luis M. Abad Pérez**

**Director del trabajo**

**Moisés Gilaberte Fernández**



## PRIMERA PARTE

ANÁLISIS DE CORREDORES, DEMANDA ESTIMADA  
Y REORDENACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO

**Autor**

Luis M. Abad Pérez

**Director del trabajo**

Moisés Gilaberte Fernández

## INDICE

1.-	INTRODUCCIÓN Y RESUMEN .....	1
2.-	OBJETIVO DEL TRABAJO .....	1
3.-	TAREAS.....	1
4.-	PLANIFICACIÓN .....	2
5.-	CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE EL MUNICIPIO DE MADRID.....	3
5.1	Datos generales .....	3
5.2	Movilidad urbana.....	4
6.-	DETERMINACIÓN DEL ÁMBITO DEL TRABAJO .....	7
7.-	ANÁLISIS DE LOS CORREDORES PROPUESTOS.....	8
8.-	JUSTIFICACIÓN DEL CORREDOR ELEGIDO .....	11
9.-	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA .....	13
9.1.-	Situación de la demanda de transporte.....	14
9.2.-	Situación de la oferta de transporte público .....	17
9.3.-	Situación de la demanda de transporte público .....	19
9.4.-	Análisis socioeconómico del ámbito de estudio .....	20
9.5.-	Análisis del planeamiento urbanístico .....	29
9.6.-	Red de transportes .....	30
9.7.-	Modelo de cobertura .....	33
10.-	REORDENACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTES EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	37

## **1.- INTRODUCCIÓN Y RESUMEN**

El presente documento constituye la primera parte del trabajo a realizar, compuesto por el Trabajo Fin de Master y el Trabajo Fin de Master Ampliado. Ambos documentos constituyen una unidad y comprenden la visión global del estudio a llevar a cabo.

En esta primera parte se va a elegir en que zona de Madrid se va a proponer implantar la futura línea de metro ligero, se determinarán varios corredores de trazado en el ámbito del estudio y se seleccionará uno de ellos de manera justificada sobre el cual se centrará el posterior desarrollo del trabajo. Tomando como base el corredor seleccionado, se procederá a realizar una estimación de la demanda previsible de la línea y se reordenará el transporte público de superficie en el ámbito del corredor.

## **2.- OBJETIVO DEL TRABAJO**

El objetivo del Trabajo Fin de Master es definir un corredor para la futura línea de metro ligero, realizar una estimación de la demanda de usuarios y hacer una propuesta de reordenación del transporte público de superficie en el ámbito del estudio.

## **3.- TAREAS**

Para la consecución de los objetivos de este trabajo, va a ser necesario realizar las siguientes tareas en el orden indicado a continuación:

1. Recopilación de la información sobre la situación actual del transporte público y los nuevos desarrollos urbanos a nivel global del municipio de Madrid.
2. Análisis de zonas con necesidades actuales o futuras de mejora de la red de transporte público.
3. Selección del ámbito de estudio donde se pretende implantar la línea de metro ligero.
4. Recopilación de cartografía a escala adecuada para las necesidades del estudio (1/5.000 y 1/1.000).
5. Establecimiento de corredores en el ámbito del trabajo en función de los polos de atracción y generación de viajes.

6. Análisis de las ventajas e inconvenientes de las alternativas planteadas y solución propuesta de manera justificada.
7. Recopilación de información (estadísticas, anuarios, datos de empresas de transporte,...) para realizar el estudio de demanda.
8. Estudio de demanda para el corredor seleccionado.
9. Recopilación de información sobre el transporte público en la zona de influencia del corredor.
10. Propuesta de reordenación del transporte público de superficie.

#### 4.- PLANIFICACIÓN

Una vez que ya ha sido aprobada la propuesta del Trabajo Fin de Master por la Dirección del Curso, el calendario propuesto para la realización del mismo es, en función de las directrices preliminares establecidas en el documento aprobado, el siguiente:

- ✓ Recopilación de información preliminar, determinación de la zona de estudio y validación por el Director del Trabajo: final de noviembre del 2014.
- ✓ Obtención de cartografía, análisis de polos de atracción y generación de viajes, estudio de corredores, justificación de la solución propuesta y validación por el director del trabajo: final de febrero del 2015.
- ✓ Recopilación de información para el estudio de demanda y del transporte público de superficie, realización del estudio de demanda y de la propuesta de reordenación del transporte público de superficie: primera semana de abril del 2015.
- ✓ Conclusión del estudio, revisión y validación por el Director del Trabajo: mediados de abril del 2015.

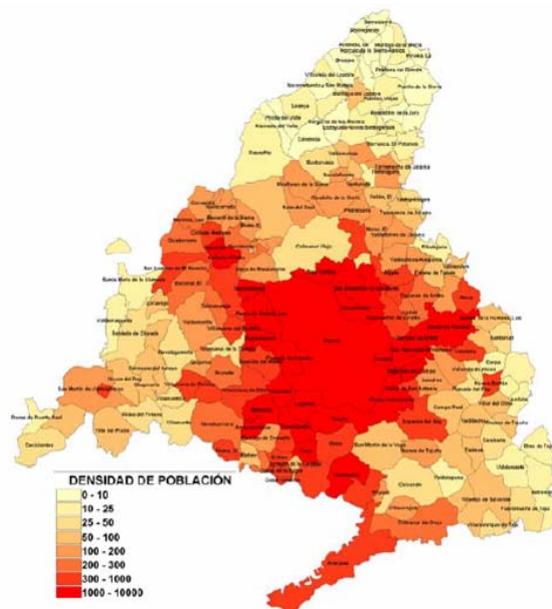
## 5.- CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE EL MUNICIPIO DE MADRID

### 5.1 Datos generales

En la ciudad de Madrid había empadronados a finales del año 2013 aproximadamente unos 3,2 millones de personas, lo que supone el 49% de la población total de la Comunidad de Madrid. Sin embargo, en el año 2004 la proporción era del 56%. Este hecho tiene implicaciones importantes en la movilidad con repercusiones trascendentales en las relaciones radiales y transversales.

Desde el punto de vista de la población, existe una tendencia acusada entre el envejecimiento de la capital y de su área metropolitana. El municipio de Madrid tiene cada vez una población más envejecida, mientras que la región metropolitana está habitada por población de media más joven. Por este motivo, se está detectando en los últimos años un incremento en los desplazamientos realizados entre la capital y su entorno metropolitano. Este crecimiento poblacional ha sido especialmente acusado en los municipios próximos a la ciudad situados junto a las principales vías de acceso rodado. Como resultado de esta tendencia, en la actualidad se puede considerar, a efectos prácticos, que existe una conurbación de más de 6 millones de habitantes, con densidades superiores a los 1.000 hab/km<sup>2</sup>, erigiéndose en una de las aglomeraciones urbanas más importantes del sur de Europa.

Densidad de población por km<sup>2</sup> en el año 2012



Fuente: Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid

Otro rasgo destacado que se ha venido produciendo en los últimos tiempos es la deslocalización de la actividad económica desde el centro (interior al anillo de la M-30) a la periferia. Este proceso lleva aparejado un desajuste en la oferta del transporte público, que aun siendo bueno, en muchos casos no puede competir en tiempo con el ofrecido por el transporte privado, lo que genera que se utilice mayoritariamente el automóvil en las relaciones transversales.

En relación con la motorización, se ha pasado de 442 turismos/1.000 habitantes en 2005 a 419 turismos/1.000 habitantes en 2012. Esta tendencia puede no ser achacable únicamente a la crisis económica, sino también puede responder a factores de envejecimiento de la población.

## 5.2 Movilidad urbana

Como toda gran ciudad, los problemas de movilidad son una de las cuestiones clave que influyen en la mayoría de las actividades que se desarrollan en su entorno. Para mejorar la situación actual que presenta la capital, las líneas de actuación política pretenden incidir en varios frentes de actuación entre los que destacan las emisiones atmosféricas y la mejora del sistema de transporte.

A continuación se indica resumidamente cual es la situación actual del municipio de Madrid en relación a estos aspectos.

### a) Medio ambiente:

Los principales problemas medioambientales asociados al transporte son los ruidos a las emisiones generadas por los motores de combustión.

La ciudad de Madrid, por sus características topográficas, presenta problemas estacionales de contaminación sobre todo en época invernal en condiciones anticiclónicas por la acumulación de NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub>, debido en buena parte al tráfico rodado. Este hecho ha generado que en determinadas ocasiones se hayan sobrepasado los límites admisibles establecidos en la Directiva Europea de Calidad del Aire 2008. Los esfuerzos de las Administraciones Públicas implicadas en paliar este problema han mejorado sensiblemente la situación de años precedentes, sin embargo, aún queda un largo camino por recorrer. En este sentido, se están planteando medidas de choque ante situaciones puntuales como puede ser limitar el acceso al

centro de la capital a los vehículos privados, reducir el límite de velocidad en determinadas vías principales, etc.

Otra de las medidas que se ha tomado por parte de los responsables públicos en materia de transportes, es reducir el número de vehículos de la flota de autobuses urbanos que utilizan los derivados del petróleo como fuente de energía, sustituyéndolos por vehículos que emplean el gas. Actualmente, en torno al 37% de las unidades de la EMT emplea esta fuente energética.

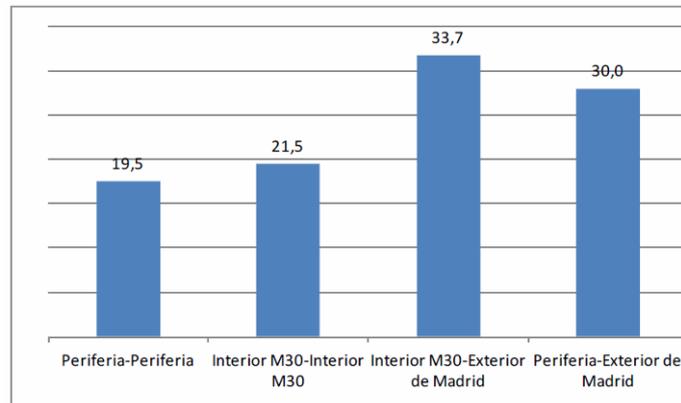
En cuanto a la utilización de la electricidad como fuente de suministro para los motores de los vehículos, se considera que pueden constituir una alternativa decisiva para reducir los problemas de impacto ambiental, ampliando su aplicación tanto a los transportes públicos, como a la distribución de mercancías y a los vehículos privados.

b) Competitividad del sistema de transporte:

Se entiende por competitividad la mejora de la movilidad en todos los medios de transporte motorizados. En el caso del vehículo privado, se toma como indicador el nivel de congestión, encontrándose que en casi el 6% de los kilómetros recorridos se realizan con niveles de congestión muy elevados, siendo prácticamente el doble de este porcentaje en vías como la M-30 (tramo comprendido entre la A2 y la A3) y la M-40 (arcos este y sur), lo que genera importantes demoras entre los usuarios. En los periodos punta, esta saturación está relacionada con el acceso a polos de atracción de viajes por donde circulan estas vías (Ribera del Loira, Villaverde, Julian Camarillo,...).

En relación al transporte público, los datos recientes revelan que la velocidad comercial media del conjunto de todos los modos se sitúa en los 21 km/h, lo cual supone que para un recorrido habitual medio se emplean tiempos superiores a los 30 minutos. Esta velocidad es incluso inferior en los trayectos que comunican orígenes y destinos situados en la periferia ya que la velocidad se sitúa por debajo de los 20 km/h.

Velocidad media del transporte público (km/h)



Fuente: Ayuntamiento de Madrid. Área de Medio Ambiente y Movilidad.

Por otro lado, la ciudad de Madrid dispone de una importante oferta de transporte público que prácticamente cubre todo el territorio. La red de Metro de Madrid ofrece una amplia cobertura dentro del casco urbano interior a la M-30, donde la proximidad de las paradas y la distribución de la red dan servicio a la mayoría de la población en un radio de 350 m. Sin embargo, es notoria la marcada radialidad de esta red, lo que penaliza las relaciones transversales. Además según nos alejamos del centro disminuye la cobertura, llegando a no disponer de servicio de Metro en muchas Áreas de Actividad Económica.

Como complemento de la red de Metro existe un servicio de autobuses que en general cubren trayectos cortos en los que el Metro no es competitivo. Este servicio tiene prácticamente una cobertura total para un radio de 350 m desde la parada más próxima con un intervalo máximo genérico de 15 minutos.

Según se desprende de los informes y anuarios de transporte público de Madrid, en el arco este, para ir de un barrio a otro en transporte público, únicamente se dispone de autobús, en algunos casos haciendo más de un transbordo, por lo que las velocidades se estiman por debajo de los 10 km/h.

La velocidad comercial de los autobuses urbanos se sitúa en el municipio de Madrid por debajo de los 14 km/h. Del tiempo total del trayecto en este medio, casi el 25% está parado en un semáforo o sufre las consecuencias derivadas de la congestión o la indisciplina de estacionamiento. Para paliar este déficit, se proponen medidas de segregación viaria y de priorización semafórica.

c) Intermodalidad:

La intermodalidad es un elemento clave dentro de cualquier sistema de transportes, ya que articula las conexiones entre los diferentes modos de manera rápida, disminuyendo el tiempo de ruptura del trayecto para el usuario. A ello contribuye de manera importante la política tarifaria establecida, que en el caso de la Comunidad de Madrid, a través de la implantación del abono transporte se permite la utilización de todo el sistema de transporte público (excepto taxi) con un único título.

En la Comunidad de Madrid hay un considerable número de desplazamientos que utilizan las áreas intermodales (coche-tren, bus-metro, bici-tren,...), estimándose en un 14% aproximadamente a nivel general e incrementándose al 33% en el caso del autobús.

## 6.- DETERMINACIÓN DEL ÁMBITO DEL TRABAJO

Desde el punto de vista estratégico, la movilidad en el municipio de Madrid se concibe desde cuatro líneas básicas que son sostenibilidad, seguridad, accesibilidad y competitividad. Por ello, cualquier actuación en relación con el sistema de transporte ha de estar encaminada a mejorar estos aspectos.

Partiendo pues de la problemática del transporte en el municipio de Madrid que se ha presentado de modo muy resumido en el apartado anterior, la nueva infraestructura que se propone implantar debería poder paliar, en parte, el mayor número de carencias detectadas en el análisis previo en su ámbito de influencia. Para ello, se han de tomar como condiciones básicas para seleccionar el ámbito de la futura línea de metro ligero, los siguientes aspectos:

- ✓ Mejorar la red de transporte público de la periferia (zona exterior a la M-30) y su conexión con el Metro;
- ✓ Potenciar la intermodalidad;
- ✓ Aumentar la velocidad comercial del servicio de transportes público (plataforma reservada, prioridad semafórica);
- ✓ Conectar el mayor número posible de focos de atracción/generación de viajes;
- ✓ Mejorar los problemas medioambientales (tracción eléctrica);

- ✓ Dar cobertura a núcleos de población actuales o futuros (nuevos desarrollos urbanos) que no dispongan de medios de transporte público de capacidad media o elevada.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se han seleccionado sin carácter excluyente como posibles ámbitos del trabajo los siguientes:

1. Conexión de Valdebebas con la red de Metro;
2. Prolongación de las líneas ML2 y ML3 hasta Aluche;
3. Conexión de Alcorcón Norte con Boadilla del Monte;
4. Eje Prado – Recoletos – Castellana – futura prolongación de la Castellana.

Una vez analizadas cada una de estas propuestas y tomando en consideración los condicionantes que se han establecido en este apartado para poder determinar el ámbito del estudio, se ha seleccionado la primera de las propuestas, es decir, la conexión de Valdebebas con la red de Metro por los siguientes motivos:

- ✓ Da cobertura a un nuevo desarrollo urbano (Valdebebas);
- ✓ Potencia el acceso en transporte público a centros importantes de generación/atracción de viajes como IFEMA, Campo de las Naciones, oficinas en la calle Ribera del Loira, futuro Campus de la Justicia, centros comerciales como Carrefour e Hipercor, lugares de ocio como el Palacio de Hielo y varios centros educativos de especial relevancia en el Distrito de Chamartín;
- ✓ Mejora el acceso del transporte público en el entorno de la periferia urbana (exterior a la M-30) e incrementa la velocidad comercial del mismo sobre la red de autobuses actual;
- ✓ Incrementa la intermodalidad del sistema transportes.

## **7.- ANÁLISIS DE LOS CORREDORES PROPUESTOS**

Una vez seleccionado el ámbito del trabajo, se van a estudiar diversas alternativas para el trazado en planta de la nueva línea de metro ligero propuesta, de manera que se intente cubrir

con cada una de ellas el mayor número posible de objetivos y así mejorar el sistema de transporte público colectivo.

Antes de plantear las diferentes alternativas, se establece como premisa fundamental para la inserción de la nueva línea de metro ligero en la trama urbana consolidada de la ciudad, el total apoyo político al proyecto, ya que su actuación supone una apuesta decidida y sin reservas por un transporte público de estas características. La nueva infraestructura presenta ventajas innegables desde diversos puntos de vista como el medioambiental, al reducir sensiblemente las emisiones de gases y los ruidos, incrementa la velocidad comercial del transporte público de superficie en su ámbito de influencia, da entrada a un medio de transporte de capacidad media que cubre el vacío existente entre el metro y el bus y mejora la participación del transporte público en el sistema general de transportes entre otros. Sin embargo, para que esto sea posible hay que sacrificar buena parte de la sección del viario rodado en las calles donde se inserta, desplazando en buena medida al vehículo privado de esas vías al reducir la capacidad que tiene asignada, así como el aparcamiento en superficie, sobre todo en las áreas más cercanas al centro de la ciudad.

Partiendo pues de la premisa anterior, para definir los diferentes corredores se va a tener en cuenta además la siguiente información:

- ✓ Planeamiento urbanístico vigente (PGOUM 1997 y sus modificaciones);
- ✓ Parámetros mínimos de trazado en planta del sistema de transportes propuesto;
- ✓ Anchura de las secciones del viario por el que vaya a discurrir;
- ✓ Disponibilidad de terrenos para la implantación de los talleres y cocheras;
- ✓ Infraestructuras viarias existentes.

Como datos preliminares para la definición de las alternativas se van a tomar los siguientes parámetros de diseño:

- ✓ Anchura del material móvil a emplear 2,35 m y 100% piso bajo;
- ✓ Radio mínimo en planta 25 m;
- ✓ Anchura de plataforma en doble vía con poste central de catenaria 8 m;

- ✓ Anchura de plataforma en doble vía en zonas sin línea aérea de contacto 7 m;
- ✓ Empleo de plataforma reservada salvo en cruces con viario rodado y prioridad semafórica;
- ✓ Trazado en superficie generalizado (salvo en aquellos puntos donde las infraestructuras viarias existentes o la topografía lo imposibiliten).

Los focos de origen y destino fundamentales de los viajes que se han detectado en el ámbito del estudio son los siguientes:

- ✓ Intercambiador de la estación de Chamartín;
- ✓ Intercambiador de Plaza de Castilla;
- ✓ Colegios: Sagrado Corazón, Nuestra Señora del Recuerdo, Antonio Vicente Mosquete (ONCE) y Cardenal Espínola en el distrito de Chamartín;
- ✓ Barrio de San Miguel y Colonia Pinar del Rey;
- ✓ Centro Comercial Gran Vía de Hortaleza;
- ✓ Barrio de Piovera y Palacio de Hielo;
- ✓ Barrio de Palomas e Hipercor;
- ✓ Barrio de Corralejos (centro de oficinas calle Ribera del Loira y Campo de las Naciones);
- ✓ IFEMA y su ampliación;
- ✓ Futuro Campus de la Justicia;
- ✓ Barrio de la Virgen del Olmo;
- ✓ Área de planeamiento específico (APE 16.11) Valdebebas.

Teniendo pues en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se han definido seis alternativas que se pueden agrupar en dos bloques fundamentales. El primer bloque estaría formado por aquellas alternativas que partiendo del APE 16.11, pasan por los recintos feriales y el entorno del Campo de las Naciones, para a continuación cruzar la M-40 y dirigirse al Palacio de Hielo,

terminando en el Centro Comercial Gran Vía de Hortaleza, donde conectarían con la línea 8 de Metro en la estación de Mar de Cristal. En general, estas tres primeras alternativas tendrían una longitud máxima de recorrido de unos 10 km y la localización de los talleres y cocheras se ubicarían en una parcela adecuada, en cuanto a tamaño y ordenación urbanística, situada en el extremo de la línea del metro ligero dentro del APE Valdebebas.

El segundo grupo de alternativas presenta un trazado común a las tres opciones antes consideradas que prolongaría las líneas propuestas hasta el distrito de Chamartín, pasando junto a los barrios de San Miguel y la Colonia del Pinar del Rey, cruzando la M-30 y accediendo tanto al núcleo de colegios del Distrito de Chamartín, como al intercambiador de Plaza de Castilla, para acabar en el intercambiador de la estación de Chamartín. En este caso, la longitud de la línea tendría aproximadamente unos 15 km.

La definición gráfica de todas las alternativas se puede consultar en el anejo de planos que se adjunta a este documento.

Dado que para la realización del estudio no se van a tener en cuenta las disponibilidades presupuestarias para la financiación del proyecto, como primer escalón de decisión se descarta el primer grupo de alternativas que abarcarían desde el centro comercial Gran Vía de Hortaleza hasta el extremo final en el APE Valdebebas. El motivo se basa en las innegables ventajas que presenta el segundo paquete de alternativas, ya que cubren un mayor número de los objetivos inicialmente propuestos, al potenciar la intermodalidad, mejorar la permeabilidad transversal del transporte público en el área metropolitana y conectar importantes núcleos intermodales con focos masivos de atracción de viajes (oficinas del Campo de las Naciones y Ribera del Loira, IFEMA y futuro Campus de la Justicia).

## **8.- JUSTIFICACIÓN DEL CORREDOR ELEGIDO**

De entre el bloque de alternativas que parte en el APE Valdebebas y que acaba en el intercambiador de la estación de Chamartín, tenemos tres opciones, las cuales, según se muestran en el anejo de planos, están identificadas como 1 a 3.

Para la selección del corredor propuesto se van a tener en cuenta diversos aspectos entre los que se encuentran la potencial demanda atendida, las interferencias con las infraestructuras existentes (costes de construcción) y los previsibles costes futuros de mantenimiento.

Dado que la parte inicial del trazado es común para las tres opciones seleccionadas entre el intercambiador de Chamartín y el centro comercial Gran Vía de Hortaleza, nos centraremos para el análisis comparativo de alternativas en sus diferencias entre este punto y la conexión con los talleres y cocheras al final del tramo.

La alternativa 1 en cuanto a la demanda atendida, conecta con el Palacio de Hielo, Hipercor, la zona de oficinas de Campo de las Naciones, recintos feriales de IFEMA, futuro Campus de la Justicia, ampliación de IFEMA y APE Valdebebas. Por el contrario, deja sin servicio a una parte importante de las oficinas de la calle Ribera del Loira y el barrio de la Virgen del Olmo. En cuanto a costes de construcción y mantenimiento, presenta una longitud muy similar a la alternativa 2 y algo mayor a la 3. Para salvar la M-11 se requeriría un paso a diferente nivel, previsiblemente subterráneo, de aproximadamente 1,3 km de longitud con un punto bajo en el longitudinal del trazado en las inmediaciones de la M-11 que requerirá la disposición de un pozo de bombeo.

La alternativa 2 en cuanto a la demanda atendida, conecta con el Palacio de Hielo, Hipercor, la zona de oficinas de Campo de las Naciones, las oficinas de la calle Ribera del Loira, recintos feriales de IFEMA, futuro Campus de la Justicia, ampliación de IFEMA y APE Valdebebas. Por el contrario, deja sin servicio al barrio de la Virgen del Olmo. En cuanto a costes de construcción y mantenimiento, presenta una longitud muy similar a la alternativa 1 y algo mayor a la 3. Para salvar la M-11 se requeriría un paso a diferente nivel, previsiblemente subterráneo, de aproximadamente 900 m de longitud, menor que la alternativa 1 por las favorables condiciones topográficas del entorno y las infraestructuras en el punto de cruce, y sin necesidad de crear un punto bajo en el túnel por las condiciones de contorno existentes a la entrada y salida del mismo. Además, para conectar con la zona de oficinas situadas más al norte de la calle Ribera del Loira, sería necesario construir una pasarela metálica que salve la vía férrea existente y conecte con el trazado de la línea de metro ligero.

Por último, la alternativa 3 en cuanto a la demanda atendida, conecta con el Palacio de Hielo, oficinas de la calle Ribera del Loira, una pequeña parte de las oficinas del Campo de las Naciones, barrio de la Virgen del Olmo, ampliación de IFEMA, futuro Campus de la Justicia y APE Valdebebas. Por el contrario, deja sin servicio Hipercor, la mayor parte de las oficinas de Campo de las Naciones y los recintos feriales de IFEMA. En cuanto a costes de construcción y mantenimiento, presenta una longitud menor a las alternativas 2 y 3. Para salvar la M-11 y la vía férrea se requeriría un paso a diferente nivel, previsiblemente subterráneo, de en torno a

1,2 km de longitud en el que sería necesario disponer un bombeo por los condicionantes topográficos en el cruce bajo la vía férrea y pantallas para la delimitación con el ferrocarril próximo. Además, para conectar con la zona de oficinas situadas más al oeste del Campo de las Naciones, sería necesario construir una pasarela metálica que salve la vía férrea de cercanías que las separa del trazado de la línea de metro ligero.

Para determinar la alternativa seleccionada se va a estimar la influencia que en cada una de ellas tienen los tres aspectos siguientes: la demanda, los costes de construcción y los costes de mantenimiento a lo largo de la vida del proyecto. Dado que estos tres factores no tienen igual consideración en el resultado final de la eficiencia del nuevo sistema propuesto, se procede a ponderar cada uno de ellos con un peso en función de la importancia que se asigna a cada factor de valoración. Se ha dado un peso de un 60% a la potencial demanda atendida, un 20% a los costes de mantenimiento a lo largo de la vida del proyecto y un 20% a los costes de construcción. Para obtener la valoración de cada alternativa, se van a asignar puntuaciones en cada uno de los aspectos a valorar comprendidos entre 0 y 5, donde 5 sería el mejor y 0 el peor. De la suma ponderada de cada una de las alternativas, se obtendrá aquella que alcance una mayor puntuación, resultando por tanto la opción seleccionada.

	PESO	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		VAL	POND	VAL	POND	VAL	POND
DEMANDA	60%	3	1,8	5	3,0	4	2,4
CONSTRUCCIÓN	20%	4	0,8	5	1,0	4	0,8
MANTENIMIENTO	20%	3	0,6	4	0,8	5	1,0
<b>TOTAL</b>			<b>3,2</b>		<b>4,8</b>		<b>4,2</b>

En consecuencia, de la valoración obtenida para las diferentes alternativas planteadas se muestra que la opción que mejor puntuación tiene es la número 2, resultando por tanto la seleccionada.

## 9.- ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

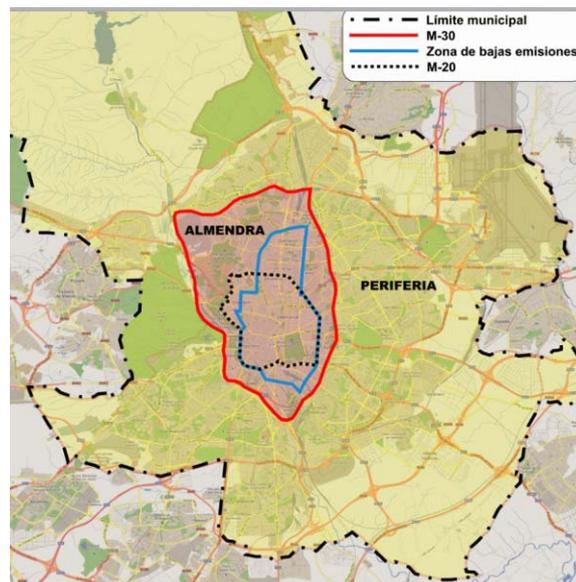
En este apartado se va a realizar un análisis de los diferentes aspectos que influyen en la estimación de la demanda para la futura línea de metro ligero.

Para ello se va a emplear un método aproximado basado en un modelo de cobertura, ya que el tradicional basado en generación, distribución, reparto modal y asignación, requiere tanto unas herramientas informáticas como de unos medios materiales y humanos que exceden ampliamente el alcance de este trabajo.

### 9.1.- Situación de la demanda de transporte

Los datos que se muestran a continuación han sido obtenidos fundamentalmente del análisis de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad del 2004 realizada por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, basándose en los datos obtenidos para un día medio laborable en el mes de noviembre, así como de los datos de movilidad disponibles del Ayuntamiento de Madrid.

En un principio podemos establecer dos zonas claramente diferenciadas en cuanto a los desplazamientos dentro del municipio de Madrid, la almendra central (interior de la M-30) y la periferia (exterior a la M-30).



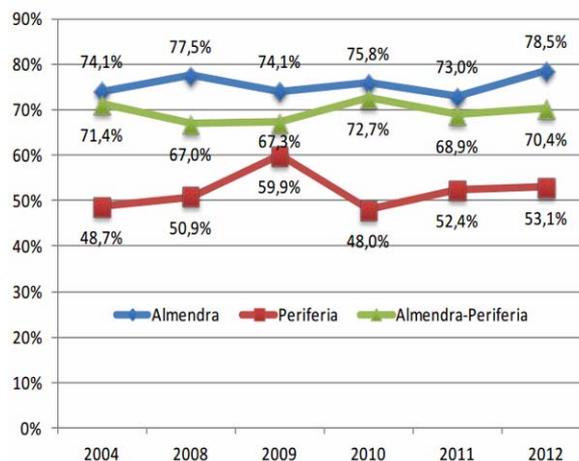
Fuente: Ayuntamiento de Madrid. Área de Medio Ambiente y Movilidad.

En la ciudad de Madrid, en 2004 (año en que se realizó de la última Encuesta Domiciliaria de Movilidad por parte del Consorcio de Transportes de Madrid) los residentes realizaban 8,4 millones de viajes en un día laborable, considerando todos los modos (pie, bici, transporte público y vehículo privado). La Almendra central concentraba el 42% de los viajes, bien como origen o de destino del viaje. Sin embargo, en función de la evolución contrastada de los

distintos modos (variaciones en el número de viajeros del transporte público y las intensidades de tráfico), en 2012, la movilidad global se ha reducido aproximadamente un 3,5% respecto al 2004.

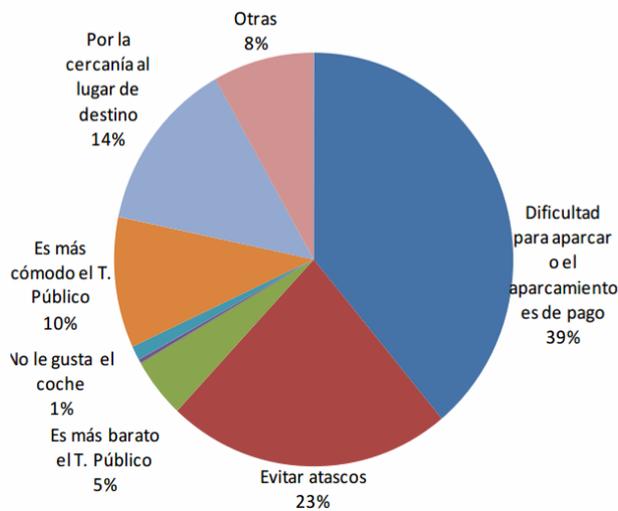
El transporte público en 2012 fue el modo de desplazamiento más utilizado con el 42% de los viajes, frente a cerca del 29% de desplazamientos a pie. El vehículo privado pierde peso ligeramente respecto al 2004, situándose en el 29% de los desplazamientos de Madrid como consecuencia del aumento de la oferta de transporte público, principalmente metro, las políticas de disuasión del uso del coche (SER, APR, etc.) implantadas en el interior de la M-30 y la crisis económica general.

En las relaciones con origen y destino fuera de la M-30, el uso del coche prácticamente alcanza el 50%, lo que señala un reto para la movilidad en este ámbito. En el gráfico que se muestra a continuación se indica el porcentaje de uso del transporte público sobre el total de los desplazamientos motorizados.



Fuente: Ayuntamiento de Madrid. Área de Medio Ambiente y Movilidad.

En cuanto a los motivos por los que los usuarios prefieren el transporte público en vez de la utilización del transporte privado se encuentran básicamente dos razones fundamentales. Por un lado está la dificultad para aparcar en destino o ser este de pago, y por otro, el evitar los atascos que generan tensiones y pérdidas de tiempo considerables en los desplazamientos.



Fuente: Ayuntamiento de Madrid. Área de Gobierno de Economía y Empleo.

En la movilidad laboral, que coincide con los periodos punta de la movilidad general, la utilización del coche es muy importante y su ocupación muy baja. Esta tendencia se acrecienta en las áreas de actividad económica perimetrales, donde más de un 70% de los desplazamientos se efectúan en coche y la ocupación del vehículo es un 11% inferior a la media de desplazamientos por motivo trabajo (1,1 personas/ veh en lugar de 1,35 personas/veh).

Esto se debe, entre otras causas, a la gran oferta de aparcamiento en esas áreas de actividad económica, la ocupación irregular como estacionamiento de zonas verdes lo que multiplica la capacidad de recibir viajes en coche, y la reducida competitividad del transporte público, que presenta tiempos de viaje superiores al vehículo privado (hasta el 50% en algunos casos).

Por otro lado, la elevada utilización del vehículo privado convierte la movilidad laboral en responsable de más de la mitad de las emisiones contaminantes generadas por el coche en Madrid.

Desde el punto de vista de la infraestructura, la red viaria de Madrid se caracteriza por un elevado nivel de jerarquización. Así, de los cerca de 3.000 km de vías que dispone la ciudad, el 63% soporta intensidades de tráfico por debajo de 10.000 veh./día, lo que representa únicamente el 15% del tráfico de la ciudad. Este tipo de vías permiten el uso de elementos limitadores de la velocidad como pasos de peatones elevados y zonas 30, sin provocar saturaciones en el tráfico.

Por el contrario, en el 37% del viario restante (vías con más de 10.000 veh/día) se concentra el 85% de los veh x km que se realizan en la ciudad. Por lo que se refiere a estas vías urbanas, principalmente en las penetraciones viarias a la Almendra, se detectan elevados tráficos que las convierten en carreteras urbanas con un inadecuado tratamiento de la movilidad de peatones, transporte público, bici y, por supuesto el coche.

Desde el año 2004 hasta el 2012, el descenso del tráfico de vehículos privados en la almendra central de Madrid ha sido de prácticamente de un 15%. Por el contrario, en el tráfico de la periferia, la reducción a pesar de la crisis económica ha sido únicamente del 5%.

Por último, apuntar que el 94,1% de los km que se realizan en coche, tienen lugar por debajo del nivel de saturación elevada (superior al 80%) y el 5,9% restante está afectado por importantes demoras. Concretamente, los mayores conflictos se registran en las principales vías de la ciudad: la M-30 y la M-40. En el primer caso destaca el arco este, especialmente acusado en el tramo comprendido entre la A2 y la A3. Especialmente acusado es la saturación que se registra en el nudo norte. Por lo que se refiere a la M-40 presenta problemas en el arco este como ya se ha indicado. En los periodos punta esta saturación está relacionada con la accesibilidad al área de actividad económica de Ribera del Loira y Campo de las Naciones.

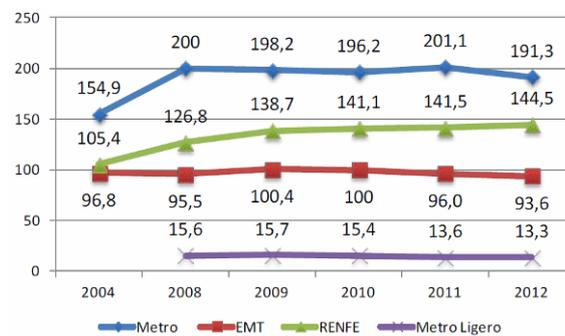
## **9.2.- Situación de la oferta de transporte público**

La ciudad de Madrid dispone de una importante oferta de transporte público que prácticamente cubre todo el territorio. La red de Metro de Madrid es una de las más extensas del mundo (293 km) y ofrece una buena cobertura a la ciudad, sobre todo en el interior de la M-30 donde la proximidad de las paradas y el tramado de líneas dan servicio a casi todo el ámbito territorial en un radio de 350 m. Así y para toda la ciudad, el 66% de la población dispone de una estación de Metro a un radio de 600 metros (menos de 10 minutos andando).

El servicio de autobús urbano con una red de más de 200 líneas complementa la oferta de transporte público, cubriendo zonas o relaciones no satisfechas por el metro y dando un servicio de proximidad para los desplazamientos cortos en los que el metro no es competitivo. Prácticamente el 100% de la población de Madrid queda a menos de 350 m. (5 minutos andando) de una parada por la que pasa un autobús con un intervalo de menos de 15 minutos. Además, la oferta se completa con el autobús interurbano y cercanías de RENFE, que, por su velocidad comercial, suponen una buena competencia al coche en largas distancias. En este sentido, la red de cercanías permite velocidades comerciales elevadas en muchas conexiones

radiales y especialmente en las relaciones norte-sur que pasan por el centro de la ciudad (velocidad comercial de 35 km/h). Por el contrario, en el arco Este para ir de un barrio a otro en transporte público únicamente se dispone del autobús, en algunos casos incluso haciendo más de un transbordo, por lo que las velocidades son sensiblemente más bajas (en algunos casos incluso inferiores a los 10 km/h).

Entre los años 2004 y 2012 han aumentado en aproximadamente un 25% los kilómetros recorridos por el parque de transporte público, principalmente en metro y tren. Por el contrario, el autobús ha visto reducida su oferta en un 3%.



Oferta de transporte público (millones de coches - km).  
Fuente: Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

La red de la EMT ofrece frecuencias de paso muy elevadas como lo atestigua que el 90% de las líneas y el 97% de los viajeros utilizan líneas programadas con frecuencias superiores a los 15 minutos, que se convierten en un 77% de líneas y un 90% de viajeros si consideramos frecuencias superiores a los 12 minutos, si bien es cierto que en el último año se han producido ajustes del servicio con reducciones de frecuencia.

La facilidad para hacer trasbordos en transporte público y las opciones para realizar un intercambio modal de calidad, son unas de las características que definen la accesibilidad en transporte público. También es un elemento determinante una política tarifaria que no grave el uso de varios modos en el mismo viaje. Respecto a esto último el Consorcio Regional de Transporte de Madrid dispone del abono transporte como título integrado.

En la Comunidad de Madrid se registra un elevado número de desplazamientos intermodales (se utilizan más de un modo de transporte: coche-tren, bus-metro, bicitren, etc.), aproximadamente un 14%, elevándose a un 33% en el caso del autobús. Mientras la intermodalidad entre metro, tren y autobuses interurbanos está relativamente bien resuelta ya que Madrid dispone de 13 grandes intercambiadores que conectan con las diferentes vías

de acceso a la ciudad, aún es susceptible de mejora el transbordo bus-metro o el bus-bus ya que en muchas ocasiones líneas que se entrecruzan tienen las paradas muy alejadas unas de otras o no conectan directamente con el metro.

### 9.3.- Situación de la demanda de transporte público

A nivel global, la oferta de transporte público de la Comunidad de Madrid generó en el año 2012 cerca de 1.400 millones de viajeros, es decir, 4 millones diarios. Sólo el transporte urbano de la ciudad (metro y bus), mueve a más de 1.000 millones de viajeros anuales, aproximadamente 3 millones diarios, de los cuales aproximadamente un 40% corresponde al servicio de EMT.

En los últimos 6 años, excepto en el ejercicio 2007 (ampliación del metro y ampliación del SER), el transporte público ha sufrido un continuado descenso en el número de viajeros, paralelo a la crisis económica y al paro laboral. En el periodo 2004-2012 concretamente descendió un 9%.

Por lo que respecta al ámbito concreto donde se insertaría la nueva infraestructura y su interrelación con la red existente, esta conectará con la línea 8 de Metro de Madrid en las estaciones de Mar de Cristal y Campo de las Naciones, y con la línea 4 en Mar de Cristal y Canillas. Por su parte conectaría con la línea C1 de cercanías en el intercambiador de Valdebebas, cercano a la futura Ciudad de la Justicia (ver esquema de la línea C1 en los anexos).

Las principales líneas de autobús que presentan en estos momentos un recorrido que coincide en buena parte de su trayecto con la futura línea de metro ligero son la 107, la 112 y el servicio especial SE799 que atiende al nuevo desarrollo urbanístico de Valdebebas.

Analizando los datos obtenidos del Consorcio Regional de Transportes de Madrid que se muestran en el anejo a este documento para el mes de octubre de 2014, se obtienen los siguientes datos medios diarios de demanda de pasajeros.

	AUTOBUS (pasajeros)	
	Laborable	Sab/Fest
L107	4.750	1.900
L112	4.000	1.650
L799	750	260

Demanda media diaria de viajeros en líneas de autobús del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia.

	METRO (pasajeros)	
	Laborable	Sab/Fest
L4 Mar de Cristal	3.500	1.510
L8 Mar de Cristal	6.500	2.800
L8 Campo de las Naciones	8.000	6.100

Demanda media diaria de viajeros en estaciones de Metro del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

#### 9.4.- Análisis socioeconómico del ámbito de estudio

A continuación se van a analizar las variables socioeconómicas que influyen de manera más directa en la movilidad de los distritos del municipio de Madrid incluidos en el ámbito del trabajo. Las variables socioeconómicas a considerar son población, empleo y número de trabajadores, composición del hogar, motorización, nivel adquisitivo y actividad económica.

Los distritos por los que discurre el trazado de la línea de metro ligero son los de Chamartín (Barrio de Castilla), Ciudad Lineal (Barrio de Atalaya), Hortaleza (Barrios de Apostol Santiago, Pinar del Rey, Canillas y Palomas) y Barajas (Valdebebas).

Como fuentes de información para la obtención de los datos se ha tomado:

- ✓ Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid;
- ✓ Informe anual del Consorcio Regional de Transportes de Madrid;
- ✓ Documento de la Ordenación Pormenorizada del APE 16.11 de la Ciudad Aeroportuaria y Parque de Valdebebas;
- ✓ Encuesta Domiciliaria de Movilidad del Consorcio Regional de Transportes de Madrid 2004.

##### 9.4.1.- Población

En la tabla que se muestra a continuación se incluyen los datos de la población censada en los barrios por donde discurre la traza de la futura línea de metro ligero. Como se puede observar en el gráfico la tendencia general es ligeramente decreciente en los últimos años como ya se había indicado en apartados anteriores como consecuencia del traslado de la población más joven hacia nuevos desarrollos en la periferia de la almendra central de Madrid.

	CHAMARTIN	CIUDAD LINEAL	HORTALEZA			
	Castilla	Atalaya	Apostol Santiago	Pinar del Rey	Canillas	Palomas
2000	17.120	1.676	16.453	59.689	45.036	4.188
2001	17.130	1.668	16.455	59.739	45.079	4.604
2002	17.315	1.692	16.511	60.146	45.773	5.010
2003	17.339	1.696	16.395	59.798	45.314	5.107
2004	16.915	1.711	16.212	58.998	44.861	5.227
2005	16.819	1.708	16.292	58.640	44.589	5.468
2006	16.951	1.646	16.048	57.835	43.777	5.742
2007	17.012	1.651	15.988	57.956	43.806	6.222
2008	17.128	1.691	16.069	57.635	43.780	6.484
2009	17.115	1.725	15.953	57.067	43.620	6.662
2010	17.200	1.727	15.841	56.143	43.270	6.734
2011	17.025	1.672	15.665	55.258	42.504	6.762
2012	16.832	1.641	15.474	54.259	41.982	6.737
2013	16.692	1.595	15.375	53.175	41.268	6.677

Evolución de la población empadronada en los barrios del ámbito de estudio.  
Fuente: Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid

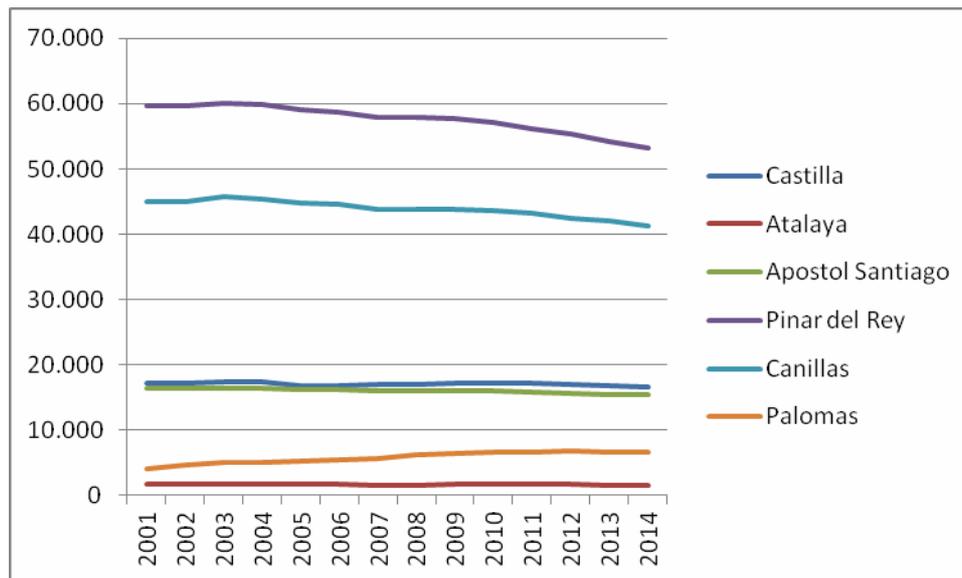


Gráfico de evolución de la población empadronada en los barrios del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

En el caso de Valdebebas, se trata de un nuevo desarrollo urbano cuya población estimada residente una vez se haya completado el total de las actuaciones previstas será de unas 30.500 personas. Este desarrollo debería estar completado en los próximos ocho años.

Según las previsiones del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, la proyección de crecimiento por Distritos para los próximos ocho años es creciente en todos los casos. Sin

embargo, para el ámbito concreto de nuestro estudio estos datos conviene matizarlos ya que el entorno por el que discurre la traza es en general, salvo en el caso de Valdebebas, urbano consolidado, cuya capacidad de crecimiento en cuanto a población es muy reducida. Con estos datos, podemos suponer que la tendencia en el área de estudio es que la población recupere tasas cercanas a las de principio del siglo XXI.

	CHAMARTIN	CIUDAD LINEAL	HORTALEZA
2014	142.684	214.256	172.705
2017	149.548	223.954	187.414
2022	153.068	223.552	197.593
%	<b>7,3%</b>	<b>4,3%</b>	<b>14,4%</b>

Previsión del crecimiento de la población empadronada en los Distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

#### 9.4.2.- Empleo

El empleo es un buen indicador para estimar la movilidad que se puede derivar de la actividad económica. Para evaluar dicho indicador se han utilizado estadísticas de desempleo obtenidas del Instituto Nacional de Estadística para el conjunto del municipio de Madrid.

En la elaboración de los datos se ha tomado la población activa (mayores de 16 años) y se han descontado tanto los activos como los ocupados para determinar la tasa de paro según la metodología aplicada por la Dirección General de Estadística del Ayuntamiento de Madrid.

	TRIMESTRE				ANUAL
	1	2	3	4	
2003	3,7%	3,3%	3,5%	3,1%	<b>3,4%</b>
2004	3,0%	3,2%	3,0%	3,3%	<b>3,1%</b>
2005	4,9%	4,1%	3,5%	3,1%	<b>3,9%</b>
2006	3,4%	4,0%	3,3%	3,8%	<b>3,6%</b>
2007	3,8%	3,6%	3,3%	3,8%	<b>3,6%</b>
2008	4,3%	5,2%	4,6%	6,1%	<b>5,0%</b>
2009	7,1%	7,2%	7,9%	8,8%	<b>7,7%</b>
2010	9,2%	9,9%	9,8%	8,8%	<b>9,4%</b>
2011	8,5%	9,1%	10,0%	10,9%	<b>9,6%</b>
2012	11,0%	11,2%	10,9%	11,3%	<b>11,1%</b>
2013	12,0%	10,7%	9,4%	9,9%	<b>10,5%</b>

Evolución del paro en el municipio de Madrid.  
Fuente: Elaboración propia

Si particularizamos para los barrios de la zona de estudio, los datos de paro a finales del 2013 son los que se indican en la tabla siguiente.

	CHAMARTIN	CIUDAD LINEAL	HORTALEZA			
	Castilla	Atalaya	Apostol Santiago	Pinar del Rey	Canillas	Palomas
<b>Paro</b>	9,22%	8,37%	15,18%	15,23%	12,75%	7,87%

Tasa de desempleo en los barrios del ámbito de estudio (2013).  
Fuente: Elaboración propia

Aunque los datos de paro son sensiblemente inferiores a los de la media nacional, se observa la fuerte tendencia alcista que ha experimentado desde el inicio de la crisis económica (2007) y que se mantiene en la actualidad.

	CHAMARTIN	CIUDAD LINEAL	HORTALEZA			
	Castilla	Atalaya	Apostol Santiago	Pinar del Rey	Canillas	Palomas
<b>Activos</b>	12.987	1.193	11.981	41.811	32.633	4.693

Población no desempleada en los barrios del ámbito de estudio (2013).  
Fuente: Elaboración propia

#### 9.4.3.- Composición del hogar

Los datos del Anuario Estadístico Municipal correspondientes al año 2013 reflejan que la composición de los hogares en los barrios seleccionados es la siguiente:

	CHAMARTIN	CIUDAD LINEAL	HORTALEZA			
	Castilla	Atalaya	Apostol Santiago	Pinar del Rey	Canillas	Palomas
<b>1</b>	1.877	163	1.488	5.523	3.810	356
<b>2</b>	1.636	148	1.536	6.307	4.607	446
<b>3</b>	1.093	106	1.124	4.353	3.402	435
<b>4</b>	954	70	1.015	3.213	2.708	566
<b>5</b>	386	39	341	986	781	206
<b>6</b>	182	18	122	305	248	81
<b>7</b>	67	9	49	154	102	28
<b>8 y más</b>	92	9	52	143	103	15
<b>Ratio</b>	<b>2,6</b>	<b>2,8</b>	<b>2,7</b>	<b>2,5</b>	<b>2,6</b>	<b>3,1</b>

Composición de los hogares y ratio por hogar en el ámbito de estudio (2013).  
Fuente: Elaboración propia

#### 9.4.4.- Motorización

El nivel de motorización es un indicador de la movilidad en vehículo privado, además de estar correlacionado con el nivel económico de la población. En lo que sigue, se muestra el índice de motorización evaluado como el número de vehículos por cada 100 habitantes obtenido del Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid.

	CHAMARTIN		CIUDAD LINEAL		HORTALEZA	
	Turismos/100 hab	Tursimos/hogar	Turismos/100 hab	Tursimos/hogar	Turismos/100 hab	Tursimos/hogar
2005	42,01	1,13	35,45	0,97	38,13	1,11
2006	56,97	1,49	41,63	1,12	43,41	1,24
2007	57,78	1,47	41,64	1,09	41,79	1,16
2008	55,87	1,39	40,63	1,05	42,41	1,16
2009	47,01	1,17	37,97	0,97	40,55	1,10
2010	45,50	1,20	35,46	0,95	39,02	1,10
2011	45,88	1,21	35,65	0,94	38,84	1,09
2012	52,68	1,30	38,48	0,96	39,12	1,05
2013	54,61	1,39	39,60	1,00	42,42	1,15

Evolución del índice de motorización en los Distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

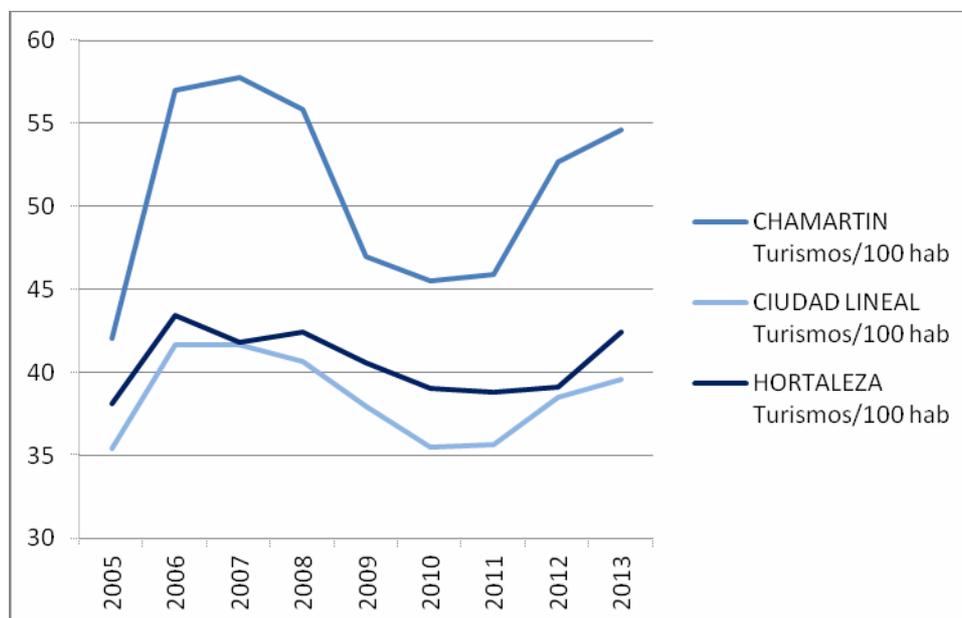


Gráfico de evolución del índice de motorización en los Distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

De estos datos se puede extraer que desde el 2007 al 2010, coincidiendo con el inicio de la crisis económica, se produjo un notable descenso del índice de motorización, siendo más acusado en el Distrito de Chamartín que en los otros dos de estudio, al ser este el que presentaba un mayor valor de partida. Sin embargo, en los últimos años se está apreciando una recuperación de los ratios a valores precrisis como se puede apreciar en el gráfico anterior.

Por otro lado, indicar que los ratios que arrojan estos tres Distritos les sitúan en relación a la media del Municipio de Madrid, muy por encima en el caso de Chamartín, claramente por encima de la media en el caso de Hortaleza y ligeramente por debajo en el caso de Ciudad Lineal.

#### 9.4.5.- Nivel adquisitivo

Para obtener una aproximación del poder adquisitivo en la zona de influencia de la futura línea de metro ligero nos basamos en datos de renta disponible y el valor del precio de la vivienda a nivel de Distrito. Para ello se obtienen los datos facilitados por el Área de Economía, Hacienda y Administración Pública del Ayuntamiento de Madrid. No obstante lo anterior, hay que tener en cuenta que ciertos barrios por los que discurre la traza pueden presentar notables diferencias con respecto a los valores medios indicados para el Distrito y que se tendrá a la hora de realizar el modelo de cobertura.

En cuanto a la renta bruta disponible per cápita, en la tabla siguiente se muestran los datos y su evolución en los últimos años.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Madrid capital	18.059	18.968	20.557	21.209	22.203	22.201	21.408	21.610
Chamartín	21.746	22.713	24.090	24.993	26.510	26.632	25.478	25.815
Ciudad Lineal	18.455	19.450	20.950	21.443	22.553	22.634	21.981	22.182
Hortaleza	19.062	19.896	21.584	22.252	23.537	23.857	23.143	23.229

Evolución de la renta per cápita bruta (€) de los distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

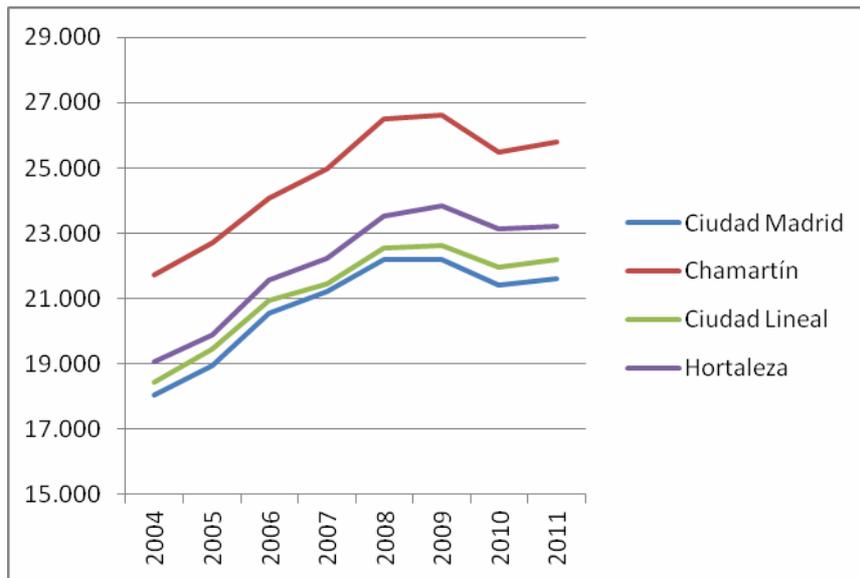


Gráfico de evolución de la renta per cápita bruta (€) de los distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

De modo similar a como se había observado al tratar la motorización, en el caso de la renta bruta per cápita se muestra como Chamartín está muy claramente por encima de la media del municipio de Madrid, Hortaleza claramente por encima y Ciudad Lineal prácticamente en la media.

Para la obtención de los datos del precio de la vivienda nueva y de segunda mano en el ámbito de estudio se toman como fuentes, en el primer caso los publicados por la Subdirección General de Estudios y Estadísticas del Ministerio de la Vivienda, y en el segundo, del Departamento de Estudios de Idealista, Libertad y Comunicación, S.A.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Madrid capital	3.870	3.971	3.658	3.375	3.290	3.191	2.982	2.726
Chamartín	5.508	5.612	5.496	4.481	4.427	4.325	..	..
Ciudad Lineal	4.427	4.351	3.913	3.831	3.714	3.630	3.305	2.766
Hortaleza	4.024	4.326	4.242	3.774	3.618	3.539	3.322	3.027
Barajas	3.739	3.855	3.489	3.138	2.993	2.932	2.683	2.463

Precio de la vivienda nueva (€/m<sup>2</sup>) en los Distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

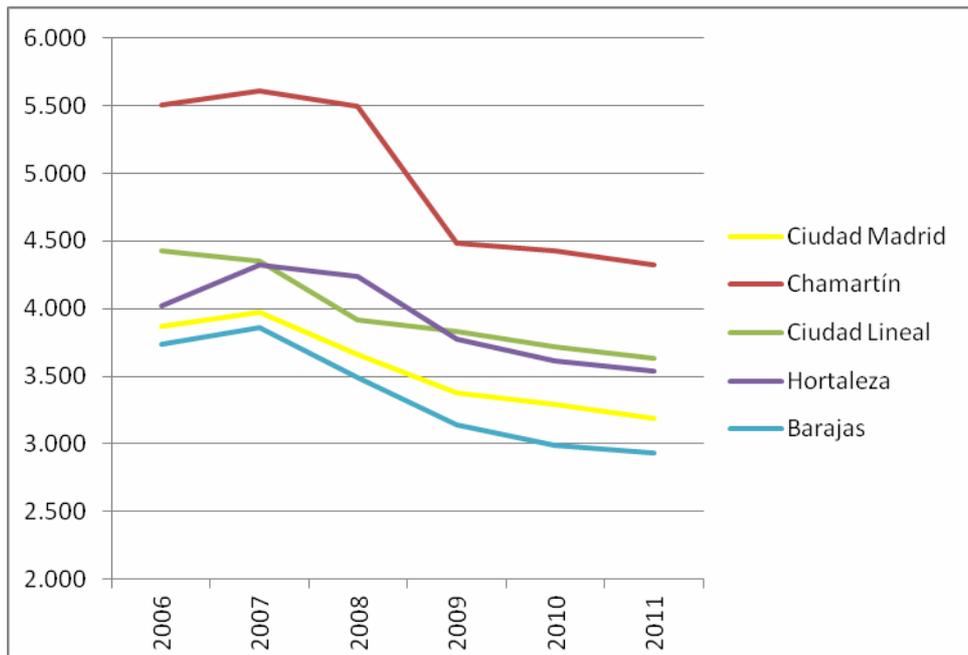


Gráfico del precio de la vivienda nueva (€/m<sup>2</sup>) en los Distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Madrid capital	4.274	4.262	4.044	3.875	3.700	3.478	3.209	3.107
Chamartín	5.131	5.273	5.324	5.116	4.874	4.614	4.240	4.004
Ciudad Lineal	4.083	3.984	3.814	3.674	3.475	3.292	2.918	2.727
Hortaleza	4.085	4.181	4.159	4.050	3.821	3.578	3.155	3.063
Barajas	3.964	3.890	3.633	3.500	3.435	3.234	2.969	2.714

Precio de la vivienda de segunda mano (€/m<sup>2</sup>) en los Distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

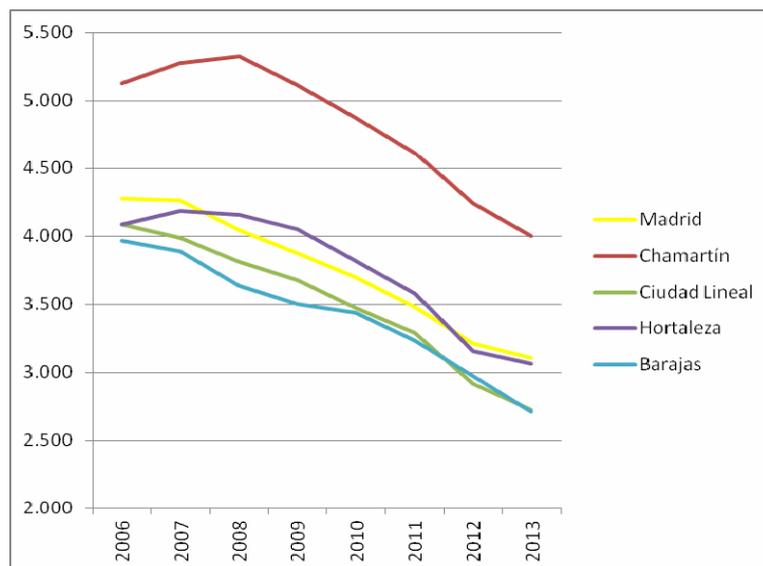


Gráfico del precio de la vivienda de segunda mano (€/m<sup>2</sup>) en los Distritos del ámbito de estudio.  
Fuente: Elaboración propia

A la clara tendencia a la baja en los precios desde el inicio de la crisis económica tanto en la vivienda nueva como de segunda mano, se confirma el hecho de que el Distrito de Chamartín presenta un nivel adquisitivo muy por encima de la media del municipio. Por su parte, Hortaleza y Ciudad Lineal tienen precios de vivienda nueva por encima de la media del municipio y en torno a la media en la de segunda mano. Por último, Barajas muestra tanto en vivienda nueva como de segunda mano precios por debajo de la media. En el caso de la vivienda nueva de Barajas, el nuevo desarrollo de Valdebebas dispone de un 55% de vivienda en régimen libre y un 45% en régimen de protección. Dado que buena parte de la nueva edificación de este ámbito se corresponde con viviendas de protección pública, puede explicar el precio de la vivienda nueva en este caso al ser la que predominantemente se está ejecutando.

#### 9.4.6.- Actividad económica

Para obtener el orden de magnitud de la actividad económica que existe en los diferentes Distritos por los que atraviesa la línea de metro ligero, se van a tener en cuenta varios parámetros que evalúan las características de la actividad existente en el ámbito del trabajo. Estos datos han sido obtenidos del Área de Gobierno de Economía, Hacienda y Administración Pública del Ayuntamiento de Madrid.

	CHAMARTIN		CIUDAD LINEAL		HORTALEZA	
	Total	Por 1.000 hab	Total	Por 1.000 hab	Total	Por 1.000 hab
Comercio al por menor	1.648	<b>11,5</b>	158	<b>0,7</b>	85	<b>0,5</b>
Comercio al por mayor	97	<b>0,7</b>	1.009	<b>4,7</b>	1.190	<b>6,9</b>
Alojamiento	22	<b>0,2</b>	14	<b>0,1</b>	11	<b>0,1</b>
Oficinas bancarias	257	<b>1,8</b>	169	<b>0,8</b>	100	<b>0,6</b>
Gestión empresarial	31	<b>0,2</b>	18	<b>0,1</b>	3	<b>0,0</b>
Oficinas	71	<b>0,5</b>	46	<b>0,2</b>	21	<b>0,1</b>
Educación	229	<b>1,6</b>	206	<b>1,0</b>	183	<b>1,1</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se desprende de los datos anteriores, el Distrito de Chamartín presenta una actividad del sector servicios mucho más desarrollada que los Distritos de Ciudad Lineal y Hortaleza, con una importante concentración de oficinas, centros educativos de reconocido prestigio y un

potente comercio minorista de tiendas especializadas. Por su parte, en los Distritos de Ciudad Lineal y Hortaleza, donde el precio del metro cuadrado de suelo es más asequible se ha desarrollado una red más importante de centros de venta al por mayor.

Mención aparte merecen dentro del Distrito de Barajas tanto IFEMA, como las zonas de oficinas de Ribera del Loira y Campo de las Naciones. El primero, como lugar por excelencia para la realización de ferias de exposiciones en Madrid, donde se erige como uno de los polos de atracción de viajes más destacados de la capital. Los datos de afluencia de visitantes facilitados por la Institución Ferial de Madrid en los últimos años se muestran en la siguiente tabla.

	2009	2010	2011	2012	2013
Certámenes celebrados	71	81	82	77	78
Expositores	32.869	33.227	32.834	28.829	24.409
Visitantes	2.546.823	2.566.802	2.353.318	2.541.295	2.586.098
Nº días feria	281	265	270	278	259

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las oficinas de la Calle Ribera del Loira y Campo de las Naciones, entre ambas concentran varias decenas de miles de puestos de trabajo, lo que las convierte en uno de los centros de actividad económica más importantes de la ciudad, donde se ubican las sedes de numerosas empresas de ámbito nacional e internacional. Como resultado, diariamente en las horas punta se registran situaciones de congestión circulatoria en los entornos de los accesos rodados a estas áreas y dado que no existen aparcamientos disponibles para toda la demanda, la indisciplina viaria hace que se utilicen todos los espacios existentes en el entorno para el estacionamiento de los vehículos privados, como puede verse en el reportaje fotográfico incluido en los anejos. Las fotos fueron tomadas durante un día de diario en el invierno de 2014.

### 9.5.- Análisis del planeamiento urbanístico

En lo que sigue, se aborda la revisión del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid (PGOUM 1997) para conocer las previsiones que se contemplan a corto y medio plazo en el entorno de este estudio.

Como ya se ha indicado anteriormente, la mayor parte del trazado de la futura línea se inserta en la trama urbana consolidada de la ciudad de Madrid, por lo que no ha lugar para nuevos desarrollos urbanísticos dentro del área de influencia de este trabajo, salvo excepciones puntuales.

Sin embargo, en la zona final del tramo se ubica el nuevo desarrollo del APE 16.11 que comprende la Ciudad Aeroportuaria y el Parque de Valdebebas. Para el análisis de este entorno se va a tomar como referencia las disposiciones contempladas en el documento de Ordenación Pormenorizada del APE y sus posteriores modificaciones.

Los principales datos que comprende la actuación son los siguientes:

- ✓ Edificación residencial: 1.244.138,77 m<sup>2</sup>;
- ✓ Uso terciario: 1.241.638,76 m<sup>2</sup>;
- ✓ Grandes equipamientos de la Comunidad de Madrid: 20 Ha (Ciudad de la Justicia –Plan Especial PT 16/301);
- ✓ Servicios públicos: 500.661 m<sup>2</sup> (ampliación de los recintos feriales IFEMA);
- ✓ Dotación deportiva privada: 120 Ha (Ciudad Deportiva del Real Madrid);
- ✓ Casa de Campo del Este (Parque de Valdebebas): 500 Ha.

La edificación residencial se distribuye entre un 55% en régimen libre, un 11,25% de precio tasado y un 33,75% de protección oficial. De las 10.306 viviendas inicialmente previstas se ha pasado en las sucesivas modificaciones a unas 12.500 a costa de sacrificar superficie del gran centro comercial previsto.

Conforme a las determinaciones del PGOUM y de la Ley del Suelo de la Comunidad de Madrid, el desarrollo debería estar completado dentro de los próximos ocho años.

## **9.6.- Red de transportes**

En lo que sigue se va a analizar la situación de la red de transportes en el ámbito del estudio. Para ello se van a obtener los datos de las propias compañías que prestan los servicios públicos de transporte a través de sus páginas web y sus publicaciones anuales. También se va a

analizar la cartografía más actual de que se dispone en el Ayuntamiento de Madrid (2010) para conocer las características del viario rodado en el entorno del trabajo.

#### 9.6.1.- Viario rodado

Partiendo de la información cartográfica de que se dispone para la realización del trabajo (hojas 1/1.000 y 1/5.000 del 2010) se puede decir que toda la traza de la línea de metro ligero discurre por viario clasificado como red viaria principal, según la denominación establecida en el PGOUM, en sus versiones de red viaria distrital y red viaria urbana, sin interferir en ningún caso con el viario de alta capacidad (red viaria metropolitana) que constituyen la M-30, la M-40 o la M-11.

El viario donde se ubicaría la nueva infraestructura se trata, en buena parte de los casos, de vías de más de un carril por sentido con anchura entre alineaciones superior a los 20 m. Algunas de las avenidas cuentan con bulevares centrales donde poder insertar la futura plataforma ferroviaria sin reducir la sección del viario rodado.

El viario de alta capacidad del entorno del estudio (M-40 y M-11) dispone de calzadas separadas con tres carriles por sentido en la zona que nos ocupa. La M-40 presenta importantes niveles de congestión en hora punta de la mañana en el entorno de los accesos a las zonas de oficinas de Ribera del Loira y Campo de las Naciones. Esta saturación también se produce en la avenida de Machupichu que da acceso desde el interior de la ciudad a estas áreas.

#### 9.6.2.- Red de Metro

La influencia de la red de Metro en nuestro caso podría considerarse a nivel global, ya que la línea de metro ligero conecta con los intercambiadores de Chamartín y Plaza de Castilla. Sin embargo, a efectos de determinar en futuros apartados como se va a realizar el reparto modal, sólo vamos a tener en cuenta aquellas líneas que pueden suponer una alternativa al metro ligero en el ámbito de estudio.

Por lo anteriormente expuesto, nos centraremos en las líneas 4, 8 y 9 de Metro, ya que tanto si se pretende acceder a la zona del Centro Comercial Gran Vía de Hortaleza, como al Palacio de Hielo, Hipercor u oficinas del Ribera del Loira / Campo de las Naciones, desde Chamartín o Plaza de Castilla, son los itinerarios a seguir.

Los intervalos tanto en hora punta como en hora valle central del día son los que se muestran a continuación según información obtenida de la web de Metro de Madrid.

	L4	L8	L9
Hora punta	2'30"-3'30"	3'30"-4'30"	4'30"-5'30"
Hora valle	5' - 6'	5' - 6'	5'30"-6'30"

Además de considerar los intervalos de tiempo anteriores, hay que cuantificar los tiempos necesarios para realizar el intercambio modal dentro de la propia red de Metro y que influye en el cómputo del tiempo total del trayecto. Según datos obtenidos in situ, el tiempo necesario para el trasbordo entre líneas es el siguiente:

- ✓ Desde Cercanías en Nuevos Ministerios a la línea 8 de Metro: 2'25"
- ✓ Desde intercambiador de autobuses de Plaza de Castilla a línea 9 de Metro: 5'20";
- ✓ Desde la línea 9 a la línea 8 en Colombia: 40";
- ✓ Desde la línea 4 a la línea 8 en Mar de Cristal: 1'15".

### 9.6.3.- Red de Cercanías

La línea C1 de la red de Cercanías de Madrid atraviesa el área de estudio soterrada bajo el APE 16.11 al norte de la M-11 hasta la terminal T4 del aeropuerto de Barajas. Actualmente, está construida una estación en el ámbito de estudio, pero no está en explotación. La previsión es que se ponga en operación cuando el desarrollo urbanístico este plenamente completado.

Por la ubicación de esta estación de cercanías en Valdebebas (ver esquema en anexo), su ámbito de influencia está muy limitado dentro del núcleo urbano de este nuevo desarrollo, ya que el centro de gravedad de la población está netamente desplazado hacia el norte. Por este motivo, la futura línea de metro ligero se complementaría perfectamente para dar cobertura y potenciar la intermodalidad entre ambos modos de transporte.

A medio plazo, la principal influencia que tienen las cercanías en cuanto a competencia con nuestra futura línea de metro ligero, es el tramo comprendido entre las estaciones de Chamartín y Nuevos Ministerios, para conectar con la línea 8 de Metro. En este corredor

coinciden los trayectos de las líneas C1, C2, C3, C4, C8 Y C10. El tiempo del trayecto entre Chamartín y Nuevos Ministerios se estima en 3,5' con las velocidades comerciales que se incluyen en el Anuario Estadístico del Consorcio Regional de Transportes de Madrid para este modo de transporte.

#### 9.6.4.- Red de autobuses (EMT)

La red de autobuses constituye la red capilar del transporte público en superficie para dar cobertura allí donde el transporte masivo no puede llegar. En nuestro ámbito de estudio, se han detectado tres líneas de la EMT cuyo trayecto coincide en buena parte de su recorrido con el de la futura línea de metro ligero. Estas líneas son la 107, 112 y SE799.

Según los datos que aporta el Consorcio Regional de Transporte en su memoria anual del 2012, el intervalo de paso de los autobuses se puede cifrar de media en 8' en hora punta y entre 8' y 12' como intervalo medio diario. Según esta misma fuente, la velocidad comercial ha ido descendiendo paulatinamente desde el 2003 hasta el 2012 de manera sostenida desde los 14,6 km/h hasta los 13,57 km/h.

Teniendo en cuenta estos datos, los tiempos de viaje (incluidas esperas) en aquellas partes del trayecto que coincidirían con el metro ligero, serían los siguientes:

- ✓ Línea 107 desde Pza. Castilla a Pza Santos de la Humosa (2,95 km): 16,5 minutos;
- ✓ Línea 112 desde Mar de Cristal a Campo de las Naciones (3,57 km): 19,3 minutos;
- ✓ SE799 desde Valdebebas a Mar de Cristal (2,26 km): 13,7 minutos.

La inserción del metro ligero permitiría reducir estos tiempos de viaje en más de un 30% de media.

#### 9.7.- **Modelo de cobertura**

Para estimar qué demanda atraerá la futura línea de metro ligero en su ámbito de influencia, se va a emplear un modelo de cobertura. La hipótesis fundamental de esta metodología es que la producción de viajes se distribuye en el territorio de forma proporcional a como se distribuye la población. No obstante, para determinar la captación total de la línea también se va a tener en cuenta la influencia de los focos de atracción de viajes que existen en el entorno de la infraestructura.

En la determinación de la población que puede ser atendida por la futura línea de metro ligero, además de los datos obtenidos en el apartado correspondiente de este trabajo, se tiene en cuenta la cartografía de detalle a escala 1/1000 del año 2010 del Ayuntamiento de Madrid, donde se identifican las zonas sin población (p. ej parques) y la tipología de edificación existente, ya que se dispone de su geometría y la altura construida.

Partiendo de la traza de la línea y conociendo la población a considerar para la producción de viajes en el ámbito de estudio, se determina cómo se distribuyen los viajes entre modos a distintas distancias de las paradas. Para ello se estima el tiempo total de viaje a considerar entre las distintas opciones de transporte.

Esta distribución se utiliza para el cálculo de la cuota modal o captación de la línea de metro ligero a distintas distancias y así estimar la demanda de la nueva línea suponiendo que las distintas captaciones observadas según la cobertura propuesta se podrían aplicar a la nueva línea.

#### 9.7.1.- Cobertura de población

Se han tomado como distancias en torno a las paradas radios de cobertura de 300, 500 y 700 m que coinciden en el límite inferior (300 m) con la de los autobuses y en el superior (700 m) con la de la red metropolitana de Metro.

Para esta fase del trabajo, se han dispuesto de manera aproximada las paradas de la línea cada 500 m, procurando que coincidan con las intersecciones más importantes del viario y en puntos de generación/atracción de viajes principales.

En el anejo de planos se adjuntan las zonas cubiertas para cada uno de los radios de acción previstos.

#### 9.7.2.- Cuota de la línea de metro ligero

Dos de los focos de mayor captación de viajes de la futura línea de metro ligero será el nuevo APE 16.11 (nuevo desarrollo de Valdebebas) y la zona de oficinas del Campo de las Naciones y calle Ribera del Loira.

En el caso de Valdebebas, el nuevo servicio de transporte público se complementaria con la red de cercanías en el intercambiador entre ambos modos de transporte en las inmediaciones

de la futura Ciudad de la Justicia. No obstante lo anterior, la reordenación del transporte público de superficie y el trazado propuesto para la línea, situaría al metro ligero en una posición netamente dominante en este nuevo desarrollo urbanístico captando la mayor parte de la cuota de mercado para el transporte público.

Por su parte, la zona de oficinas del Campo de las Naciones y calle Ribera del Loira, requieren un análisis de tiempo total de viaje en los diversos modos de transporte público para evaluar la cuota de reparto modal. La zona del Campo de las Naciones, tiene una parada de metro de la línea 8 que da una razonable cobertura a esa zona, pero sin embargo, las oficinas de la calle Ribera del Loira presentan unos tiempos medios de desplazamiento a pie para acceder a la parada de metro de más de 11 minutos por la barrera intermedia que presenta la línea férrea que discurre por sus alrededores.

Según se ha estimado en el apartado Anejos de este documento, el tiempo total de viaje en transporte público desde Chamartín a la zona de oficinas de Ribera del Loira empleando el metro ligero es de 40,5 minutos, y empleando el cercanías hasta Nuevos Ministerios y haciendo trasbordo a línea 8 de Metro hasta Campo de las Naciones el tiempo total es de 38,5 minutos.

Por otro lado, el tiempo de viaje total en transporte público desde Plaza de Castilla a Ribera del Loira empleando el metro ligero se ha estimado en 37,5 minutos y con la línea 9 hasta Colombia y haciendo trasbordo a la línea 8 hasta Campo de las Naciones, se ha estimado en 40,5 minutos.

Conjugando todos los datos anteriormente expuestos, a continuación se muestra el porcentaje de cuota modal estimada que se capta por la futura línea de metro ligero en su ámbito de influencia. En la determinación se han tenido en cuenta los datos socioeconómicos analizados en este estudio, la cuota de participación del vehículo privado en cada zona de estudio y los tiempos de desplazamiento en diferentes modos de transporte público.

	CHAMARTIN			CIUDAD LINEAL			HORTALEZA			BARAJAS		
	300	500	700	300	500	700	300	500	700	300	500	700
Cuota modal estimada	17%	14%	11%	32%	31%	29%	18%	17%	15%	24%	21%	19%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en esta tabla, Ciudad Línea presenta unos valores de cuota muy altos. Esto se debe a que la nueva infraestructura no tiene competencia en el ámbito en que se inserta. Por otro lado, en el distrito de Barajas con los focos de Valdebebas y Ribera del Loira también se ha considerado que captarán buena parte de la demanda de viajes en el ámbito del trazado.

### 9.7.3.- Captación de la nueva línea de metro ligero

Por último, para obtener la cuantificación aproximada de captación de la nueva línea se van a determinar tanto los viajes generales generados como los atraídos dentro del ámbito. Aplicando a estos valores la cuota porcentual antes estimada, se obtienen los viajes generados y atraídos que captaría la nueva infraestructura.

Para la determinación de los valores se ha considerado que todo el desarrollo urbanístico de Valdebebas se ha completado y está en pleno funcionamiento tanto la ampliación de IFEMA, como el Campus de la Justicia, así como el centro comercial y las viviendas residenciales.

	CHAMARTIN			CIUDAD LINEAL			HORTALEZA			BARAJAS		
	300	500	700	300	500	700	300	500	700	300	500	700
Viajes potenciales generados	6152	10943	15452	960	1685	2642	22309	44197	54335	10193	17021	19270
Viajes potenciales atraídos	6182	6633	6977	347	364	383	7473	7847	8239	29670	30264	30869
Viajes generados captados	1052	1532	1700	302	522	766	4123	7513	8150	2455	3574	3661
Viajes atraídos captados	1057	929	767	109	113	111	1381	1334	1236	7148	6355	5865

Fuente: Elaboración propia

Sumando tanto los viajes generados captados como los atraídos captados, tenemos para el radio de cobertura de 700 m, que engloba los otros dos considerados, los siguientes valores de viajes captados por distrito:

	CHAMARTIN	CIUDAD LINEAL	HORTALEZA	BARAJAS	TOTAL
Viajes captados	2.467	877	9.386	9.526	<b>22.257</b>

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, en el año horizonte donde estuviese plenamente desarrollado todo el futuro APE 16.11 se estima que la demanda media diaria de la línea sería de **22.257 viajes**.

Si se toma como factor de hora punta el 15% de los viajes totales generados cada día, la demanda en hora punta y por sentido sería de **1.669 viajes**.

## 10.- REORDENACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTES EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO

La inserción de una nueva línea de metro ligero no ha de hacerse a costa de entrar en competencia con otro modo de transporte público, sino que hay que aprovechar las potencialidades que cada uno presenta para obtener la máxima eficacia del sistema de transportes en general. Por tanto, la implantación de esta nueva infraestructura ha de llevar aparejada una reordenación de varias líneas de autobús que en la actualidad prestan un servicio que coincide en buena parte de su recorrido con el trazado de la línea de metro ligero.

En un primer nivel las líneas que se verían más afectadas serían la 107, 112 y SE799. La línea 107 va desde Plaza de Castilla a Hortaleza pasando por Mateo Inurria, Caidos de la División Azul, Cuesta del Sagrado Corazón, Arturo Soria, avenida de San Luis para concluir en el barrio de Santa María. Por su parte, la línea 112 va desde Mar de Cristal hasta el barrio del Aeropuerto, discurriendo a lo largo de su recorrido por la calle de Los Emigrantes, avenida de Machupichu, avenida de Los Andes, avenida del Consejo de Europa, avenida de Logroño para acabar en el barrio del Aeropuerto. Por último, la línea SE799 conecta Valdebebas con Mar de Cristal, pasando a lo largo de su recorrido por la avenida de Juan Antonio Samarach, calle Francisco Umbral para acabar en Mar de Cristal.

La reordenación propuesta para estas tres líneas pasa por modificar parte de su recorrido de la siguiente manera:

- ✓ Línea 107: manteniendo el bucle existente en el barrio de Santa María, giraría por la avenida de la Virgen del Carmen, para continuar por la Carretera de la Estación de Hortaleza, avenida de San Luis y acabar en la calle Arturo Soria conectando con el intercambiador de Pinar de Chamartín. Conectaría con la línea de Metro Ligero en la glorieta de la carretera de la Estación de Hortaleza;
- ✓ Línea 112: en este caso se propone recortar su recorrido, ya largo de por sí para acabar en el Campo de las Naciones donde conecta con la línea 8 de Metro y la futura línea de Metro Ligero;
- ✓ Por su parte, la línea SE799 se propone, al igual que en el caso anterior, recortar su recorrido dejando la cabecera en la glorieta de Antonio Perpiñá en vez de en la calle Félix Candela y manteniendo el resto del recorrido hasta la conexión con Mar de Cristal.

En el plano 3.1 del anexo se puede ver en trazo discontinuo que parte del trayecto de estas tres líneas se eliminaría y, en trazo continuo, como quedaría la nueva propuesta para cada una de ellas.

En un segundo nivel, sería necesario modificar parte del recorrido de algunas líneas en aquellas calles en las cuales la inserción de la nueva infraestructura haría incompatible la coexistencia con el servicio de bus. Estas calles son las más cercanas al centro de la ciudad, donde la sección de viario por donde discurre el nuevo el trazado es más estricta. En concreto, estas calles son Mateo Inurria, Platerías y Caídos de la División Azul, y las líneas de autobús afectadas la 29, 70, 129 y 174.

El nuevo recorrido propuesto para las líneas es el siguiente:

- ✓ Línea 29: al llegar al cruce de Príncipe de Vergara con Costa Rica, tomaría esta última para cruzar la M30 y ya en Arturo Soria retomar su recorrido;
- ✓ Línea 70: manteniendo la cabecera en Plaza de Castilla, bajaría por el Paseo de la Castellana hasta Cuzco, giraría para tomar Alberto Alcocer, continuaría por Costa Rica para cruzar la M30 y ya en Arturo Soria recuperaría su recorrido;
- ✓ Línea 129: manteniendo la cabecera en Plaza de Castilla, bajaría por el Paseo de la Castellana hasta Cuzco, giraría para tomar Alberto Alcocer hasta llegar a la Plaza de la República Dominicana, donde giraría por Pio XII hasta enlazar con su recorrido actual;
- ✓ Por último, la línea 174 se modificaría igual que la 129.



## SEGUNDA PARTE

DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL TRAZADO EN LA TRAMA URBANA  
Y DISEÑO FUNCIONAL DE LOS TALLERES Y COCHERAS

**Autor**

Luis M. Abad Pérez

**Director del trabajo**

Moisés Gilaberte Fernández

## INDICE

1.-	INTRODUCCIÓN.....	1
2.-	OBJETIVO DEL TRABAJO .....	1
3.-	TAREAS.....	1
4.-	PLANIFICACIÓN .....	2
5.-	CARACTERISTICAS DEL VIARIO URBANO EN EL ÁMBITO DE LA TRAZA .....	2
6.-	SERVIDUMBRES EN EL ENTORNO DEL TRAZADO.....	6
7.-	PLANEAMIENTO URBANÍSTICO .....	9
8.-	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	10
9.-	PARÁMETROS DE TRAZADO DE LA LÍNEA EN PLANTA Y ALZADO .....	10
9.1	Parámetros de diseño en planta.....	10
9.2	Parámetros de diseño en alzado.....	12
10.-	DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO.....	13
10.1	Trazado en planta .....	13
10.2	Trazado en alzado .....	15
11.-	ESTABLECIMIENTO DEL GÁLIBO Y LONGITUD DEL MATERIAL MÓVIL .....	16
12.-	SECCIONES TRANSVERSALES TIPO .....	17
12.1	Secciones transversales tipo en paradas .....	18
12.2	Secciones transversales tipo en vía general .....	20
13.-	CRITERIOS DE UBICACIÓN DE PARADAS .....	22
14.-	SUPERESTRUCTURA.....	25

15.- DRENAJE.....	26
16.- ACCESIBILIDAD PARA PERSONAS DE MOVILIDAD REDUCIDA (PMR).....	27
17.- PRIORIDAD DE MARCHA DEL METRO LIGERO EN LOS CRUCES .....	30
18.- DISEÑO FUNCIONAL DE LOS TALLERES Y COCHERAS .....	30
18.1 Criterio de mantenimiento propuesto .....	31
18.2 Necesidades de material móvil.....	32
18.3 Actividades a realizar en los talleres y cocheras .....	32
18.4 Esquema básico funcional de los talleres y cocheras .....	34
18.5 Ubicación propuesta para los talleres y cocheras.....	35

## **1.- INTRODUCCIÓN**

El presente documento constituye la segunda parte del trabajo a realizar, compuesto por el Trabajo Fin de Master y el Trabajo Fin de Master Ampliado. Ambos documentos forman una unidad y comprenden la visión global del estudio a llevar a cabo.

En esta segunda parte, se desarrolla a nivel básico la definición de la alternativa de trazado seleccionada en el Trabajo Fin de Master, se predimensiona el parque de material móvil, se establece la longitud de las paradas y la funcionalidad de los talleres y cocheras.

## **2.- OBJETIVO DEL TRABAJO**

El objetivo del Trabajo Fin de Master Ampliado es hacer el encaje previo geométrico del trazado de la línea de metro ligero en la trama urbana por la que discurre, teniendo en cuenta los condicionantes existentes en cada punto.

Por otro lado, se hace una definición previa de ubicación de las paradas del sistema y de las necesidades de los talleres y cocheras asociados a la línea.

## **3.- TAREAS**

Para la consecución de los objetivos de este trabajo, va a ser necesario realizar las siguientes tareas en el orden indicado a continuación:

1. Recopilación cartográfica a escala adecuada (1/5000).
2. Revisión de las servidumbres existentes a lo largo de la traza.
3. Definición de parámetros de trazado del sistema.
4. Establecimiento de criterios para la ubicación de las paradas en función de los datos del estudio de demanda.
5. Propuesta de definición de una estrategia de mantenimiento.
6. Establecimiento de funcionalidades de los talleres y cocheras.

#### **4.- PLANIFICACIÓN**

Una vez que ya ha sido aprobada la propuesta del Trabajo Fin de Master Ampliado por la Dirección del Curso, el calendario propuesto para la realización del mismo es, en función de las directrices preliminares establecidas en el documento aprobado, el siguiente:

- ✓ Validación por el Director del Trabajo de los resultados del Trabajo Fin de Master: mediados de abril del 2015.
- ✓ Definición de los parámetros de diseño del trazado y de los condicionantes de implantación en la sección del viario: principios de mayo del 2015.
- ✓ Necesidades funcionales de los talleres y cocheras: mediados de mayo del 2015.
- ✓ Primer borrador del documento: mediados de junio del 2015.
- ✓ Conclusión del estudio, revisión y validación por el Director del Trabajo: final de junio del 2015.

#### **5.- CARACTERÍSTICAS DEL VIARIO URBANO EN EL ÁMBITO DE LA TRAZA**

El motivo de conocer la anchura del viario entre las alineaciones de la edificación establecida es definir, en fases posteriores, las secciones transversales tipo a proponer en función del espacio disponible de vía pública.

Para ello, a lo largo del trazado de la línea de metro ligero se van a analizar las diferentes tipologías existentes de viario para, en función de sus características, agruparlas y proponer las nuevas reordenaciones de fachada a fachada.

La nueva infraestructura discurre en sus primeros kilómetros por un viario cuyas secciones transversales son las más estrictas de todo el recorrido, ya que se corresponden con los desarrollos urbanos más antiguos por los que transitaría la nueva línea.

En concreto, el trazado parte junto a la estación de Chamartín y toma la calle Agustín de Foxá hacia Plaza Castilla. En su inicio la calle cuenta con dos carriles de circulación por sentido, con bandas de aparcamiento a ambos lados y aceras para el tránsito peatonal. La anchura de la sección transversal en esta zona es de 30 m. En la última parte de la calle, el trazado se

dispondría sobre la zona peatonal junto a las Torres Puerta de Europa, donde la sección tiene una anchura de 21 m.

Desde Plaza Castilla la línea giraría para tomar la calle Mateo Inurria cuya sección esta compuesta por un viario de circulación rodada de dos carriles por sentido, bandas de aparcamiento en línea a ambos lados y sendas aceras peatonales. La anchura media entre alineaciones es de 20 m.

El final de la calle Mateo Inurria coincide con el punto más angosto de todo el trayecto al inscribirse en la calle Platerías, donde el viario consta de dos carriles de circulación y aceras a ambos lados, configurando una sección de 17,5 m de anchura.

A la salida de la calle Platerías, nos adentramos en la calle Caídos de la División Azul, la cual se recorre en toda su longitud hasta la Cuesta del Sagrado Corazón. En esta calle se pueden distinguir dos secciones claramente diferentes, por un lado hasta el cruce con la calle Pio XII y por otro, desde ese cruce hasta su finalización. En la primera parte comprendida entre la calle Platerías y Pio XII es donde el viario es más estrecho y está definido por dos carriles de circulación por sentido, con bandas de aparcamiento en línea y aceras peatonales, salvo en la zona más cercana a Pio XII donde desaparecen las bandas de estacionamiento. La sección al inicio de este tramo es de 21 m y al final, junto a Pio XII de 20 m.

Todo el viario descrito hasta este punto constituiría, salvo excepciones, la parte del trayecto de la línea con mayores restricciones para encajar la sección transversal, y será por tanto, donde se requerirá una mayor adaptación para conciliar los diferentes usos existentes y compatibilizarlos con la nueva infraestructura propuesta.

Desde el cruce entre Caídos de la División Azul y Pio XII, el viario se ensancha considerablemente y pasa a tener tres carriles por sentido, con una pequeña mediana central, bandas de aparcamiento en línea a ambos lados y aceras. La anchura del viario en esta zona es de 38 m.

Ya en la Cuesta del Sagrado Corazón y hasta el cruce con la calle Arturo Soria, se mantiene la sección de viario antes descrita. Como elemento singular en este tramo se puede citar el cruce sobre la M-30. En principio, sería necesario un análisis posterior más detallado sobre el particular, pero a priori para este estudio consideramos que la estructura actual sería válida para albergar la nueva infraestructura con los ajustes pertinentes, ya que el material móvil

empleado en este tipo de transporte urbano no representa unos condicionantes desde el punto de vista de las acciones y las cargas netamente diferentes a los empleados para el dimensionamiento del tráfico rodado por carretera. La anchura de la sección de este viario es de 30 m en la zona de la estructura.

Desde el cruce con la calle Arturo Soria el trazado continúa por la calle Añastro. Esta calle tiene dos distribuciones claramente diferenciadas. Por un lado, entre Arturo Soria y la calle Mesena, presenta una sección transversal compuesta por mediana central ajardinada, dos carriles por sentido, bandas de aparcamiento en línea y aceras a ambos lados. Por su parte, entre la calle Mesena y la calle Berlanga de Duero, se modifica la distribución pasando a tener un amplio bulevar central, un carril por sentido de circulación, bandas de aparcamiento en línea y aceras a ambos lados. Al final de la calle Añastro hay un talud que hará necesario un falso túnel para continuar la conexión con la avenida de San Luis. La anchura del viario de la calle Añastro es de 30 m.

La avenida de San Luis se recorre hasta la glorieta de Los Santos de la Humosa. A lo largo del trayecto recorrido, la calle dispone de mediana central de anchura variable (ajardinada o no), dos carriles por sentido de circulación rodada, bandas de aparcamiento en línea y sendas aceras en los laterales del viario. La anchura media de la sección es de 25 m.

A partir de la glorieta de los Santos de la Humosa, el trazado discurriría por la calle de Valdetorres del Jarama hasta la glorieta de Sandro Pertini. Este viario está compuesto por mediana ajardinada central, tres carriles de circulación por sentido, bandas de aparcamiento en línea laterales y aceras con zonas ajardinadas adyacentes. La anchura del viario es en este caso de 33 m.

Entre la glorieta de Sandro Pertini y hasta la glorieta de Mar de Cristal, es la única zona del recorrido donde las vías de ambos sentidos del trazado de la línea se independizan por motivos de inserción en el viario. La vía de ida discurriría por la calle de Ayacucho y la de vuelta por la calle Arequipa. Ambas calles discurren en paralelo al centro comercial Gran Vía de Hortaleza. La calle Ayacucho está compuesta por tres carriles por sentido, banda de aparcamiento en línea y aceras a ambos lados. La anchura de esta calle es de 22 m. La calle Arequipa tiene una distribución análoga a la calle Ayacucho, siendo su anchura también de 22 m.

Al llegar a la glorieta de Mar de Cristal, donde la línea conectaría con la estación de metro del mismo nombre, el trazado gira hacia la calle de los Emigrantes la cual es recorrida en toda su

longitud. Esta vía dispone de mediana ajardinada central, dos carriles por sentido, bandas de aparcamiento laterales en línea y aceras en ambos márgenes. La anchura del viario en este caso es de 30 m.

El trazado continúa por la avenida de Machupichu hasta la glorieta del Mar Caribe. El viario presenta una continuidad en cuanto a su sección transversal con la calle de los Emigrantes, ya que tiene mediana central ajardinada, dos carriles por sentido de circulación, bandas de aparcamiento laterales en línea y aceras a ambos lados. La anchura del viario es de 30 m.

Al llegar a la glorieta del Mar Caribe, el trazado gira nuevamente para discurrir por la avenida de los Andes hacia la M-40. La sección se caracteriza por un amplio bulevar central, tres carriles por sentido para la circulación rodada y aceras laterales. La anchura del viario en esta avenida es de 50 m.

Tras cruzar la M-40 aprovechando la estructura existente, teniendo en cuenta las mismas salvedades hechas que para el caso de la M-30, el trazado continúa por la avenida del Consejo de Europa. Este viario a diferencia del anterior, a pesar de presentar una amplia mediana central, no está acondicionada con bulevar. Dispone de tres carriles por sentido para la circulación rodada y aceras laterales. La anchura de esta avenida es de 46 m.

Al llegar a la glorieta de S.A.R. Don Juan de Borbón el trazado gira hacia la avenida de la Capital de España. Este viario transita por la zona de oficinas del Campo de las Naciones hasta los recintos feriales de IFEMA. Dispone un amplio bulevar central, tres carriles por sentido, bandas de aparcamiento en línea y aceras a ambos lados. La anchura de la sección es de 60 m.

La línea de metro ligero gira de nuevo para tomar la avenida del Partenón en sentido glorieta de Luxemburgo. Este viario está formado por mediana ajardinada, dos carriles por sentido de circulación, banda de aparcamiento en línea en uno de los lados y aceras peatonales. La anchura del viario es de 33 m.

Una vez que la línea llega a la glorieta de Luxemburgo, gira hacia la calle de la Ribera del Sena en sentido glorieta de Edimburgo, para discurrir en paralelo a los recintos feriales y a la línea férrea. En este caso, el viario está compuesto por mediana central ajardinada, dos carriles por sentido de circulación, bandas de aparcamiento en línea y aceras a ambos lados. La anchura del viario es de 31 m.

Se continúa desde la glorieta de Edimburgo por la calle Vía de Dubín para encarar el paso bajo la M-11 (calle Ariadna). Esta calle al igual que la descrita anteriormente, tiene una mediana central ajardinada, dos carriles por sentido de circulación, bandas de aparcamiento laterales y aceras a ambos lados. La anchura del viario es de 31 m.

Tras el cruce bajo la M-11, la línea se dirige ya hacia el nuevo desarrollo urbanístico de Valdebebas (APE 16.11) para reaparecer en la avenida de Alejandro de la Sota. Esta avenida, al igual que ocurre en el resto de los nuevos desarrollos urbanos, está concebida con una sección de viario de dimensiones netamente superiores que las definidas hasta el momento. Presenta un amplio bulevar central, con dos carriles por sentido separados por mediana para configurar lo que es tronco y vías de servicio laterales, un carril exclusivo para bus en cada sentido, bandas de aparcamiento en batería y aceras. La anchura total de este viario es de 96 m.

En la intersección con la avenida de las Fuerzas Armadas, el trazado gira hacia el este para contornear la Ciudad Deportiva del Real Madrid. Al igual que ocurría en el caso anterior, esta avenida es de grandes dimensiones, estando compuesta su sección por mediana central ajardinada, tres carriles por sentido en el tronco central, dos bulevares laterales, dos carriles más por sentido de circulación que conforman las vías de servicio, un carril por sentido exclusivo para autobuses y por último, aceras laterales. La anchura de la sección de esta avenida es de 96 m.

Al llegar a la glorieta de Antoñete, el trazado gira para encarar la última alineación del recorrido hacia la avenida de Manuel Fraga Iribarne y concluir en las inmediaciones de la glorieta Luis García Berlanga. Como ya se ha comentado respecto a las otras dos avenidas de este desarrollo urbanístico, esta vía dispone de una amplia sección transversal compuesta por bulevar central, tres carriles por sentido de circulación, medianas de separación de los carriles exclusivos de bus y aceras laterales. La anchura de esta avenida es de 54 m.

## **6.- SERVIDUMBRES EN EL ENTORNO DEL TRAZADO**

En el encaje de la línea de metro ligero en la trama urbana de la ciudad, es imprescindible conocer las servidumbres existentes ya que condicionan de manera decisiva la definición de la sección transversal de la nueva infraestructura.

Estas servidumbres constituyen derechos o el cumplimiento de requisitos legales existentes que son precisos respetar con carácter general en la redefinición de las nuevas secciones del viario.

No se consideran los aparcamientos para vehículos ligeros en la vía pública, ya que la inserción del metro ligero pretende potenciar es el empleo del transporte público, en buena parte de los casos, a costa de sacrificar la sección del viario que actualmente tiene asignado el tráfico rodado.

Fundamentalmente las servidumbres a considerar van a ser las siguientes:

- ✓ Accesos rodados a fincas colindantes desde el viario donde se implanta la línea, ya sea a garajes particulares, a servicios de emergencias como bomberos o ambulancias y a servicios de recogida de residuos urbanos;
- ✓ Viario rodado;
- ✓ Carril bici;
- ✓ Aceras: Anchura mínima a disponer según la legislación de accesibilidad vigente. En la actualidad el texto legal de referencia es la Orden de Vivienda 561/2010, donde se establece que este parámetro ha de ser de 1,8 m libre de obstáculos;
- ✓ Trazado: Compatibilidad de la implantación de la nueva infraestructura con el viario público donde se inserta. Esto quiere decir que la definición del trazado en alzado se ha de ajustar perfectamente a la rasante de la vía por donde discurre para evitar que se convierta en una barrera para la circulación transversal tanto de vehículos como de personas. Asimismo, en los cruces a nivel de la línea de metro ligero con el viario rodado se ha de respetar la rasante existente, ya que de otra manera se generarían discontinuidades que impedirían la coexistencia de ambos tráficos en esos puntos. Esto no quiere decir que en aquellas zonas concretas donde la topografía existente presente gradientes notables se tenga que mantener la rasante. En estos casos, la continuidad del trazado se resuelve con cruces a diferente nivel ya sean pasos superiores o inferiores tipo túnel. En nuestro caso, existen cuatro puntos donde es necesario recurrir a cruces a diferente nivel, el primero es el paso superior sobre la M-30 en la Cuesta del Sagrado Corazón, el segundo es al final de la calle Añastro para

continuar por la avenida de San Luis que se resolverá con un paso inferior, el tercero es el cruce sobre la M-40 en la continuación de la avenida de los Andes y el último, es para salvar el cruce bajo la M-11 y conectar con el nuevo desarrollo urbanístico de Valdebebas.

Teniendo en cuenta que los dos últimos condicionantes expuestos constituyen criterios generales a respetar para la definición del trazado, nos centramos en lo que sigue en el análisis del resto de las servidumbres contempladas:

a) Accesos rodados a fincas colindantes:

A lo largo del trazado de la línea se han identificado las siguientes interferencias con los accesos a fincas colindantes:

- ✓ En la calle Agustín de Foxá 25 se permitiría la salida de vehículos en sentido Chamartín cruzando la plataforma del metro ligero y dando prioridad a este;
- ✓ Sería necesario anular en la calle Platerías 2 el acceso rodado existente y habilitarlo por el Paseo de la Habana 58;
- ✓ Se compatibilizaría el vado de la calle Platerías 7 que da acceso a un pequeño aparcamiento en superficie de cuatro plazas con el tránsito de la futura línea;
- ✓ Para los vados de los aparcamientos existentes en la calle Caídos de la División Azul, se garantiza el acceso a los mismos a partir de los carriles en ambos sentidos que se mantienen a ambos lados de la plataforma ferroviaria.

b) Viario rodado:

La inserción del metro ligero en la zona más cercana al origen de la línea plantea una serie de adaptaciones puntuales en los viarios de tráfico rodado que se concretan en:

- ✓ La calle Agustín de Foxá quedaría con un carril por sentido para la circulación de vehículos en paralelo a la plataforma ferroviaria;
- ✓ Se anularía el giro directo desde la calle Agustín de Foxá a la calle Mauricio Legendre en sentido Plaza de Castilla;

- ✓ La Calle San Benito, que conecta la calle Agustín de Foxá con el lateral del Paseo de la Castellana, se convertiría en peatonal dando continuidad a la zona existente en el entorno del hotel Vía Castellana;
- ✓ La calle Mateo Inurria quedaría con un carril por sentido dispuesto cada uno a ambos lados de la plataforma ferroviaria;
- ✓ En la calle Platerías no estaría permitido el tráfico rodado, salvo a los servicios de recogidas de basuras y de emergencias, por tanto los vehículos que circularán por la calle Caídos de la División Azul en sentido avenida de Pio XII continuarían su recorrido por el Paseo de la Habana;
- ✓ La travesía de San Fernando se transformaría en peatonal con acceso rodado únicamente permitido hacia la plaza del Duque de Pastrana para residentes, servicios de recogidas de basuras y de emergencias. No se permitiría la conexión rodada desde esta a la calle Platerías;
- ✓ Los últimos cien metros de la calle Caídos de la División Azul se convertirían en peatonales para permitir la ubicación de la parada en las inmediaciones del cruce con la avenida de Pio XII.

c) Carril bici:

En la avenida de los Andes existe un carril ciclista bidireccional que discurre por el bulevar central de anchura 1,8 m el cual sería necesario reponer en las inmediaciones de la plataforma ferroviaria ya que existe anchura suficiente en ese espacio para su reubicación.

## 7.- PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

La línea de metro ligero propuesta está inscrita en su totalidad dentro del término municipal de Madrid por lo que es de aplicación el vigente Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997 y sus actualizaciones posteriores.

En general, el trazado discurre por viario urbano consolidado, con lo que no es necesario tener en cuenta a priori determinaciones específicas adicionales.

No obstante lo anterior, hay dos zonas que presentan particularidades y que coinciden con los extremos de la línea. En el origen de esta, cercano al intercambiador de Chamartín hay que tener en cuenta, en caso de que llegue a aprobarse, las determinaciones de la “Revisión del Plan Parcial de Reforma Interior del Área de Planeamiento Remitido 08.03, Prolongación de la Castellana”. Mientras que en el otro extremo de la línea, hay que tener en cuenta las determinaciones del Área de Planeamiento Específico 16.11 “Ciudad Aeroportuaria y Parque de Valdebebas”.

## **8.- EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

Dado el ámbito en el que está inscrito este trabajo, es de aplicación la Ley 2/2002 de 19 de junio de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid.

En función de lo determinado tanto en el artículo 5 “Estudio caso por caso”, como lo contemplado en el anexo cuarto “Proyectos y actividades a estudiar caso por caso por el órgano ambiental de la Comunidad de Madrid”, la futura línea de metro ligero no estaría sometida, a priori, a ningún trámite ambiental preceptivo ya que discurre íntegramente por suelo urbanizado desarrollado.

## **9.- PARÁMETROS DE TRAZADO DE LA LÍNEA EN PLANTA Y ALZADO**

Para la determinación de los parámetros que definen el trazado de la línea tanto en planta como en alzado, se van a considerar en general aquellos que se emplearon en su día en el diseño del resto de las líneas de metro ligero en superficie que actualmente están en funcionamiento en el entorno metropolitano de Madrid, de manera que exista homogeneidad en las características de este medio de transporte.

### **9.1 Parámetros de diseño en planta**

A continuación se indican los parámetros básicos que han de servir para el diseño en planta de la línea de metro ligero:

- ✓ El ancho de vía se ha establecido en 1.435 mm;
- ✓ La velocidad máxima del vehículo se considera de 70 Km/h en túnel y 50 km/h en superficie;

- ✓ La aceleración máxima sin compensar  $0.65 \text{ m/s}^2$ ;
- ✓ Jerk (derivado de la aceleración máxima)  $0.4 \text{ m/s}^3$ ;
- ✓ Longitud mínima de recta 10 m;
- ✓ El peralte sólo se puede establecer en las zonas en túnel por los condicionantes de compatibilidad con el viario circundante. En estos casos se contemplarían los siguientes valores: peralte máximo 150 mm, rampa de peralte 2 mm/m y excepcionalmente 3 mm/m;
- ✓ Tangente máxima para los aparatos de vía a disponer de 0,25;
- ✓ La longitud de los andenes se analiza en el apartado 10 de este documento.

La definición del entreeje y el gálibo del material móvil se aborda en el apartado 12.2.

El radio de las curvas circulares en planta se han de proyectar tan grandes como sea posible, con objeto de no penalizar las velocidades de circulación y disminuir las afecciones al armamento de la vía, pero teniendo en cuenta que han de ser compatibles con la inserción de la vía en el medio urbano por el que discurre.

Aunque en este estudio no se van a definir curvas de transición en el diseño del trazado debido al alcance del documento y la fase de estudio en la que estamos, se propone el empleo de la clotoide en los sucesivos estudios, excepto en zonas con aparatos de vía. En las curvas en “S” se debería disponer de una alineación recta mínima excepcional de 6 metros entre curvas de distinto sentido, para permitir inscribir el bogie correctamente. El motivo de no incluir curvas de transición en este momento, se debe a que lo se pretende en este documento es comprobar la viabilidad del encaje general de una línea de metro ligero en la traza considerada, siendo la definición precisa objeto de desarrollos posteriores con mayor grado de detalle.

Los radios mínimos aplicados en curvas horizontales son:

	Deseable (m)	Mínimo absoluto (m)
En la línea	50	30
En cocheras	25	17

Otro elemento que hay que tener en cuenta es que junto a las paradas se situarán regularmente aparatos de vía que permitan explotar la instalación adecuadamente. Por ello, a nivel general se tendrá en cuenta que tanto en los extremos de la línea como en diversas paradas a lo largo de la línea se situarían al menos los siguientes dispositivos:

- ✓ Bretelles en los extremos de la línea, en general por detrás de los extremos de la misma;
- ✓ Escapes en varias de las paradas intermedias de la línea.

Estos elementos permitirán, en caso de funcionamiento degradado, seguir operando la línea en esa situación.

A efectos de trazado, la disposición de estos aparatos de vía conviene que se haga en tramos rectos y con rasante constante, por tanto, a la hora de diseñar tanto los ejes en planta como en alzado deberá disponerse una longitud de unos 25 m que cumpla esas condiciones, además en los extremos de la línea se deberá dejar una longitud adicional de unos 50 m al menos para poder completar las maniobras de cambio de vía.

## 9.2 Parámetros de diseño en alzado

La manera natural de establecer el enlace entre una rasante horizontal y una inclinada es intercalar entre las dos alineaciones una curva tangente a ambas, que presente respecto al eje horizontal una inclinación constante y variable desde el comienzo al fin del acuerdo, es decir una ecuación:

$$Z = X^2 / 2R$$

En el caso de dos rasantes cualesquiera las características del círculo de enlace serán las definidas por su radio  $R_v$  y su longitud.

El radio se determina considerando que la aceleración centrífuga (vertical) que se produce durante la circulación sobre el acuerdo, debe respetar la comodidad del viajero, que para aceleraciones verticales es todavía más restrictiva, que para las transversales o longitudinales, llegando a ser entre el 1 y el 4% del valor de la gravedad ( $g$ ).

Así resulta:

$$V^2 / Rv \leq (1 - 4\%) g \approx Rv \geq K V^2$$

Siendo K una constante característica de cada tipo de infraestructura y que para el caso que nos ocupa se toma como 5 (valor medio del rango definido 2% de g). Por tanto, tendremos que los parámetros mínimos a considerar en los acuerdos verticales en función de la velocidad serán los siguientes:

- ✓ Para velocidad de circulación de 70 km/h, el Rv será de 1.900 m;
- ✓ Para velocidad de circulación de 50 km/h, el Rv será de 1.000 m.

Como valores mínimos absolutos para los acuerdos verticales se toman 600 m para los acuerdos convexos y 500 m para los cóncavos.

La pendiente máxima admisible en línea, en una longitud ilimitada, para que la circulación, parada y arranque del Metro Ligero, con carga máxima de 8 viajeros de pie/m<sup>2</sup> y todos los asientos ocupados sea segura, es de 60 ‰.

No obstante lo anterior, como se ha indicado anteriormente, la rasante del trazado, salvo los casos excepcionales de cruce a distinto nivel, se habrá de adaptar a las características del viario circundante para no generar efecto barrera.

## **10.- DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO**

Dado que en apartados anteriores ya se concretó cual es el recorrido de la línea de metro ligero, en este punto se van a describir los elementos más característicos que han resultado en el diseño del trazado, tanto en planta como en alzado, tras su encaje en la trama urbana existente cumpliendo con los parámetros antes propuestos.

### **10.1 Trazado en planta**

Como ya se ha indicado en otros apartados de este documento, el trazado en planta va a componerse de sucesiones de alineaciones rectas y curvas sin enlace de curvas de transición intermedias tipo clotoide, ya que en la fase de estudio en que nos encontramos únicamente se pretende comprobar la viabilidad del encaje de la obra civil asociada.

A lo largo de los 15,18 km propuestos el trazado copia en gran medida las alineaciones de las vías en las que se inserta, como no podía ser de otra manera, discurriendo en la mayor parte de los casos por el centro de la sección del espacio urbano.

Los puntos singulares surgen en general en los cambios de dirección en las intersecciones de las calles o avenidas donde se gira. De este modo, el primer punto lo encontramos en las inmediaciones de Plaza de Castilla donde hay una curva de radio 42 m que permite enlazar con la calle Mateo Inurria.

El segundo punto que presenta singularidades es el situado en las inmediaciones de la parada de metro de Duque de Pastrana, en la calle Platerías, donde por la reducida anchura de la sección ha sido necesario encajar sendos radios de 75 m a ambos lados de la parada.

Se asume en general que en aquellos casos en que el radio está junto a la parada no será necesario disponer clotoide en el extremo más cercano a la misma, en un futuro estudio de detalle, por la baja velocidad desarrollada en ese punto.

El siguiente punto singular se da en la zona del centro comercial Gran Vía de Hortaleza, donde los trazados de ambas vías se separan para mejorar su inserción urbana. En estas zonas se han generando radios en los encuentros con las alineaciones de plataforma única de 40 m.

El punto del trazado que presenta un radio más reducido (30 m) se da junto a la parada situada en la glorieta de Mar Caribe donde a la entrada a la misma se ha dispuesto de una curva a 90º para girar de la avenida de Machupichu a la de Los Andes. Dado que esta alineación está situada junto a la parada, la afección al tiempo de recorrido se considera reducida.

El siguiente punto de estas mismas características lo tenemos junto a la parada que permite el intercambio con la línea 9 de metro en Campo de las Naciones. Es también una curva de radio 30 m que permite el giro desde la avenida de la Capital de España a la avenida del Partenón.

El último punto de estas características lo encontramos antes de la última parada del recorrido en un giro a 90º que nos lleva hasta el final de la línea y en dirección a la parcela de los talleres y cocheras.

En el anexo correspondiente a la segunda parte del trabajo se pueden consultar los detalles de las alineaciones del trazado en planta según los listados obtenidos del programa de trazado

(Istram). Por su parte, en los planos correspondientes a la segunda parte del trabajo se han incluido los planos de detalle del trazado en planta.

## 10.2 Trazado en alzado

Para la definición del alzado de la línea de metro ligero se ha respetado la premisa de que la rasante ha de adaptarse al longitudinal del viario por donde discurre, excepto en aquellos puntos en los que se salva a diferente nivel por las propias características del entorno.

El motivo por el que la rasante de la línea ha de ceñirse a la del viario existente se basa en que esta nueva infraestructura no ha de constituir una barrera para el flujo transversal del tráfico tanto rodado como peatonal.

Dado el nivel de definición en el que nos encontramos en este trabajo, se ha empleado para la modelización del terreno una nube de puntos con cota obtenidos de la cartografía municipal, lo cual nos ha permitido, a partir del programa de trazado, generar un modelo tridimensional del terreno. No obstante, los puntos están lo suficientemente distanciados entre sí como para considerar este modelo grosero y muy preliminar, ya que una infraestructura de estas características necesita, para poder definirse con precisión, un taquimétrico detallado de las alineaciones del viario por donde discurre. Por tanto, el longitudinal obtenido no puede considerarse más que como meramente indicativo.

No obstante lo anterior, puede decirse que el alzado obtenido cumpliría con los parámetros de diseño fijados en el apartado 9.2 de este documento.

A lo largo del trazado, se han obtenido en varias zonas pendientes superiores a  $40\text{‰}$  como por ejemplo en la Cuesta de los Sagrados Corazones, la avenida de San Luis o calle de Los Emigrantes. Sin embargo, los máximos valores de  $60\text{‰}$  se dan al final de la calle Añastro y cerca de la glorieta del Mar Caribe.

Como puntos singulares cabe mencionar los pasos sobre la M-30 y la M-40, que en principio se salvarían mediante pasos superiores, y los túneles para conectar la calle Añastro con la avenida de San Luis, además del paso bajo la M-11 para conectar el trazado desde el final de los recintos feriales IFEMA con el nuevo desarrollo de Valdebebas.

En el apartado de planos correspondiente a la segunda parte del trabajo se encuentra la definición gráfica del alzado propuesto.

## 11.- ESTABLECIMIENTO DEL GÁLIBO Y LONGITUD DEL MATERIAL MÓVIL

La determinación del gálibo del material móvil es una decisión estratégica que condiciona de manera decisiva las características de la infraestructura y que está determinado por las previsiones de viajeros a transportar en hora punta en el año horizonte. Este parámetro se combina con la longitud del material móvil, de manera que conjugando anchura y longitud se obtenga óptimo en función de las características de nuestro sistema.

En principio, tal y como se ha indicado en apartados anteriores, se considera que lo razonable es mantener en la medida de lo posible los criterios que sirvieron de base para el definición de las líneas actualmente en funcionamiento. Por ello, se parte de los siguientes valores:

- ✓ Gálibo estático de material rodante: 2,35 m;
- ✓ Gálibo dinámico de material rodante: 2,70 m;
- ✓ Entreeje en recta de 3,70 m con poste central para catenaria y 2,9 m sin poste;
- ✓ Lámina de aire en línea recta: 0,15 m.

Por tanto, nos queda como variable para poder ajustar las características del material móvil la longitud del mismo, en función de la demanda en el año horizonte.

Del estudio de demanda realizado en el Trabajo Fin de Master se obtuvo que la captación de viajes en los diferentes distritos por los que discurre la línea para los radios de cobertura de 300, 500 y 700 m eran los siguientes:

	CHAMARTIN			CIUDAD LINEAL			HORTALEZA			BARAJAS		
	300	500	700	300	500	700	300	500	700	300	500	700
Viajes potenciales generados	6152	10943	15452	960	1685	2642	22309	44197	54335	10193	17021	19270
Viajes potenciales atraídos	6182	6633	6977	347	364	383	7473	7847	8239	29670	30264	30869
Viajes generados captados	1052	1532	1700	302	522	766	4123	7513	8150	2455	3574	3661
Viajes atraídos captados	1057	929	767	109	113	111	1381	1334	1236	7148	6355	5865

Fuente: Elaboración propia

Sumando tanto los viajes generados captados como los atraídos captados, tenemos para el radio de cobertura de 700 m, que engloba los otros dos considerados, los siguientes valores de viajes captados por distrito:

	CHAMARTIN	CIUDAD LINEAL	HORTALEZA	BARAJAS	TOTAL
Viajes captados	2.467	877	9.386	9.526	<b>22.257</b>

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, en el año horizonte donde estuviese plenamente desarrollado todo el futuro APE 16.11 (Valdebebas) se estima que la demanda media diaria de la línea sería de 22.257 viajes.

Si se toma como factor de hora punta el 15% de los viajes totales generados cada día, la demanda en hora punta y por sentido sería de 1.669 viajes.

Considerando un intervalo de paso entre trenes en hora punta de cinco minutos, teniendo en cuenta lo que ya se propuso en el Trabajo Fin de Master en relación a la prioridad de paso en los cruces con el tráfico rodado, tenemos que en cada tren necesitaríamos transportar al menos unos 140 pasajeros (considerando una densidad media de diseño de 6 pax/m<sup>2</sup>). Por tanto, en función de los modelos de material móvil existentes en el mercado, su modularidad y capacidad, necesitaríamos como mínimo una composición de unos 30 m de longitud para poder satisfacer la demanda.

No obstante lo anterior, dado que la longitud del andén y repercusión económica en el global de la inversión de la infraestructura es prácticamente insignificante, se recomienda ser generoso en este sentido a la hora de su diseño porque en caso de que la demanda en un futuro se viese incrementada respecto a las previsiones iniciales las modificaciones serían muy costosas y tendrían influencia tanto en la explotación como en el diseño de los talleres y cocheras.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera que la longitud del andén propuesto debería ser de 45 m. La explotación se podría iniciar con composiciones de 30 m de longitud y posteriormente, en función de los incrementos de demanda, aumentar la longitud de los trenes hasta los 45 m ya que este tipo de material móvil admite dicha posibilidad.

## 12.- SECCIONES TRANSVERSALES TIPO

En todo proyecto de nueva ejecución de una línea de metro ligero, uno de los trabajos más importantes consiste en estudiar cada una de las secciones por donde discurrirá la nueva infraestructura. La ejecución de estas infraestructuras sirve para reordenar el viario, tomando

mayor preponderancia el transporte público y ganando espacio para el peatón, de esta manera se consigue un entorno más accesible y sostenible.

Por tanto, el estudio de las características del viario por donde discurrirá la futura traza y sus servidumbres es fundamental para poder determinar la nueva sección del viario público a definir.

### **12.1 Secciones transversales tipo en paradas**

Es determinante en el estudio tener en cuenta no solo la ocupación de la propia plataforma de la infraestructura, sino también disponer espacio adicional para la constitución de los andenes de desembarco y acceso de los viajeros a los trenes. En general, son las secciones donde se ubican las paradas las que determinan las necesidades de espacio en cada viario y por tanto las que definen las diferentes tipologías a disponer.

En la determinación de la anchura del andén hay que tener en cuenta que es necesario prever espacio para la ubicación de las marquesinas, máquinas de adquisición de billete, alumbrado, sistemas de información al viajero, bancos, apoyos isquiáticos y demás mobiliario urbano habitual en este tipo de situaciones.

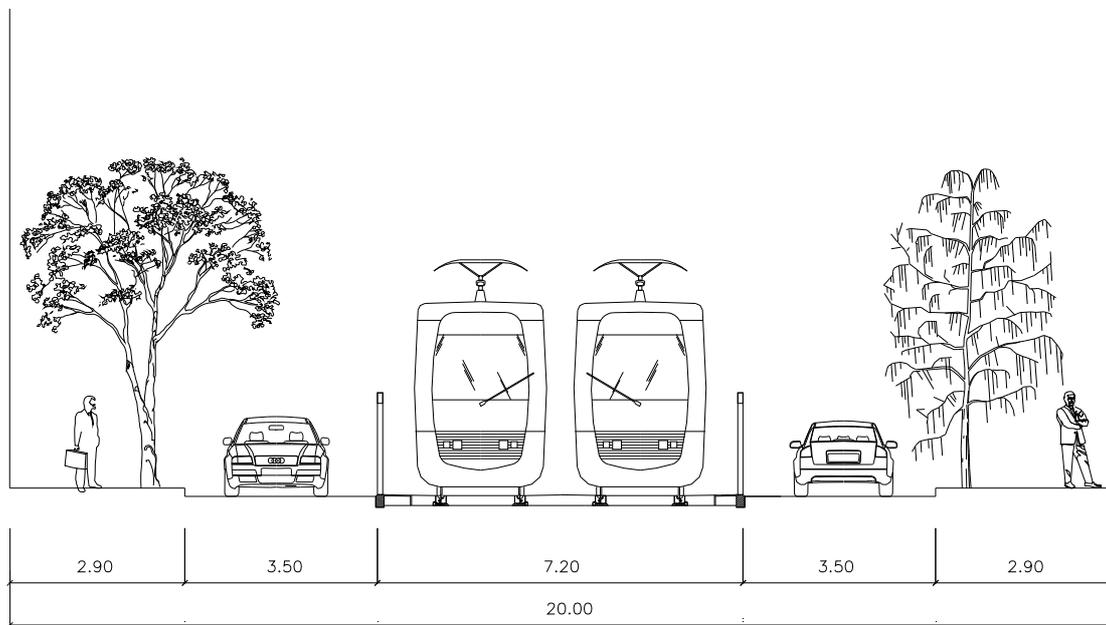
En cuanto a los andenes, aunque su definición precisa requiere un análisis de demanda en cada caso concreto, para los propósitos de este trabajo nos basaremos en criterios genéricos ampliamente empleados en sistemas de este tipo. Para ello, se van a considerar anchuras de andén comprendidas entre los 3 y 4 m cuando son laterales.

En general, los andenes de este tipo de infraestructuras están sobreelevados sobre la rasante del viario en torno a 30 cm para ser plenamente accesibles al material móvil por personas de movilidad reducida (PMR). Por ello, en este trabajo se va a considerar que el material móvil a disponer será 100% de piso bajo.

Teniendo en cuenta el gálibo de material móvil propuesto y considerando la normativa de accesibilidad en cuanto a distancia en horizontal entre el vehículo y el borde del andén, la distancia que se considera en este documento entre borde de andén y el eje de la vía más cercana será de 1,40 m.

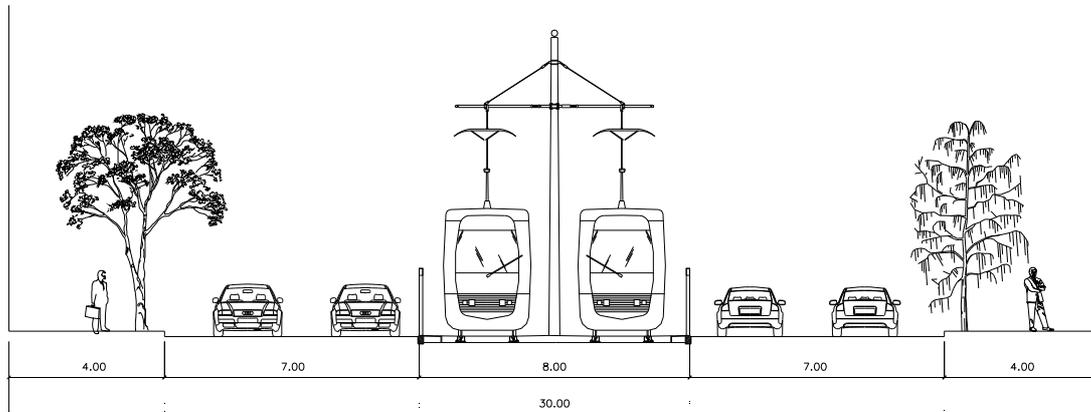
En función del análisis realizado en los apartados 5 y 6 de este documento, podemos agrupar el viario por donde discurre la traza de la línea de metro ligero en tres categorías diferenciadas en función de la distancia entre alineaciones.

En un primer grupo se incluirán aquellas secciones de viario cuya distancia entre alineaciones de edificación es menor o igual a 20 m. Estas situaciones constituyen un caso especial ya que debido a lo constreñido de la sección obliga a integrar los andenes en la acera, de manera que es necesario sobreelevarla puntualmente toda ella 30 cm. No obstante, en aquellos puntos en los que por las batientes del acceso a los portales o garajes no sea posible esta alternativa, se mantendrá la acera en su nivel existente, perdiéndose la posibilidad de la accesibilidad en estas paradas. Un esquema tipo de este tipo de situaciones se ilustra a continuación:

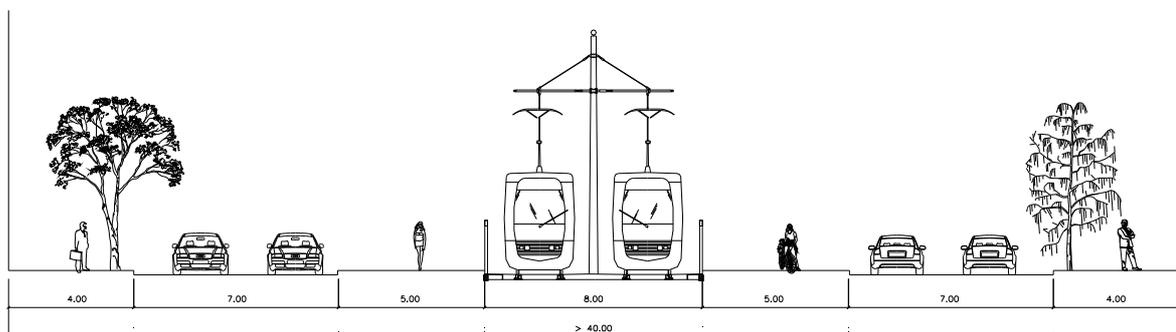


Un segundo grupo estaría integrado por aquellas calles con anchura entre alineaciones comprendida entre los 20 y los 30 m. En este caso, podríamos optar por disponer dos andenes laterales de dimensiones estrictas, o bien disponer un único andén central de mayor anchura. La ventaja que aporta el mantener los dos andenes laterales es que no es necesario modificar el trazado de las vías al aproximarse a la parada, lo que redundaría en una mejora de los tiempos de viaje. Además, para acceder al andén no es necesario cruzar las vías en ningún caso. Por otro lado, el andén central permite resolver situaciones especiales en las que no es posible disponer los andenes laterales. En este trabajo, se va a optar siempre que sea posible por la

alternativa de andenes laterales. A continuación, se incluyen sendos esquemas de las dos tipologías propuestas.



Por último, tendríamos el caso de secciones de viario con anchura entre alineaciones superiores a 30 m (en general > 40 m). En estos casos la disposición de la parada será, en general, con andenes laterales con anchura comprendida de 4 m. A continuación se muestra un esquema de la sección tipo en este caso.



## 12.2 Secciones transversales tipo en vía general

En la línea de metro ligero se van a distinguir desde el punto de vista de la anchura de la plataforma ferroviaria dos zonas claramente diferenciadas. La primera estaría comprendida entre el origen de la línea, junto a la estación de Chamartín, y el cruce con la calle Pio XII, la segunda zona estaría comprendida desde el cruce con la calle Pio XII y el final de la línea en el APE 16.11 de Valdebebas.

En la primera parte del trazado de unos 2.200 m de longitud, se propone el empleo de un sistema de alimentación del tren sin necesidad de catenaria, ya que es en esa zona donde se discurre por viario más antiguo y secciones más reducidas. La captación de la corriente puede

ser por cualquiera de los sistemas que actualmente están en funcionamiento en el mercado (TramWave, APS, Primove, etc ) o aquellos que se desarrollen en un futuro.

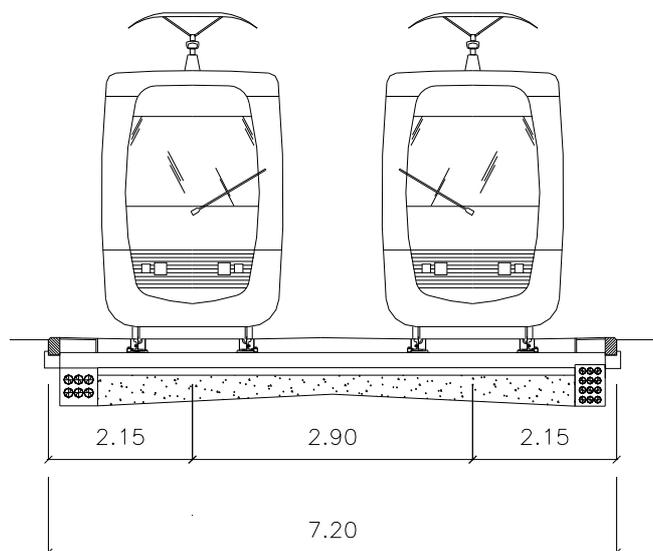
El empleo de los sistemas de alimentación sin catenaria está recomendado en aquellas zonas del trazado donde se discurre por centros históricos, viarios constreñidos o se requiera bajo impacto visual.

Para la determinación de la anchura de la plataforma ferroviaria en vía doble en esta zona hay que tener en cuenta los siguientes elementos:

- ✓ Anchura del material móvil;
- ✓ Gálibo cinemático;
- ✓ Lámina de aire;
- ✓ Bandas laterales para disposición de servicios (alimentación, comunicaciones y señalización).

En nuestro caso conociendo que la anchura del material móvil es de 2,35 m, manteniendo un gálibo cinemático aproximado a ambos lados de unos 20 cm, una lámina de aire de 15 cm, y sendas bandas laterales para canalizaciones de unos 60 cm de anchura, obtendríamos una anchura estimada para la plataforma ferroviaria de unos 7 m.

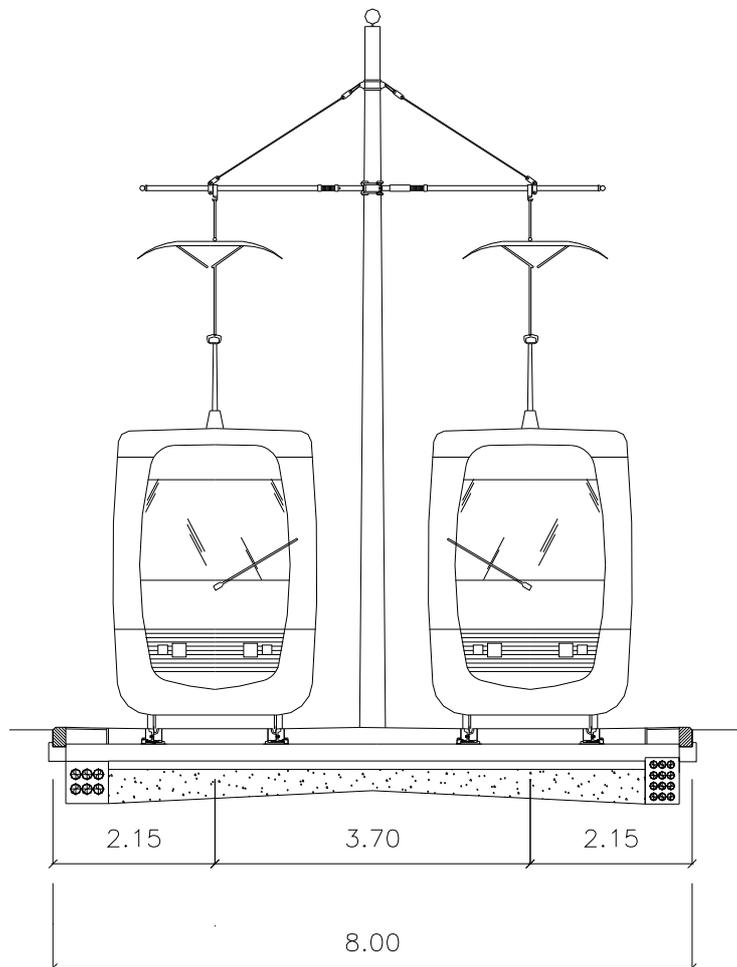
El esquema de la sección transversal de la plataforma sería:



En la segunda parte del trazado, la alimentación se propone se realice por medio de catenaria, para lo cual, se supone en este documento que se va a emplear un poste que sustente los hilos de contacto de ambas vías ubicado en el entreje de las mismas.

Para la determinación de la anchura de la plataforma de vía doble en este caso hay que añadir, a los elementos que se han tenido en cuenta en el caso anterior, la anchura del poste y el resto de consideraciones necesarias. Por tanto, en este caso podemos asumir que la plataforma tendría unos 8 m.

El esquema de la sección transversal de la plataforma sería:



### 13.- CRITERIOS DE UBICACIÓN DE PARADAS

Tradicionalmente en los sistemas ferroviarios se tiende a situar las paradas en recta y lo más horizontal posible, tanto por seguridad como por accesibilidad al material móvil. Sin embargo,

los sistemas de metro ligero, al estar condicionados de por las características del viario donde se insertan, reproducen las características de este para evitar crear, el ya comentado en apartados anteriores, efecto barrera.

No obstante lo anterior, a efectos de este documento se ha impuesto como criterio de ubicación de las paradas que se sitúen en tramos rectos o, de no ser posible, que el radio sea superior a 500 m.

Hay que tener en cuenta que un sistema de metro ligero, por sus características intrínsecas, constituye un modo de transporte público de capacidad intermedia entre el autobús y el metro convencional. Por tanto, su rango de actuación se sitúa entre ambos y como no podía ser de otro modo la distancia entre paradas también. Como orden de magnitud, según se recoge en la bibliografía, se puede considerar que el transporte urbano en autobús dispone de paradas cada 300 m de media aproximadamente, mientras que el metro pesado suele disponerlas a partir de 700 m.

La distancia entre paradas tiene que ver tanto con la propia concepción del modo de transporte como con la función que desempeña en el sistema de movilidad urbana global. La red de autobuses tiene como misión dar cobertura de amplio alcance en aquellas zonas a las que no accede el metro pesado, constituyéndose en la red capilar del transporte público urbano. Por su parte, el metro pesado forma la columna vertebral de la movilidad en el centro de la ciudad, por tanto, su función es la de transportar gran cantidad de viajeros en el menor tiempo posible. Por otro lado, el autobús discurre en superficie y las paradas se materializan mediante simples reservas de espacio en la zona destinada al tránsito y estancia peatonal en el viario público, mientras que el metro pesado suele discurrir subterráneo y aislado de cualquier otra red o modo de transporte, por lo que sus paradas constituyen estaciones que conectan la superficie con los andenes soterrados, siendo elementos de complejo encaje en la trama urbana y en general costosos tanto de construcción como de mantenimiento.

La distancia entre paradas está íntimamente relacionada con el tiempo de recorrido de un trayecto, por tanto, se puede entender claramente que para una misma distancia, a mayor número de paradas mayor será el tiempo que se invierte en realizar ese trayecto.

Como hemos indicado anteriormente, el metro ligero constituye un medio de transporte que cubre el hueco existente entre la red de autobuses y la del metro, por tanto, tiene que conjugar tanto una amplia cobertura al medio como tiempos de recorrido sensiblemente

superiores al autobús. Por estos motivos, la distancia entre sus paradas se suele situar por término medio entre los 300 y los 700 m.

Otro de los factores esenciales que hay que tener en cuenta para poder situar las paradas es la de ubicarlas en aquellos puntos que permitan una mayor captación de demanda potencial. Por ello, se deben tener en cuenta los siguientes principios:

- ✓ Situarse de manera que se potencie la intermodalidad para mejorar el tiempo total del desplazamiento del viajero. Para ello, se procurará conectar con los intercambiadores existentes o futuros en el ámbito de estudio;
- ✓ Estar lo más cerca posible de polos de generación y atracción de viajes como centros comerciales, educativos, administrativos, de exposiciones, de oficinas, etc.
- ✓ Ubicarse lo más cercanas posible a las intersecciones de las vías principales de tráfico rodado y peatonal.

A efectos de este trabajo y teniendo en cuenta la fase de estudio en la que nos encontramos, se ha propuesto que por término medio se sitúen las paradas cada 500 m.

En nuestro estudio, teniendo en cuenta los focos de atracción y generación de viajes que sirvieron de base en el Trabajo Fin de Master para la selección de la alternativa de trazado elegida, las paradas propuestas en este trabajo, al menos deberían cubrir los siguientes hitos:

- ✓ Intercambiador de Chamartín;
- ✓ Intercambiador de Plaza de Castilla;
- ✓ Zona de colegios en el distrito de Chamartín;
- ✓ Centro comercial Gran vía de Hortaleza;
- ✓ Palacio de Hielo;
- ✓ Centro comercial Hipercor;
- ✓ Zona de oficinas de Ribera del Loira;
- ✓ Zona de oficinas del Campo de las Naciones;

- ✓ Centro de exposiciones IFEMA y su futura ampliación;
- ✓ Futura ciudad de la justicia.

Con todo lo expuesto anteriormente, y teniendo en cuenta los condicionantes mencionados, la línea de metro ligero de 15,18 km de longitud dispondría de 30 paradas a lo largo de su recorrido dispuestas tal y como se plasma en el documento de planos anexo a este documento.

#### **14.- SUPERESTRUCTURA**

Dado el alcance de este documento, no se pretende en este apartado definir la superestructura a emplear en la línea, sino tener en cuentas aquellas consideraciones que pueden influir en el éxito o fracaso de la solución.

Por la propia concepción del sistema, el contacto rueda metálica – carril genera ruido y transmite vibraciones al terreno circundante. Estas alteraciones generan afecciones en el entorno inmediato que pueden provocar el rechazo a la propia concepción del proyecto por parte de los residentes que viven o realizan su actividad en el entorno de la futura infraestructura.

Por este motivo, desde las primeras fases de estudio, es fundamental considerar y transmitir correctamente a los interesados cuales son los dispositivos que se van a emplear para mitigar en la medida de lo posible los efectos de la rodadura.

El análisis de las afecciones al entorno debido a esta causa deberá prestar especial atención a aquellas zonas que sean más sensibles, como pueden ser:

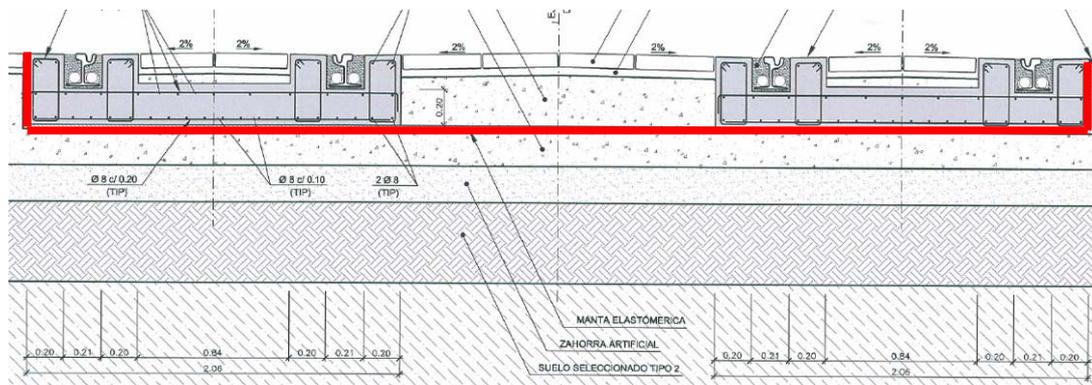
- ✓ Hospitales y zonas sanitarias;
- ✓ Centros educativos;
- ✓ Oficinas;
- ✓ Zonas residenciales en secciones de viario muy constreñido.

Es habitual que estos sistemas dispongan un conjunto amortiguador dispuesto entre el carril y su alojamiento en la losa, constituyendo un nivel primer nivel de aislamiento. Sin embargo,

como se ha comentado anteriormente, esta solución general puede no ser válida en todos los casos, por lo que sería necesario recurrir a niveles superiores de protección.

Para estos casos concretos, será necesario realizar estudios específicos que determinen, en función de la distancia a la que se encuentran emisor y receptor, al tipo de terreno circundante y las características de la cimentación de la estructura afectada, el nivel de reducción a conseguir.

Dado que estas soluciones tienen un alto coste económico, es necesario estudiar, entre las diferentes alternativas presentes en el mercado, cual es la que mejor se adapta a nuestro caso concreto. En ocasiones, como se muestra es el esquema siguiente, se ha recurrido al empleo de mantas elastoméricas bajo las losas de la vía.



## 15.- DRENAJE

El diseño de la nueva infraestructura no varía el régimen hídrico del entorno en el que se ubica, ya que no genera ni modificaciones topográficas (en general) ni aumenta el coeficiente de escorrentía del terreno, ya que se trata de un entorno urbano consolidado. Por tanto, dado que no se alteran las condiciones de las diferentes “subcuencas” hídricas por las que se atraviesa, se considera adecuado suponer que el drenaje de la plataforma se puede evacuar al saneamiento municipal existente en el entorno del trazado.

A título orientativo, se proponen las siguientes soluciones en función de los diferentes elementos que se pueden dar para el drenaje longitudinal de la plataforma:

- ✓ Drenaje longitudinal de la vía: resuelto mediante canaletas prefabricadas de hormigón polímero con rejilla de fundición y transversales al eje que conectan, mediante tubos

bajantes con un colector de PVC situado bajo las vías. Estos colectores desaguarán a la red de pluviales del saneamiento municipal.

Las canaletas transversales se dispondrán espaciadas regularmente, salvo en las zonas de andenes donde se disponen una en cada extremo y otra intermedia.

- ✓ Drenaje de carril: se realizaría a través de una perforación en el carril que conecta con una arqueta registrable adosada al mismo. El desagüe se produce, al igual que en el caso anterior, mediante unas bajantes a un tubo de PVC transversal al eje de la vía que vierte al colector lateral. Estos dispositivos se sitúan en los puntos bajos de la vía.

Un caso especial es el constituido por los dos túneles que será necesario ejecutar en el recorrido. Como toda obra subterránea es susceptible de recibir las aportaciones del entorno donde se ubica por filtraciones a través de los elementos que definen su contorno. Para evacuar el agua en estas situaciones se propone resolverlo a través de sendas canaletas de hormigón longitudinal al eje, con rejilla de fundición que se situarían a ambos lados de la plataforma. En la concepción del trazado de estos puntos singulares se ha tenido especial cuidado de evitar la formación de puntos bajos que obligarían a la disposición de un sistema de bombeo con los inconvenientes que esto supondría.

## **16.- ACCESIBILIDAD PARA PERSONAS DE MOVILIDAD REDUCIDA (PMR)**

En las últimas décadas la accesibilidad para personas con movilidad reducida (PMR) ha ido cobrando más fuerza en el diseño de todo tipo de instalaciones y servicios ya que mejoran notablemente la calidad de vida de los usuarios.

Hay que tener en cuenta que potencialmente, toda la población es susceptible de estar encuadrada en este conjunto, bien sea por la edad o por algún problema físico o cognitivo de carácter temporal o permanente, por lo que el desarrollo de este concepto cobra especial relevancia en el transporte público colectivo.

El desarrollo de una legislación en este sentido ha experimentado un importante impulso y hoy en día existe un extenso marco legal que cubre la mayoría de los aspectos relacionados con el transporte público.

En el caso concreto del diseño de una línea de metro ligero, el marco legal general de referencia en España lo constituyen tanto el Real Decreto 1544/2007 por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad, como la Orden de Vivienda 561/2010, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.

La Orden de Vivienda 561/2010 es de aplicación fundamentalmente a las paradas a disponer en el viario público y el diseño de la sección transversal del viario. En relación a las dimensiones mínimas de las aceras a disponer habrá de tenerse en cuenta que se tendrá que respetar lo que se denomina el itinerario peatonal accesible, el cual ha de cumplir, entre otros, los siguientes preceptos:

- ✓ Discurrirá siempre de manera colindante o adyacente a la línea de fachada o elemento horizontal que materialice físicamente el límite edificado a nivel del suelo;
- ✓ En todo su desarrollo poseerá una anchura libre de paso no inferior a 1,80 m, que garantice el giro, cruce y cambio de dirección de las personas independientemente de sus características o modo de desplazamiento.

Para acceder a los andenes sobreelevados 30 cm sobre el viario colindante, en general se materializarán en los extremos de las paradas sendas rampas que habrán de cumplir:

- ✓ Los tramos de las rampas tendrán una anchura mínima libre de paso de 1,80 m y una longitud máxima de 10 m;
- ✓ La pendiente longitudinal máxima será del 10% para tramos de hasta 3 m de longitud y del 8% para tramos de hasta 10 m de longitud;
- ✓ Al inicio y al final de la rampa deberá existir un espacio de su misma anchura y una profundidad mínima de 1,50 m libre de obstáculos, que no invada el itinerario peatonal accesible;
- ✓ Se señalarán los extremos de la rampa mediante el uso de una franja de pavimento táctil indicador direccional, colocada en sentido transversal a la marcha. Se colocarán franjas de pavimento táctil indicador de tipo direccional, en ambos extremos de la

rampa y en sentido transversal al tránsito peatonal. El ancho de dichas franjas coincidirá con el de la rampa y fondo de 1,20 m.

El material del pavimento de los andenes será:

- ✓ Duro, estable, antideslizante en seco y en mojado, sin piezas ni elementos sueltos, con independencia del sistema constructivo que, en todo caso, impedirá el movimiento de las mismas. Su colocación y mantenimiento asegurará su continuidad y la inexistencia de resaltes.

Para el encaminamiento hacia las paradas del sistema, se recomienda el empleo de pavimento táctil indicador en itinerarios peatonales accesibles.

En lo que respecta al Real Decreto 1544/2007, en el anexo VI se incluyen las condiciones que se han de satisfacer en el transporte por ferrocarril metropolitano, de aplicación a metro convencional, metro ligero y tranvía. Los preceptos más relevantes a considerar son los siguientes:

- ✓ Las paradas se comunicarán con el resto del viario peatonal urbano con un itinerario accesible;
- ✓ Distancias del material móvil al andén: los valores óptimos recomendados presentarán unas lagunas no superiores a los 50 mm en vertical y a los 50 mm en horizontal;
- ✓ Andenes: la altura de los andenes no superará la del piso del tren en su posición más baja;

Se prescribe el empleo de pieza de borde, con bandas ranuradas paralelas a la vía, las cuales se recomienda rellenar con carborundo;

Adosada a esta pieza de borde se ha de colocar una banda de advertencia de peligro próximo formada por botones de color amarillo vivo.

- ✓ Mobiliario urbano: todos sus elementos en voladizo contrastarán con su entorno y tendrán bordes redondeados, evitando materiales que brillen o destellen. Estarán situados en general en un lateral, fuera del itinerario peatonal, sin romper la franja guía.

## **17.- PRIORIDAD DE MARCHA DEL METRO LIGERO EN LOS CRUCES**

Tal y como se ha indicado a lo largo del Trabajo Fin de Master, para que el sistema cumpla su misión de forma satisfactoria, el tiempo de recorrido ha de ser el menor posible, o lo que es lo mismo, la velocidad comercial ha de ser lo más alta posible. Para ello el metro ligero ha de procurar que no se detenga en sus cruces con el viario rodado o que este tiempo sea el mínimo posible. Para conseguir este objetivo, se calculará el instante en que llega el tren al cruce, y se programará una fase o secuencia de fases compatibles con su tránsito, de forma que desde el instante previsto de llegada, y durante la duración del trayecto, sea posible introducir la secuencias semafóricas adecuadas.

Cuando las condiciones de tráfico obliguen a una coordinación entre los cruces atravesados por el metro ligero, la onda verde se calculará teniendo en cuenta la prioridad de este. La onda verde le permitirá ir encontrando vía libre por las diferentes intersecciones. El sistema empleado modificará localmente la onda verde para adaptarse a las posibles desviaciones en el tiempo de marcha del metro ligero en su trayecto.

El sistema deberá conocer la llegada del tren con la suficiente antelación, cuándo va a entrar en el cruce y cuando sale de él. Para ello se instalarán detectores que se activarán con su paso. En general, hay detectores de aproximación, de línea de parada y de cancelación situado a la salida del cruce. Cada sentido debe tener estos detectores

En este tipo de infraestructuras, es habitual que mediante radiobalizas por infrarrojos se identifique la presencia del tren.

Para establecer la preferencia de paso del metro ligero, el sistema recibe información desde un subsistema de balizas que recoge la información del tren y realiza un cálculo del tiempo de llegada en función de la distancia al cruce de la baliza. La baliza se comunicará con el regulador de cruce que realizará los cálculos necesarios para la fijar la preferencia de paso.

## **18.- DISEÑO FUNCIONAL DE LOS TALLERES Y COCHERAS**

Actualmente, las cuatro líneas de metro ligero en operación en el área metropolitana de Madrid cuentan con 36 km de longitud pero no están interconectadas entre sí, no tienen conexión con la red de metro o cercanías, ni están operadas por una misma empresa, por lo

que no se puede hablar de una red propiamente dicha, sino que constituyen líneas independientes (salvo la ML2 y la ML3 que se operan conjuntamente).

La línea ML1 conecta Pinar de Chamartín con Las Tablas, por su parte la líneas ML2 y ML3 parten de Colonia Jardín ambas y terminan en Aravaca y Boadilla del Monte respectivamente. Por su parte, la ML4 la constituye el metro Ligero de Parla, la cual permite el intercambio con la red de cercanías.

Una característica destacable es que todo el material móvil (44 unidades) fue adquirido al mismo tiempo a un único fabricante y es el mismo en las cuatro líneas en explotación. Cada tren tiene 32 m de longitud y es 100% piso bajo.

Las cuatro líneas disponen de sus propios talleres y cocheras, tal y como están agrupadas geográficamente.

### **18.1 Criterio de mantenimiento propuesto**

Dadas las características que se han expuesto para las líneas de metro ligero que están actualmente en operación en el área metropolitana de Madrid, es decir, una “red” de pequeñas dimensiones, operadas por diferentes empresas y con gran dispersión geográfica, parece que lo recomendable sería abordar en los talleres y cocheras de cada línea un mantenimiento de primer nivel, realizando además algunas de las funciones propias asignadas tradicionalmente al segundo nivel.

Para la realización del resto de las operaciones de segundo y tercer nivel, sería conveniente concertar acuerdos con empresas especializadas externas que llevaran a cabo estas operaciones.

No obstante lo anterior, toda decisión en uno u otro sentido habrá de estar basada en un estudio de rentabilidad donde se analicen los costes de inversión, gastos de explotación, financieros, etc. Para ello, será necesario tener en cuenta también los futuros planes de ampliación, flota actual y previsible en un futuro, disponibilidad de espacio para ampliación de los talleres y cocheras, tecnología del material móvil y necesidades de personal entre otros.

## 18.2 Necesidades de material móvil

Para la determinación de las necesidades de material móvil se van a realizar las siguientes consideraciones:

- ✓ Se toma como velocidad comercial de referencia la media de las publicadas por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid para las líneas de metro ligero que discurren mayoritariamente en superficie: 23,3 km/h;
- ✓ El tiempo de parada y maniobra en terminal se considera de 4 minutos;
- ✓ Intervalo de paso en hora punta 5 minutos;
- ✓ Longitud de la línea 15,2 km;
- ✓ Reserva de trenes: 10%.

Con los datos anteriormente indicados, se obtiene un tiempo de vuelta de unos 87 minutos, lo que exige 18 trenes para conseguir los intervalos de paso por parada definidos. Si lo incrementamos con el porcentaje de reserva, el número total de trenes que compondrían la flota sería de 20 trenes.

## 18.3 Actividades a realizar en los talleres y cocheras

Tal y como se expuso en el apartado 18.1, en los talleres y cocheras de la línea se realizarán operaciones de mantenimiento de primer nivel y algunas de segundo nivel, siendo el resto de las de segundo nivel y todas las de tercer nivel realizadas por un tercero fuera de estas instalaciones.

Las actividades a realizar serían básicamente las siguientes:

- ✓ Limpieza de exteriores e interiores;
  - Diaria (barrido, limpieza de lunas y grafiti);
  - Cada dos semanas (carrocería exterior e interior del vehículo);
  - Integral anual;
  - Desinsectación y desinfección cada dos meses;

- Soplado anual de bogies, cofres y aire acondicionado;
- Lavado de bogies semestral.
- ✓ Reparación de averías menores;
- ✓ Cambio de componentes averiados;
- ✓ Mantenimiento preventivo de corto periodo de inmovilización;
  - Inspección de elementos de seguridad (frenos, puertas y ruedas);
  - Engrases de compresores, reductoras, cajas de grasa, motores de tracción, etc;
  - Revisión y reposición de elementos de confort e imagen;
- ✓ Mantenimiento correctivo de corta paralización;
  - Bogies;
  - Aire acondicionado;
  - Resistencias de freno;
  - Lunas;
  - Cofres y elementos bajo bastidor;
  - Separación y acople de cajas;
  - Elementos eléctricos y neumáticos;
  - Torneado de ruedas.
- ✓ Control de tráfico centralizado de la operación y explotación de la línea;
- ✓ Dirección y oficina técnica de la línea.

#### 18.4 Esquema básico funcional de los talleres y cocheras

En función de las actividades a realizar en los talleres y cocheras, se han de determinar unas necesidades de espacio adecuadas y su disposición de manera ordenada para que las instalaciones puedan funcionar correctamente.

Este encaje previo permitirá determinar la superficie necesaria para la implantación de los talleres y cocheras, y de esta manera buscar en las inmediaciones del trazado una parcela que reúna las condiciones adecuadas tanto en superficie como en geometría.

Para obtener una estimación de la superficie necesaria para el estacionamiento de los trenes hay que basarse en las necesidades de material móvil determinadas en el año horizonte. Teniendo en cuenta que en nuestro caso la flota estaría integrada por 20 vehículos de 45 m de longitud, la nave de podría estar formada por ocho vías (siete para los trenes y una adicional para los vehículos auxiliares), por lo que las dimensiones en planta serían aproximadamente de 150 m de longitud y 48 m de anchura.

La nave de los talleres por su parte, para poder realizar las actividades determinadas en el apartado anterior, podría requerir unas dimensiones en planta de unos 125 m de longitud y unos 40 m de anchura donde se ubicarían al menos cinco vías sobre los correspondientes fosos y pilares y las pasarelas de acceso laterales para poder trabajar sobre el techo de los trenes.

Para el suministro de energía a las instalaciones es necesario disponer dentro del recinto de una subestación eléctrica alimentada desde la red de distribución. Para albergar los transformadores, celdas y pórticos necesarios se puede considerar, como orden de magnitud, que las dimensiones necesarias para satisfacer las necesidades requeridas pueden ser de unos 400 m<sup>2</sup>.

Cuando se encierra un vehículo al final de la jornada, es habitual que el primer paso sea su inspección y limpieza, para determinar si es estacionado o es necesario mandarlo al taller para que se lleven a cabo las operaciones necesarias. Este edificio suele ser rectangular y de unas dimensiones de unos 900 m<sup>2</sup>.

A continuación de este edificio se suele instalar la nave correspondiente al lavado, también rectangular y con una superficie aproximada de unos 600 m<sup>2</sup>.

Para llevar a cabo la gestión y control de la línea, será necesario un edificio que albergue al menos las siguientes funciones:

- ✓ Centro de control de tráfico centralizado;
- ✓ Despachos para dirección, personal técnico y administrativo;
- ✓ Salas de reunión y formación;
- ✓ Almacén;
- ✓ Vestuarios y aseos;
- ✓ Comedor.

Los requerimientos de superficie necesarios para este edificio pueden estimarse en unos 1.000 m<sup>2</sup> ya sean repartidos en una o dos plantas.

Dentro del recinto de estas instalaciones se dispondrá de un depósito con la capacidad adecuada para dar servicio al riego y para el suministro contra incendios.

El resto de la superficie del recinto lo constituyen los viales de acceso y tránsito interior, las zonas de aparcamiento, la portería para el control del acceso a la instalación, así como una vía de prueba para el control de los vehículos antes de salir a explotación una vez que han sido sometidos a alguna reparación en taller.

Teniendo pues en cuenta todas las necesidades contempladas anteriormente, se puede considerar que para unas instalaciones de estas características podrían ser necesarios unos 50.000 m<sup>2</sup> de parcela.

En el apartado de planos se muestra un esquema funcional de lo que podría ser la distribución de los diferentes usos contemplados para estas instalaciones.

### **18.5 Ubicación propuesta para los talleres y cocheras**

En general, a la hora de diseñar la configuración de unos talleres y cocheras de estas características es preferible disponer de una parcela de configuración rectangular, teniendo en cuenta tanto las propias dimensiones de los edificios principales como la secuencia habitual que han de seguir los vehículos a la entrada de estas instalaciones (chequeo general, limpieza,

mantenimiento, almacenamiento,...), así como la necesidad de disponer de una vía de prueba para comprobaciones antes de salir a vía general.

Sin embargo, en un entorno urbano consolidado, como es nuestro caso, encontrar una parcela de estas características cerca del trazado de la línea es una tarea complicada que en buena parte de los casos exige prolongar un ramal que parte de la propia línea una longitud considerable, sin entrar en consideraciones adicionales sobre el coste de una posible expropiación.

En nuestro caso, se ha seleccionado una parcela en el A.P.E. 16.11 de Valdebebas en la parte final de la línea la cual, según se recoge en el planeamiento urbanístico vigente, es una parcela considerada como zona verde o espacio libre (sin especificar su calificación). La superficie es de unas 7,8 ha con unas dimensiones aproximadas de 550 m de largo por 100 m de anchura y que únicamente necesitaría prolongar el final de línea unos 150 m para conectar con la misma.

En el anexo se puede ver la calificación urbanística de la parcela y su ubicación.



## CONCLUSIONES Y APORTACIONES

**Autor**

Luis M. Abad Pérez

**Director del trabajo**

Moisés Gilaberte Fernández

## INDICE

1.- CONCLUSIONES Y APORTACIONES .....	1
---------------------------------------	---

## 1.- CONCLUSIONES Y APORTACIONES

Teniendo en cuenta el análisis realizado a lo largo de este trabajo, se ha detectado que dentro del ámbito geográfico del municipio de Madrid existen nuevos desarrollos urbanísticos cuyo volumen de población no justifica la prolongación de la red de metro hasta esos núcleos, pero que, sin embargo, son lo suficientemente importantes para no poder atenderse adecuadamente con el servicio de autobuses, ya que para satisfacer la demanda potencial se requeriría un intervalo entre unidades que lo haría incompatible con un tráfico fluido en el entorno de su recorrido.

Además, hay que tener en cuenta que existen importantes centros de actividad empresarial como son la zona de Campo de las Naciones y calle Ribera del Loira donde se concentran miles de puestos de trabajo, cuya cobertura por la red de transporte público masivo no permite atenderlos adecuadamente.

Por otro lado, desde el Ayuntamiento de Madrid existe una decidida apuesta por parte de los responsables municipales para atajar los problemas medioambientales que en buena parte son generados por el tráfico rodado. En este sentido, se están tomando medidas para reducir la participación del vehículo privado en los desplazamientos cotidianos.

Con este escenario planteado y dentro de las diferentes áreas metropolitanas donde sería posible actuar, se ha elegido en este trabajo estudiar la implantación de una nueva línea de metro ligero en la zona noreste de Madrid que de respuesta a buena parte de las necesidades antes expuestas. Esta línea conectaría la estación de Chamartín y el intercambiador de Plaza de Castilla con los grandes focos de generación y atracción de viajes del corredor propuesto como son los importantes centros educativos del distrito de Chamartín, centros de ocio y comerciales, las oficinas de Ribera del Loira - Campo de las Naciones, IFEMA y futuro desarrollo urbanístico de Valdebebas.

Para conseguir que este medio de transporte colectivo sea eficaz sería necesario cumplir una serie de premisas que requieren un decidido apoyo político, como son reducir la capacidad del viario rodado para el transporte privado en determinadas calles por donde se insertaría el trazado de la línea, implantar una política de disuasión del aparcamiento de vehículos privados en los grandes centros de atracción de viajes por trabajo y perseguir la indisciplina en el aparcamiento. Además, para conseguir una adecuada velocidad comercial, sería necesario que

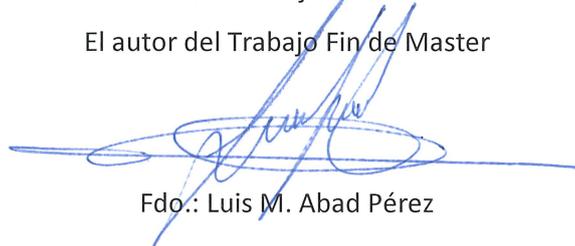
discurriese en plataforma única con prioridad de paso en las intersecciones con el tráfico rodado. De este modo se erigiría como una alternativa real para los futuros usuarios del transporte público.

En función del estudio llevado a cabo en este trabajo y con el nivel de aproximación acorde al mismo, se puede concluir que desde el punto de vista del trazado sería posible la inserción de una línea de metro ligero con los parámetros habituales para una infraestructura de estas características. La prognosis de la demanda estimada de la futura línea de metro ligero se situaría en una posición intermedia entre la del autobús (aproximadamente 1,5 millones de viajes anuales por línea) y la de la red de transporte masivo de Metro (aproximadamente 50 millones de viajes anuales por línea) con una previsión de 6,5 millones de viajeros anuales.

Entre las aportaciones más importantes de este trabajo se puede citar que el documento puede servir a los planificadores urbanos y responsables del transporte metropolitano para la toma de decisiones sobre el futuro desarrollo de la red. Asimismo se potenciaría el transporte público colectivo al cubrir la demanda de servicio del corredor analizado, se mejoraría la conectividad del centro de la ciudad con la periferia, disminuiría la cuota de participación del vehículo privado en los desplazamientos habituales, mejoraría la interconexión entre modos de transporte al enlazar en varios puntos con las redes de transporte masivo (estación de Chamartín, intercambiador de Plaza de Castilla, Mar de Cristal, Canillas, Campo de las Naciones e intercambiador de Valdebebas). Por último, al ser un transporte que funciona con energía eléctrica se reducirían considerablemente las emisiones de gases de efecto nocivo en destino ( $\text{NO}_2$ ), que actualmente presentan valores puntuales preocupantes en la capital.

Madrid a 30 de junio de 2015

El autor del Trabajo Fin de Master



Fdo.: Luis M. Abad Pérez

El Director del Trabajo Fin de Master



Fdo.: Moisés Gilaberte Fernández



## **TRABAJO FIN DE MASTER**

### **ANEJOS**

#### **IMPLANTACIÓN DE UNA LÍNEA DE METRO LIGERO EN LA TRAMA URBANA DE LA CIUDAD DE MADRID**

**Autor**

**Luis M. Abad Pérez**

**Director del trabajo**

**Moisés Gilaberte Fernández**



## PRIMERA PARTE

ANÁLISIS DE CORREDORES, DEMANDA ESTIMADA  
Y REORDENACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO

**Autor**

Luis M. Abad Pérez

**Director del trabajo**

Moisés Gilaberte Fernández

## **INDICE**

1. DEMANDA DE LAS LINEAS DE TRANSPORTE PUBLICO EN EL AMBITO DE ESTUDIO
2. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO TOTAL DE VIAJE EN TRANSPORTE PUBLICO ENTRE LA ESTACIÓN DE CHAMARTÍN / PZA. CASTILLA A CAMPO DE LAS NACIONES / RIBERA DEL LOIRA
3. ESQUEMA DEL RECORRIDO DEL SERVICIO ESPECIAL DE LA LINEA SE799 DE AUTOBUS
4. CALIFICACIÓN DEL SUELO EN EL APE 16.11 CIUDAD AEROPORTUARIA Y PARQUE DE VALDEBEBAS
5. PLANO DE LA RED DE METRO DE MADRID EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO
6. PLANO DE LA RED DE CERCANÍAS DE MADRID EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO
7. PLANO DE LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CERCANÍAS EN VALDEBEBAS (LÍNEA C1)
8. FOTOS DEL ESTADO DEL APARCAMIENTO EN LA CALLE DE RIBERA DEL LOIRA

## 1. DEMANDA DE LAS LINEAS DE TRANSPORTE PUBLICO EN EL AMBITO DE ESTUDIO

En las tablas siguientes se muestra la demanda tanto de las líneas de Metro como de bus en la zona de estudio, facilitadas por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

AUTOBUS		L107	L112	SE799
01/10/2014	laborable	4.828	4.048	656
02/10/2014	laborable	4.922	4.026	719
03/10/2014	laborable	4.638	4.006	623
04/10/2014	sábado	1.978	1.841	325
05/10/2014	festivo	1.755	1.221	201
06/10/2014	laborable	4.962	4.093	652
07/10/2014	laborable	4.800	3.912	691
08/10/2014	laborable	4.827	4.206	701
09/10/2014	laborable	4.380	4.057	735
10/10/2014	laborable	4.297	3.939	709
11/10/2014	sábado	1.881	1.869	258
12/10/2014	festivo	1.618	1.002	183
13/10/2014	laborable	4.701	4.024	715
14/10/2014	laborable	4.808	3.929	754
15/10/2014	laborable	4.806	4.244	772
16/10/2014	laborable	4.673	3.983	797
17/10/2014	laborable	4.630	4.462	706
18/10/2014	sábado	1.935	2.240	288
19/10/2014	festivo	1.857	1.827	345
20/10/2014	laborable	4.913	3.855	798
21/10/2014	laborable	4.771	4.074	804
22/10/2014	laborable	5.037	3.918	814
23/10/2014	laborable	4.849	3.786	858
24/10/2014	laborable	4.732	3.853	772
25/10/2014	sábado	2.078	1.935	295
26/10/2014	festivo	1.983	1.259	192
27/10/2014	laborable	4.876	4.091	840
28/10/2014	laborable	4.943	4.009	805
29/10/2014	laborable	4.939	4.246	871
30/10/2014	laborable	5.010	4.002	848
31/10/2014	laborable	3.857	3.759	699
<b>Total</b>		<b>124.284</b>	<b>105.716</b>	<b>19.426</b>

	Mar de Cristal		Campo de las Naciones
	Línea 4	Línea 8	Línea 8
1-oct-14	3.399	6.311	5.271
2-oct-14	3.444	6.395	6.491
3-oct-14	3.546	6.585	5.629
4-oct-14	1.777	3.300	1.910
5-oct-14	1.289	2.393	2.468
6-oct-14	3.355	6.232	6.268
7-oct-14	3.488	6.477	6.552
8-oct-14	3.500	6.500	8.128
9-oct-14	3.496	6.493	7.325
10-oct-14	3.619	6.720	5.817
11-oct-14	1.650	3.064	1.206
12-oct-14	1.086	2.018	916
13-oct-14	3.441	6.389	6.434
14-oct-14	3.523	6.542	6.445
15-oct-14	3.548	6.590	11.446
16-oct-14	3.619	6.720	13.707
17-oct-14	3.607	6.700	18.094
18-oct-14	1.836	3.411	15.857
19-oct-14	1.469	2.728	18.993
20-oct-14	3.457	6.420	7.273
21-oct-14	3.468	6.441	6.553
22-oct-14	3.540	6.573	6.418
23-oct-14	3.516	6.530	6.521
24-oct-14	3.547	6.588	6.951
25-oct-14	1.771	3.289	4.443
26-oct-14	1.186	2.202	2.824
27-oct-14	3.484	6.471	7.440
28-oct-14	3.583	6.655	9.222
29-oct-14	3.537	6.568	8.918
30-oct-14	3.629	6.740	9.939
31-oct-14	3.430	6.369	7.075
<b>Total</b>	<b>92.840</b>	<b>172.414</b>	<b>232.534</b>

## **2. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO TOTAL DE VIAJE EN TRANSPORTE PUBLICO ENTRE LA ESTACIÓN DE CHAMARTÍN / PZA. CASTILLA A CAMPO DE LAS NACIONES / RIBERA DEL LOIRA**

En lo que sigue, se va a estimar el tiempo total de viaje en transporte público desde Chamartín a la zona de oficinas de Ribera del Loira empleando el metro ligero, y se va a comparar con la alternativa de utilización del cercanías hasta Nuevos Ministerios y posterior trasbordo a línea 8 de Metro hasta Campo de las Naciones.

a) Cálculo del tiempo de recorrido desde Chamartín a oficinas en zona Ribera del Loira/Campo de las Naciones en metro ligero:

- ✓ Acceso desde cercanías Chamartín a cabecera de Metro Ligero: 3'
- ✓ Tiempo medio de espera en hora punta: 2,5'
- ✓ Recorrido a velocidad comercial (20 km/h) desde Chamartín a zona más alejada de Ribera del Loira (10 km): 30'
- ✓ Recorrido a pie desde parada a puesto de trabajo (aprox. 300 m teniendo en cuenta la cobertura definida): 5'

Luego el tiempo total estimado es de 40,5 minutos empleando el Metro Ligero.

b) Cálculo del tiempo de recorrido desde Chamartín a oficinas en zona Ribera del Loira/Campo de las Naciones en cercanías y Metro (L8):

- ✓ Acceso a andén de cercanías: 1,5';
- ✓ Tiempo medio de espera en hora punta: 3';
- ✓ Tiempo de viaje en cercanías desde Chamartín a Nuevos Ministerios: 3,5'
- ✓ Traslado de cercanías a línea 8: 2,5'
- ✓ Tiempo medio de espera en hora punta: 2'
- ✓ Recorrido a velocidad comercial (43 km/h) desde Nuevos Ministerios a Campo de las Naciones (10 km): 14,5'

- ✓ Recorrido a pie desde el andén de la estación a puesto de trabajo (aprox. 700 m teniendo en cuenta la cobertura definida): 11,5'

Luego el tiempo total estimado es de 38,5 minutos empleando cercanías y la línea 8 de Metro.

Por otro lado, se va a estimar el tiempo de viaje en transporte público desde Plaza de Castilla a Ribera del Loira empleando el metro ligero, y se va a comparar con la alternativa de Metro, empleando la línea 9 hasta Colombia y posterior trasbordo a la línea 8 hasta Campo de las Naciones.

- c) Cálculo del tiempo de recorrido desde Plaza de Castilla a oficinas en zona Ribera del Loira/Campo de las Naciones en metro ligero:

- ✓ Tiempo de acceso desde intercambiador de autobuses a parada de metro ligero: 3'
- ✓ Tiempo medio de espera en hora punta: 2,5'
- ✓ Recorrido a velocidad comercial (20 km/h) desde Plaza de Castilla a zona más alejada de Ribera del Loira (9 km): 27'
- ✓ Recorrido a pie desde parada a puesto de trabajo (aprox. 300 m teniendo en cuenta la cobertura definida): 5'

Luego el tiempo total estimado es de 37,5 minutos empleando el Metro Ligero.

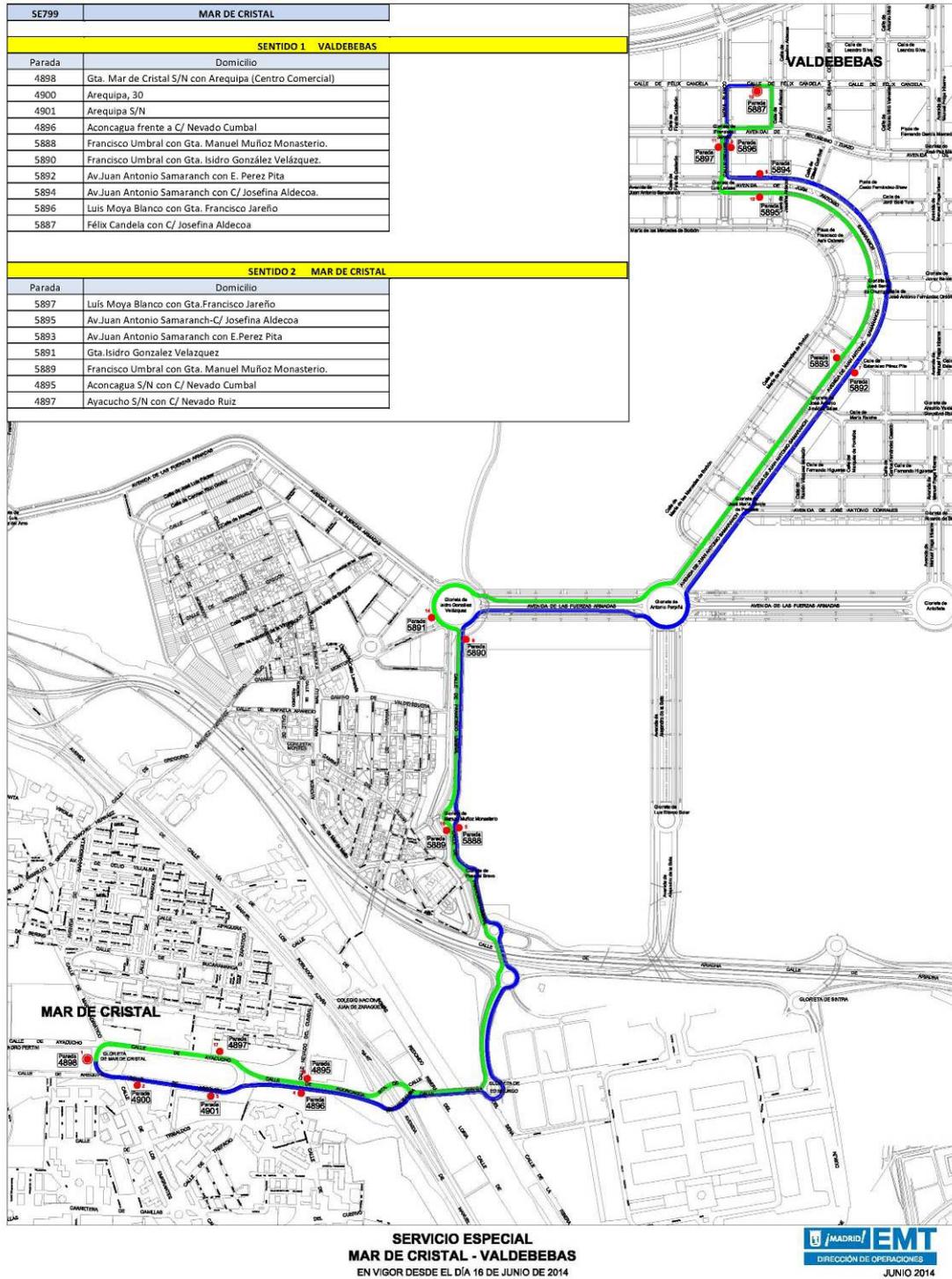
- d) Cálculo del tiempo de recorrido desde Plaza de Castilla a oficinas en zona Ribera del Loira/Campo de las Naciones en líneas 9 y 8 de Metro:

- ✓ Tránsito desde intercambiador de autobuses de Pza de Castilla a línea 9: 5,5'
- ✓ Tiempo medio de espera en hora punta en línea 9: 2,5'
- ✓ Tiempo de viaje entre Pza Castilla y Colombia en línea 9: 7'
- ✓ Tiempo de tránsito de línea 9 a línea 8 en Colombia: 1'
- ✓ Tiempo de espera en hora punta en línea 8: 2'
- ✓ Tiempo de viaje en línea 8 desde Colombia a Campo de las Naciones: 11'

- ✓ Recorrido a pie desde estación a puesto de trabajo (aprox. 700 m teniendo en cuenta la cobertura definida): 11,5'

Luego el tiempo total estimado es de 40,5 minutos empleando las líneas 8 y 9 de Metro.

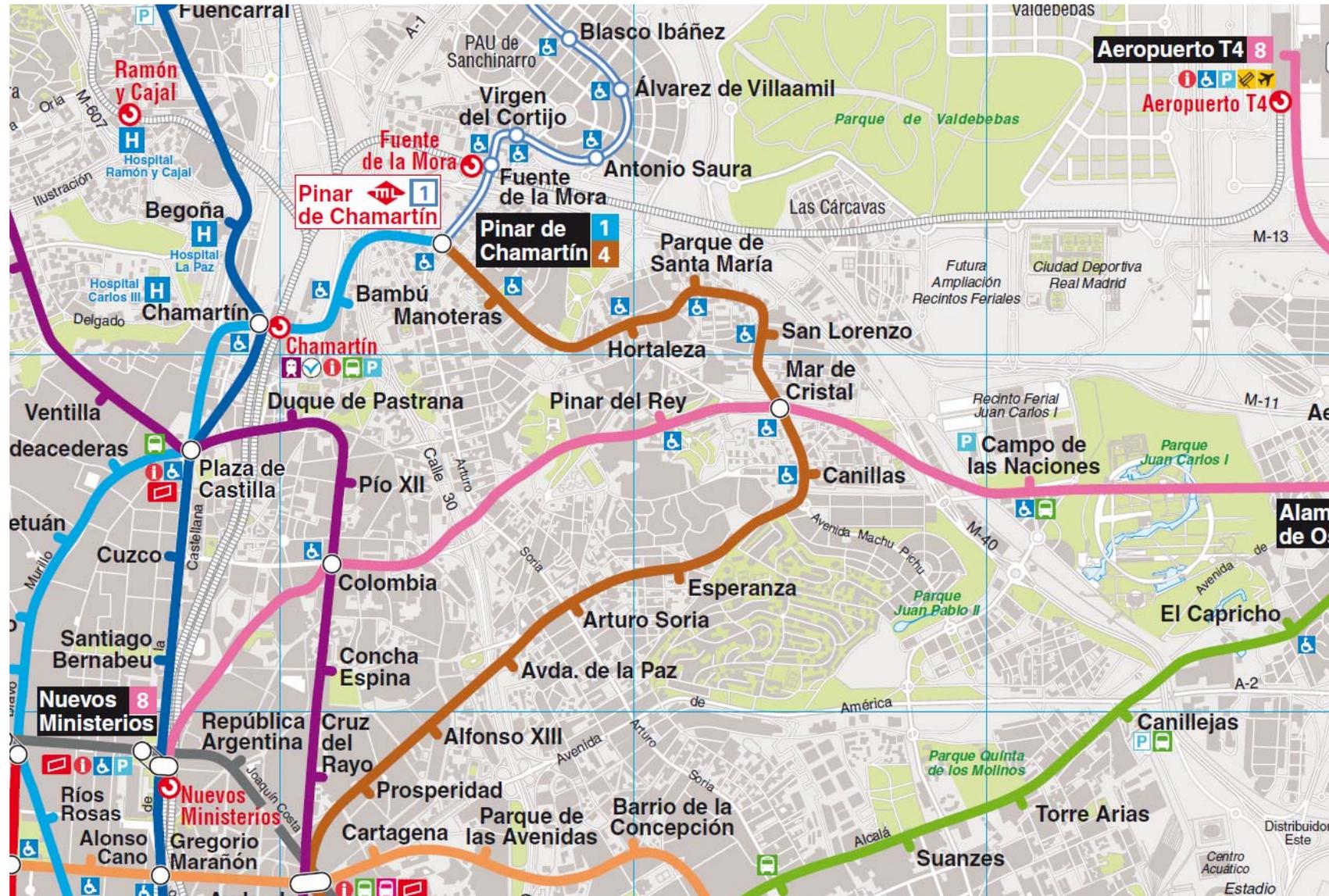
### 3. ESQUEMA DEL RECORRIDO DEL SERVICIO ESPECIAL DE LA LINEA SE799 DE AUTOBUS



4. CALIFICACIÓN DEL SUELO EN EL APE 16.11 CIUDAD AEROPORTUARIA Y PARQUE DE VALDEBEBAS



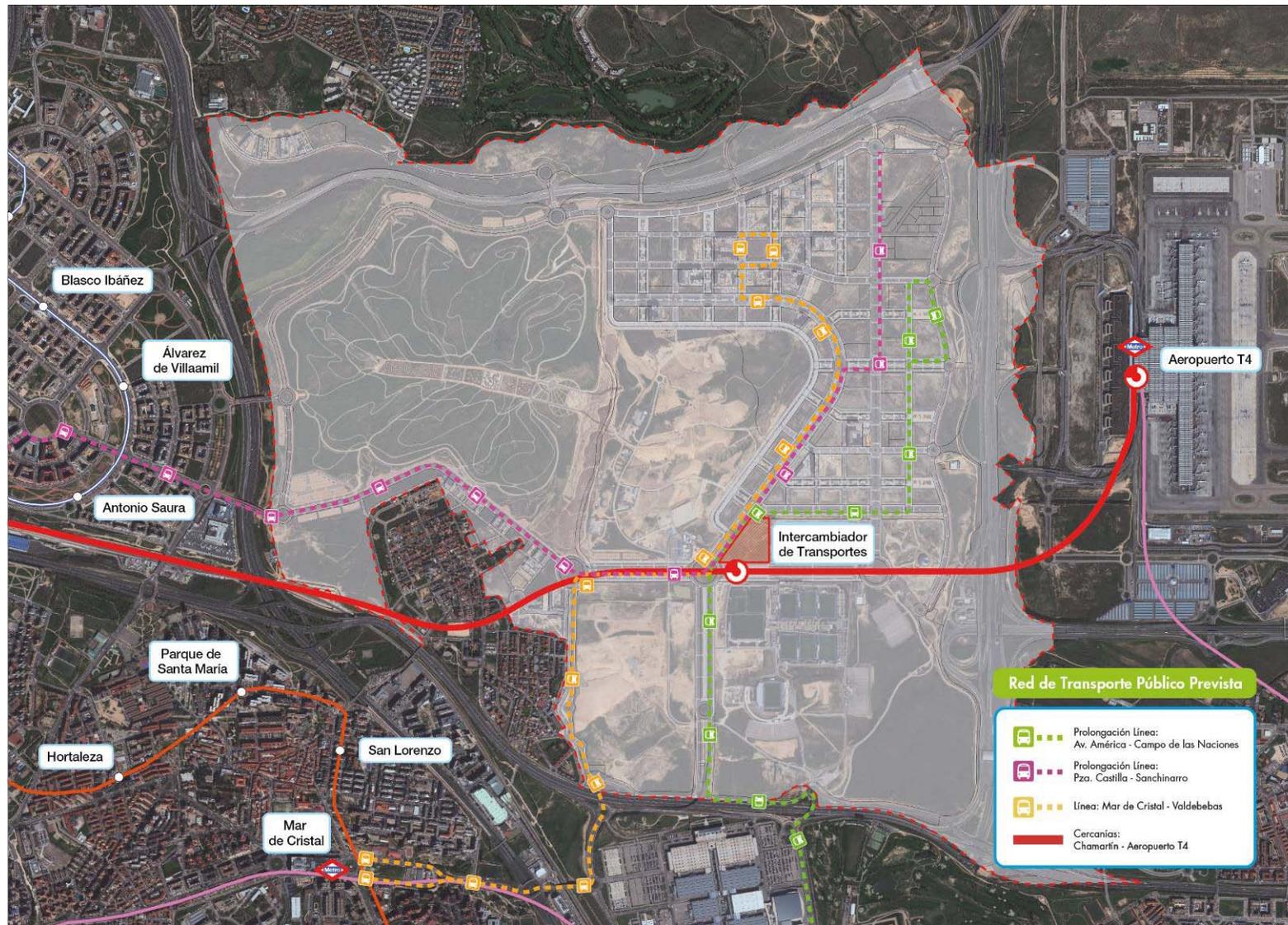
5. PLANO DE LA RED DE METRO DE MADRID EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO



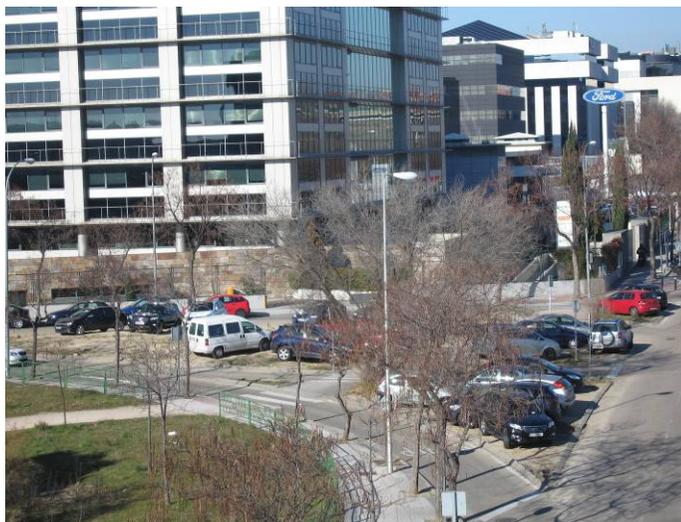
6. PLANO DE LA RED DE CERCANÍAS DE MADRID EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO



## 7. PLANO DE LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CERCANÍAS EN VALDEBEBAS (LÍNEA C1)



## 8. FOTOS DEL ESTADO DEL APARCAMIENTO EN LA CALLE DE RIBERA DEL LOIRA





## SEGUNDA PARTE

DEFINICIÓN DEL ENCAJE DEL TRAZADO EN LA TRAMA URBANA  
Y DISEÑO FUNCIONAL DE LOS TALLERES Y COCHERAS

**Autor**

Luis M. Abad Pérez

**Director del trabajo**

Moisés Gilaberte Fernández

## INDICE

1. LISTADO DE DEFINICIÓN DE LOS EJES DE TRAZADO EN PLANTA
2. ORDENACIÓN URBANÍSTICA EN LA CONEXIÓN CON LA ESTACIÓN DE CHAMARTÍN
3. ORDENACIÓN URBANÍSTICA DE LA PARCELA DESTINADA A TALLERES Y COCHERAS

## 1. LISTADOS DE DEFINICIÓN DE LOS EJES DE TRAZADO EN PLANTA

EJE : 1: Eje-1

\*\*\* LISTADO DE LAS ALINEACIONES \*\*\*

DATO	TIPO	LONGITUD	P. K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Cos/Xc/Xinf	Sen/Yc/Yinf
1	RECTA	178.559	0.000	442211.196	4480809.636			219.9640	-0.3084787	-0.9512312
2	CIRC.	93.082	178.559	442156.114	4480639.785	300.000		219.9640	441870.745	4480732.329
3	RECTA	118.862	271.640	442114.233	4480557.076			239.7165	-0.5841769	-0.8116264
4	CIRC.	25.378	390.502	442044.797	4480460.604	-300.000		239.7165	442288.284	4480285.351
5	RECTA	48.396	415.880	442030.860	4480439.405			234.3311	-0.5135109	-0.8580830
6	CIRC.	18.594	464.277	442006.008	4480397.877	225.890		234.3311	441812.175	4480513.874
7	RECTA	457.139	482.870	441995.814	4480382.333			239.5713	-0.5823244	-0.8129565
8	CIRC.	102.888	940.009	441729.611	4480010.699	-42.000		239.5713	441763.755	4479986.241
9	RECTA	168.820	1042.897	441774.444	4479945.624			83.6179	0.9670729	0.2544994
10	CIRC.	9.037	1211.717	441937.705	4479988.589	-101.130		83.6179	441911.968	4480086.389
11	RECTA	19.871	1220.754	441946.330	4479991.276			77.9291	0.9405030	0.3397854
12	CIRC.	28.811	1240.624	441965.019	4479998.027	299.480		77.9291	442066.778	4479716.366
13	RECTA	190.209	1269.436	441992.544	4480006.499			84.0536	0.9687924	0.2478736
14	CIRC.	45.187	1459.644	442176.817	4480053.647	300.310		84.0536	442251.256	4479762.709
15	RECTA	254.408	1504.831	442221.270	4480061.518			93.6326	0.9950023	0.0998515
16	CIRC.	52.109	1759.239	442474.406	4480086.921	150.090		93.6326	442489.393	4479937.581
17	RECTA	18.748	1811.347	442526.113	4480083.110			115.7350	0.9696099	-0.2446560
18	CIRC.	8.169	1830.096	442544.292	4480078.523	-30.000		115.7350	442551.632	4480107.612
19	RECTA	54.220	1838.264	442552.385	4480077.621			98.4007	0.9996845	0.0251192
20	CIRC.	19.830	1892.485	442606.588	4480078.983	-75.000		98.4007	442604.704	4480153.959
21	RECTA	45.428	1912.314	442626.116	4480082.081			81.5689	0.9583824	0.2854877
22	CIRC.	135.080	1957.742	442669.654	4480095.050	200.060		81.5689	442726.768	4479903.316
23	RECTA	116.963	2092.822	442802.029	4480088.680			124.5532	0.9265427	-0.3761895
24	CIRC.	15.533	2209.785	442910.400	4480044.680	-300.000		124.5532	443023.257	4480322.643
25	RECTA	56.423	2225.318	442924.937	4480039.212			121.2570	0.9447699	-0.3277344
26	CIRC.	42.878	2281.741	442978.244	4480020.720	300.000		121.2570	442879.923	4479737.289
27	RECTA	139.978	2324.620	443017.614	4480003.825			130.3561	0.8884530	-0.4589676
28	CIRC.	64.531	2464.598	443141.978	4479939.579	-100.000		130.3561	443187.875	4480028.424
29	RECTA	111.992	2529.129	443204.642	4479929.840			89.2747	0.9858421	0.1676766
30	CIRC.	23.597	2641.121	443315.049	4479948.619	-500.000		89.2747	443231.211	4480441.540
31	RECTA	390.082	2664.718	443338.210	4479953.123			86.2703	0.9768341	0.2139978
32	CIRC.	32.955	3054.799	443719.255	4480036.599	500.000		86.2703	443826.254	4479548.182
33	RECTA	73.525	3087.754	443751.656	4480042.586			90.4663	0.9888076	0.1491964
34	CIRC.	214.738	3161.279	443824.357	4480053.556	-325.000		90.4663	443775.868	4480374.918
35	RECTA	331.631	3376.017	444011.371	4480150.946			48.4028	0.6891455	0.7246230
36	CIRC.	111.776	3707.648	444239.913	4480391.254	204.450		48.4028	444388.062	4480250.358
37	RECTA	392.763	3819.424	444334.757	4480447.737			83.2076	0.9654130	0.2607256
38	CIRC.	42.206	4212.187	444713.936	4480550.140	-300.000		83.2076	444635.718	4480839.764
39	RECTA	132.623	4254.393	444753.775	4480563.969			74.2513	0.9193152	0.3935219

PROYECTO :  
EJE : 1: Eje-1|

\*\*\* LISTADO DE LAS ALINEACIONES \*\*\*

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Cos/Xc/Xinf	Sen/Yc/Yinf
40	CIRC.	36.731	4387.016	444875.697	4480616.159	220.720		74.2513	444962.555	4480413.248
41	RECTA	95.126	4423.747	444910.509	4480627.744			84.8455	0.9718005	0.2358045
42	CIRC.	119.567	4518.873	445002.952	4480650.175	153.830		84.8455	445039.226	4480500.683
43	RECTA	575.178	4638.439	445118.212	4480632.686			134.3277	0.8581101	-0.5134657
44	CIRC.	30.792	5213.617	445611.778	4480337.352	-60.000		134.3277	445642.586	4480388.839
45	RECTA	349.330	5244.409	445641.025	4480328.859			101.6566	0.9996615	-0.0260184
46	CIRC.	118.554	5593.739	445990.236	4480319.770	60.000		101.6566	445988.675	4480259.790
47	RECTA	6.306	5712.292	446043.185	4480234.717			227.4459	-0.4178880	-0.9084986
48	CIRC.	49.871	5718.598	446040.550	4480228.988	-60.000		227.4459	446095.060	4480203.915
49	RECTA	461.490	5768.469	446039.797	4480180.546			174.5313	0.3894755	-0.9210368
50	CIRC.	124.126	6229.960	446219.537	4479755.497	300.000		174.5313	445943.226	4479638.654
51	RECTA	146.986	6354.086	446243.197	4479634.546			200.8717	-0.0136924	-0.9999063
52	CIRC.	278.815	6501.072	446241.185	4479487.574	-180.000		200.8717	446421.168	4479485.109
53	RECTA	125.663	6779.887	446414.776	4479305.222			102.2611	0.9993693	-0.0355094
54	CIRC.	630.724	6905.550	446540.360	4479300.760	700.000		102.2611	446515.503	4478601.202
55	RECTA	85.426	7536.274	447079.367	4479016.000			159.6227	0.5925695	-0.8055193
56	CIRC.	136.841	7621.700	447129.987	4478947.188	700.000		159.6227	446566.124	4478532.390
57	RECTA	232.744	7758.541	447199.820	4478829.761			172.0678	0.4248154	-0.9052800
58	CIRC.	47.305	7991.285	447298.693	4478619.062	-30.000		172.0678	447325.852	4478631.806
59	RECTA	162.110	8038.590	447338.760	4478604.725			71.6832	0.9026973	0.4302762
60	CIRC.	225.914	8200.701	447485.097	4478674.478	-400.000		71.6832	447312.986	4479035.557
61	RECTA	434.887	8426.615	447651.630	4478822.671			35.7279	0.5322129	0.8466105
62	CIRC.	145.196	8861.501	447883.082	4479190.851	-200.000		35.7279	447713.760	4479297.294
63	RECTA	250.174	9006.697	447911.052	4479330.098			389.5106	-0.1640233	0.9864565
64	CIRC.	47.136	9256.872	447870.017	4479576.884	-30.000		389.5106	447840.424	4479571.964
65	RECTA	259.597	9304.008	447835.491	4479601.555			289.4844	-0.9863890	-0.1644288
66	CIRC.	58.738	9563.605	447579.427	4479558.870	50.000		289.4844	447571.205	4479608.189
67	RECTA	564.724	9622.343	447528.875	4479581.579			364.2720	-0.5322147	0.8466094
68	CIRC.	64.941	10187.067	447228.320	4480059.679	285.240		364.2720	447469.807	4480211.488
69	RECTA	81.338	10252.008	447200.287	4480118.102			378.7659	-0.3273943	0.9448878
70	CIRC.	324.769	10333.346	447173.658	4480194.957	350.000		378.7659	447504.369	4480309.545
71	RECTA	82.407	10658.115	447214.392	4480505.540			37.8385	0.5599840	0.8285034
72	CIRC.	188.573	10740.522	447260.539	4480573.815	300.000		37.8385	447509.090	4480405.819
73	RECTA	184.921	10929.095	447406.826	4480687.851			77.8549	0.9401061	0.3408818
74	CIRC.	244.623	11114.016	447580.671	4480750.888	-200.000		77.8549	447512.495	4480938.909
75	RECTA	664.060	11358.638	447712.495	4480938.943			399.9891	-0.0001713	1.0000000
76	CIRC.	117.861	12022.698	447712.381	4481603.003	75.000		399.9891	447787.381	4481603.016
77	RECTA	679.051	12140.560	447787.420	4481678.016			100.0330	0.9999999	-0.0005184
78	CIRC.	117.777	12819.611	448466.471	4481677.664	-75.000		100.0330	448466.510	4481752.664

EJE : 1: Eje-1

 \*\*\*\*\*  
 \*\*\* LISTADO DE LAS ALINEACIONES \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

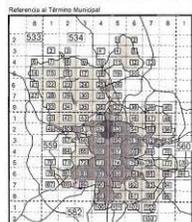
DATO	TIPO	LONGITUD	P. K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Cos/Xc/Xinf	Sen/Yc/Yinf
79	RECTA	1934.693	12937.388	448541.510	4481752.592			0.0608	0.0009548	0.9999995
80	CIRC.	47.088	14872.081	448543.357	4483687.284	30.000		0.0608	448573.357	4483687.256
81	RECTA	262.828	14919.169	448573.350	4483717.256			99.9855	1.0000000	0.0002285
			15181.997	448836.178	4483717.316			99.9855		

EJE : 2: Eje-2

 \*\*\*\*\*  
 \*\*\* LISTADO DE LAS ALINEACIONES \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

DATO	TIPO	LONGITUD	P. K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Cos/Xc/Xinf	Sen/Yc/Yinf
1	CIRC.	58.045	0.000	445579.072	4480356.909	40.000		132.7890	445559.369	4480322.098
2	RECTA	20.899	58.045	445596.283	4480306.692			225.1709	-0.3851615	-0.9228492
3	CIRC.	97.064	78.945	445588.233	4480287.405	-50.000		225.1709	445634.376	4480268.147
4	RECTA	369.239	176.008	445633.130	4480218.162			101.5855	0.9996899	-0.0249031
5	CIRC.	47.575	545.248	446002.255	4480208.967	40.000		101.5855	446001.259	4480168.979
			592.822	446038.744	4480182.940			177.3031		

## 2. ORDENACIÓN URBANÍSTICA EN LA CONEXIÓN CON LA ESTACIÓN DE CHAMARTÍN



Limite del área de planeamiento específico

Alineación a vía pública

[Red hatched]	Residencial
[Orange hatched]	Terciario
[Green hatched]	Industrial
[Blue hatched]	Dotaciones
[Yellow hatched]	Zonas verdes
[Light blue hatched]	Deportivo
[Dark blue hatched]	Equipamiento
[Light green hatched]	Servicio público
[Light orange hatched]	Administración pública
[Light purple hatched]	Servicios infraestructurales
[Light pink hatched]	Servicios de transporte
[Light yellow hatched]	Vía pública principal
[Light blue hatched]	Vía pública secundaria

### Plan General de Ordenación Urbana 1997

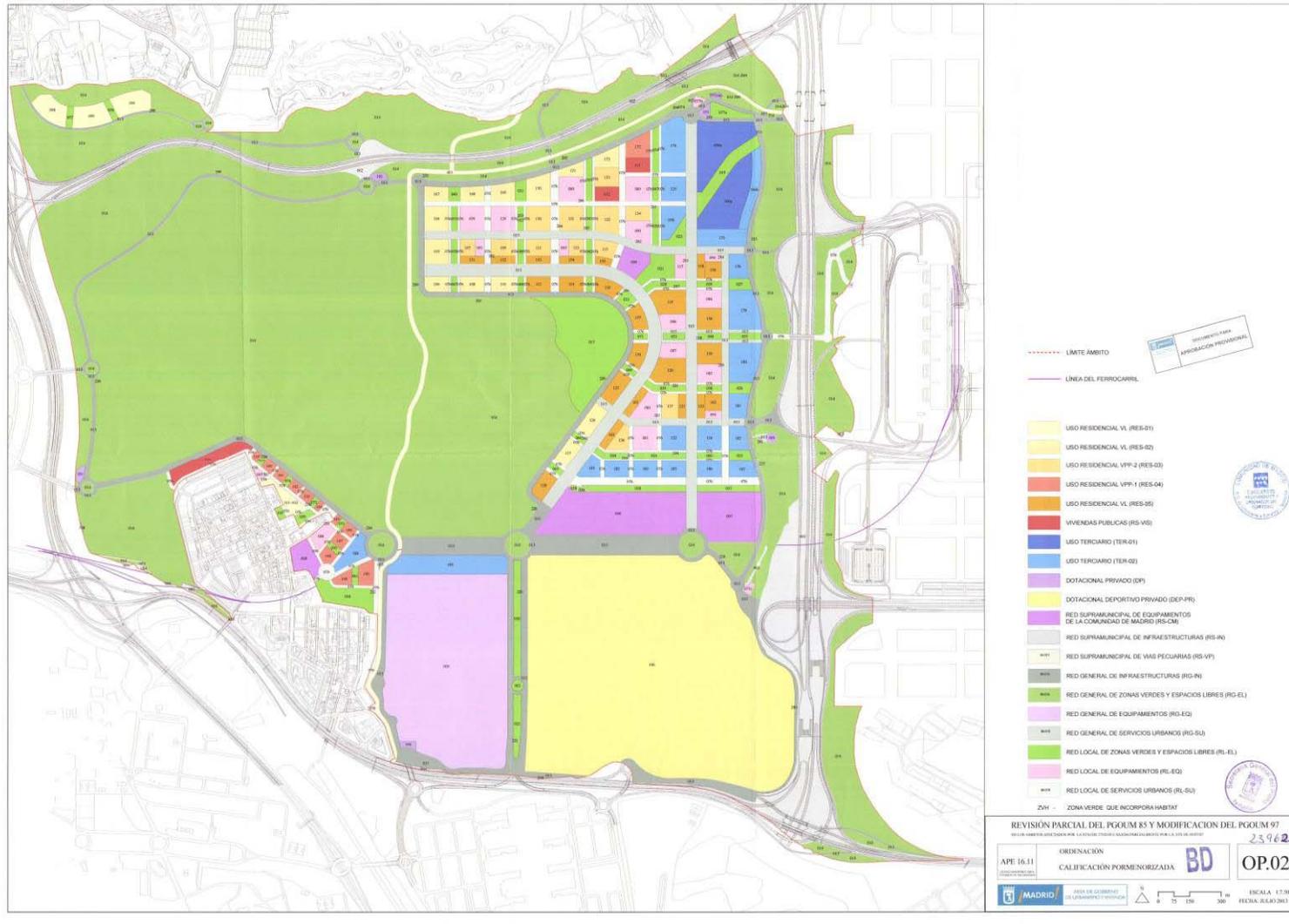
Area de Planeamiento Específico  
APE.05.27  
Colonia  
Campamento

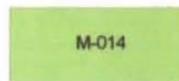
Usos bajo rasante

U



### 3. ORDENACIÓN URBANÍSTICA DE LA PARCELA DESTINADA A LOS TALLERES Y COCHERAS





RED GENERAL DE ZONAS VERDES Y ESPACIOS LIBRES (RG-EL)



## TRABAJO FIN DE MASTER

### PLANOS

#### IMPLANTACIÓN DE UNA LÍNEA DE METRO LIGERO EN LA TRAMA URBANA DE LA CIUDAD DE MADRID

**Autor**

Luis M. Abad Pérez

**Director del trabajo**

Moisés Gilaberte Fernández



## PRIMERA PARTE

ANÁLISIS DE CORREDORES, DEMANDA ESTIMADA  
Y REORDENACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO

**Autor**

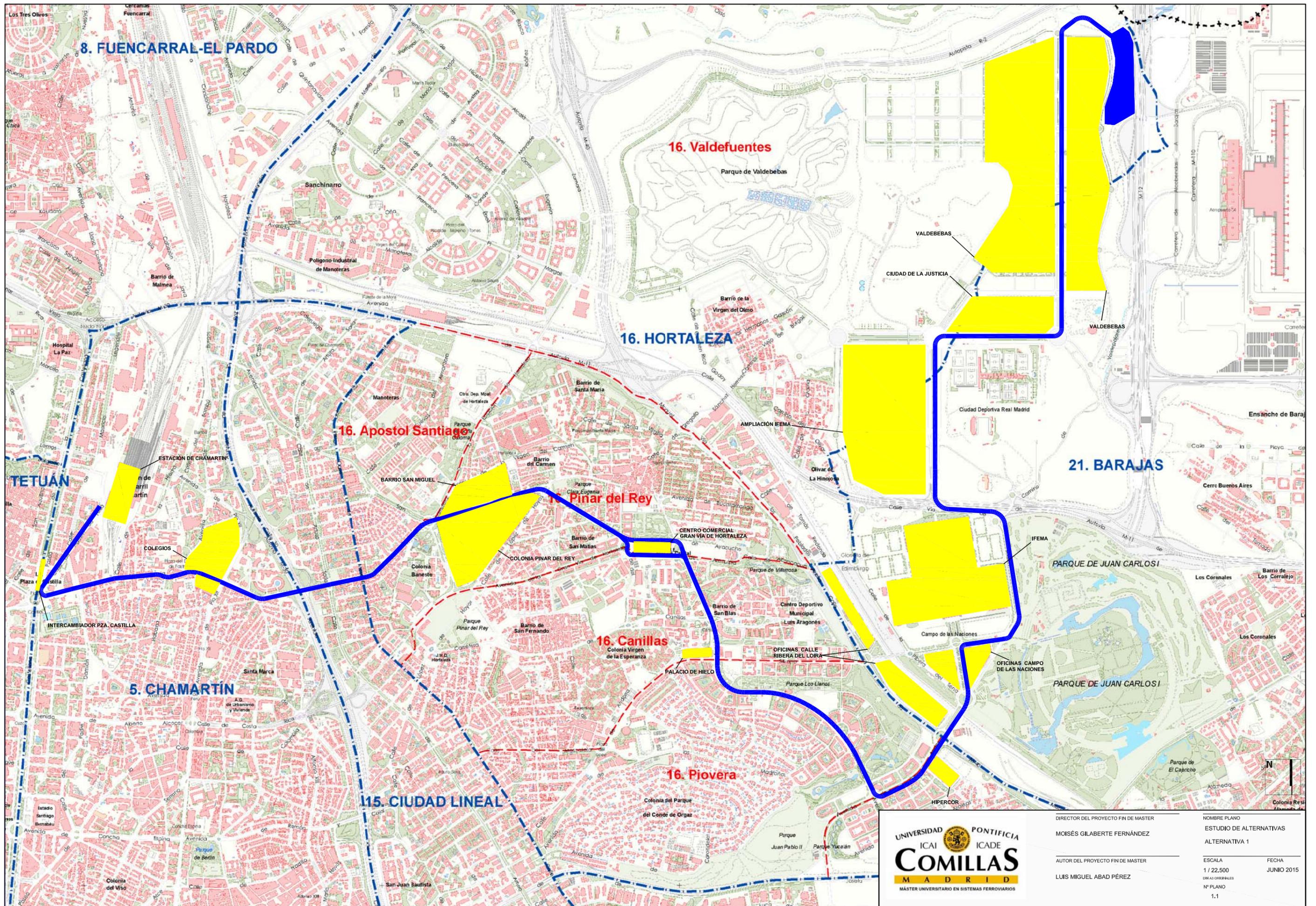
Luis M. Abad Pérez

**Director del trabajo**

Moisés Gilaberte Fernández

## INDICE

- 1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRAZADO
- 2 ESTUDIO DE DEMANDA. RADIOS DE COBERTURA DE LA LÍNEA.
- 3 REORDENACIÓN LÍNEAS BUS



8. FUENCARRAL-EL PARDO

16. Valdefuentes

16. HORTALEZA

16. Apostol Santiago

Pinar del Rey

16. Canillas

16. Piovera

21. BARAJAS

15. CIUDAD LINEAL

5. CHAMARTÍN

TETUAN



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
MOISÉS GLABERTE FERNÁNDEZ

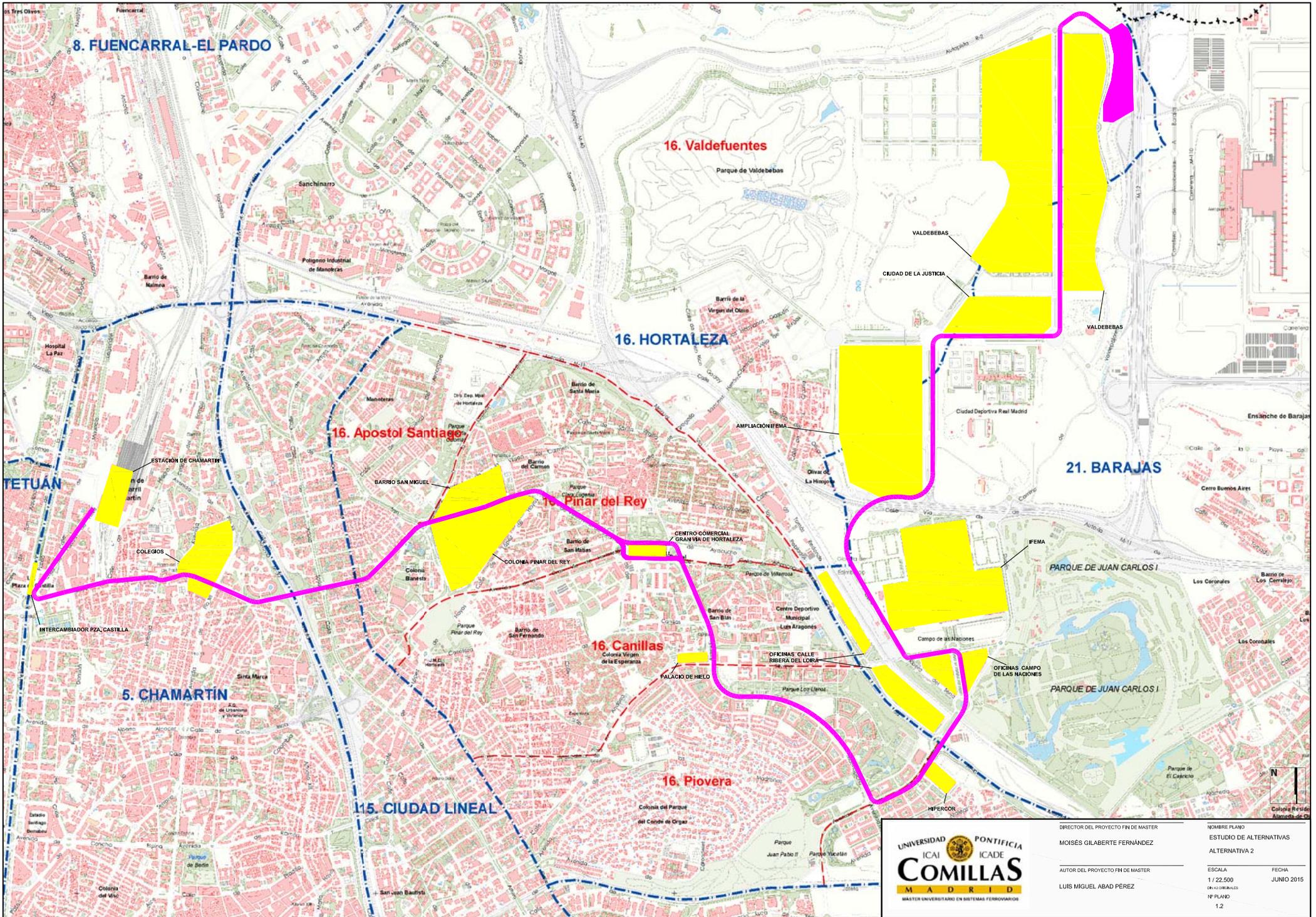
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

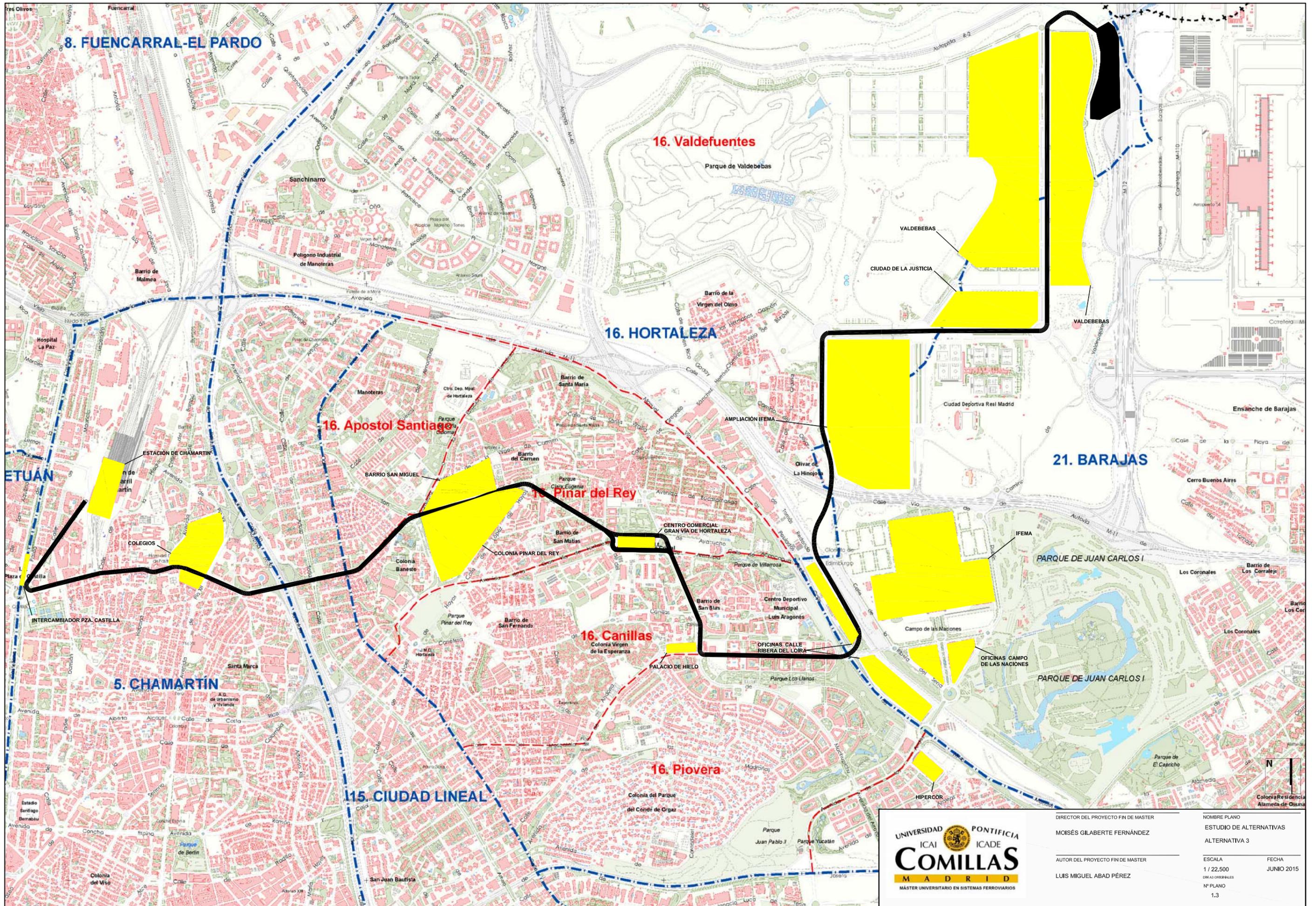
NOMBRE PLANO  
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS  
ALTERNATIVA 1

ESCALA  
1 / 22.500  
DIA A ORDENALES

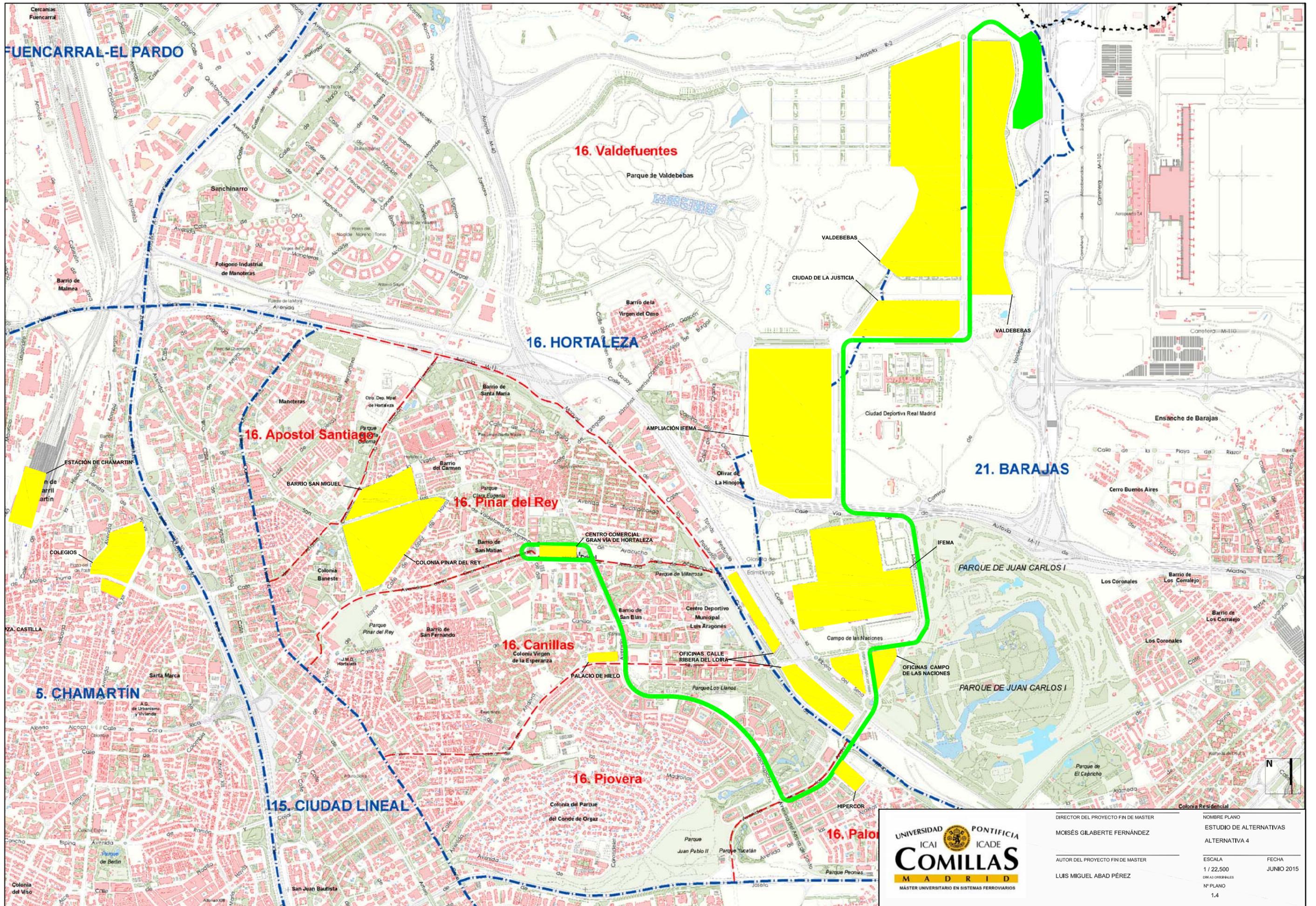
FECHA  
JUNIO 2015

Nº PLANO  
1.1



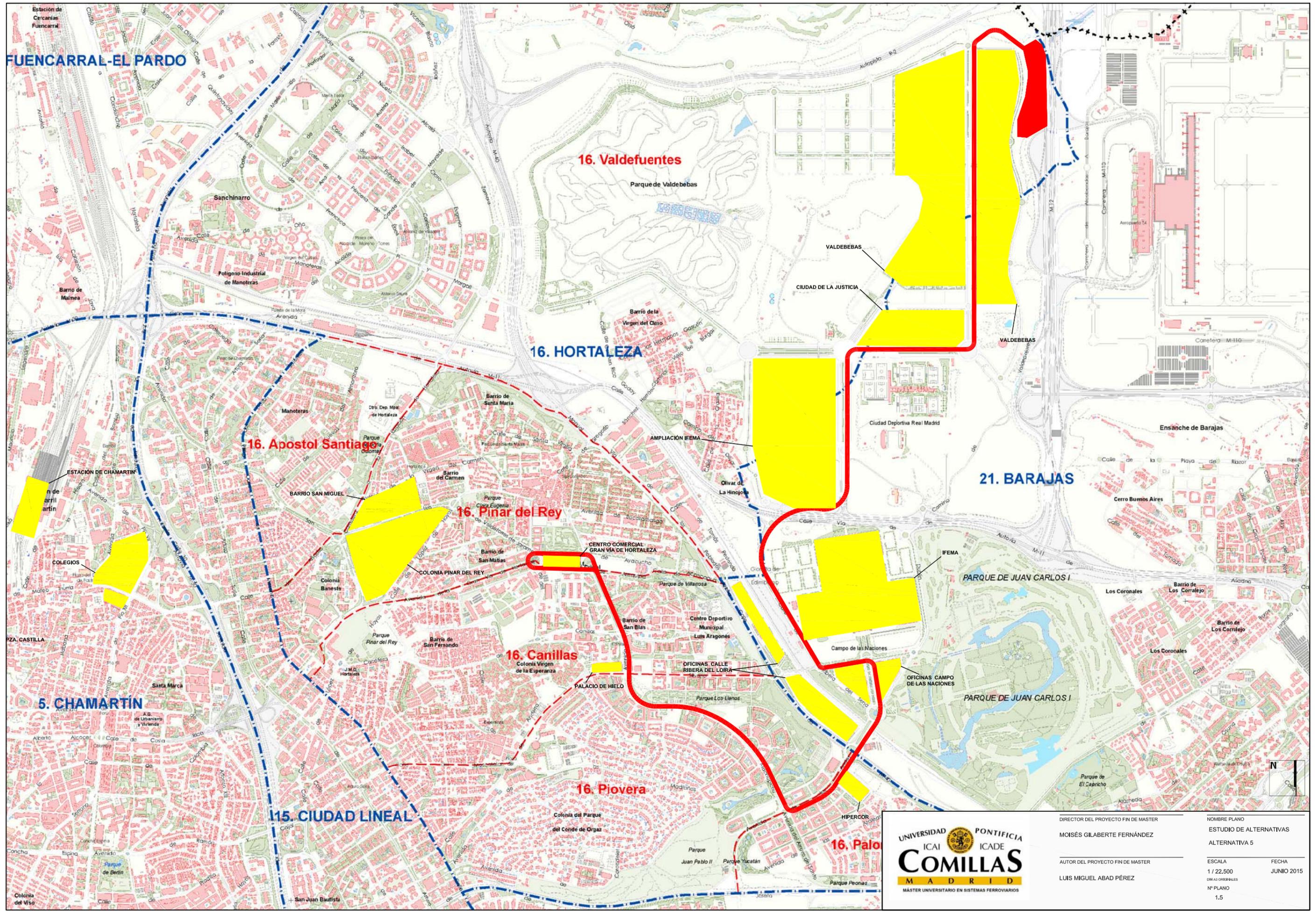


DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	NOMBRE PLANO	
MOISÉS GILBERTE FERNÁNDEZ	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	
	ALTERNATIVA 3	
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	ESCALA	FECHA
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ	1 / 22.500	JUNIO 2015
	DM A ORDENALES	Nº PLANO
		1.3

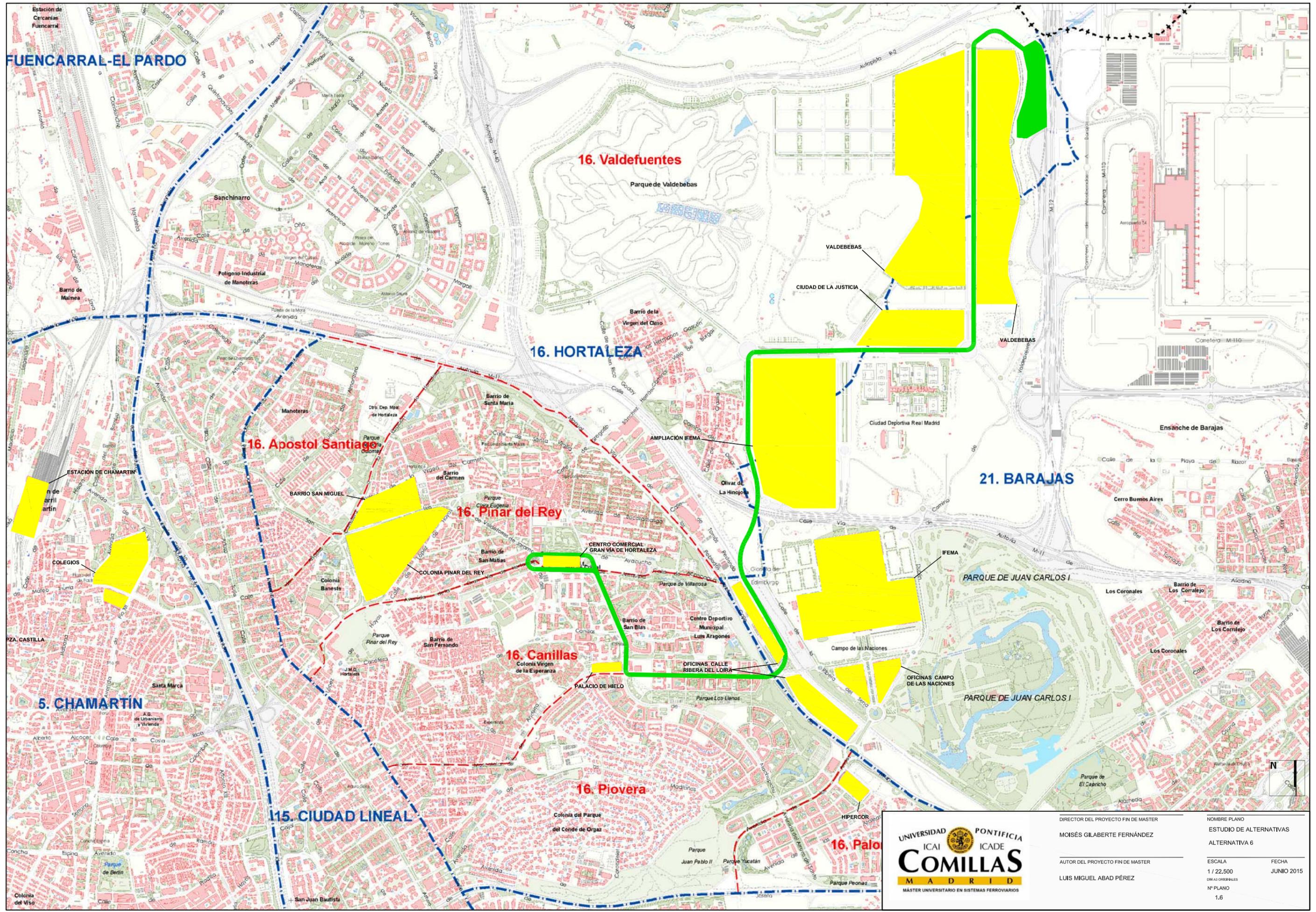


DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	MOISÉS GILBERTE FERNÁNDEZ	NOMBRE PLANO	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ	ESCALA	1 / 22.500
		FECHA	JUNIO 2015
		ORIGENALES	Nº PLANO
			1.4

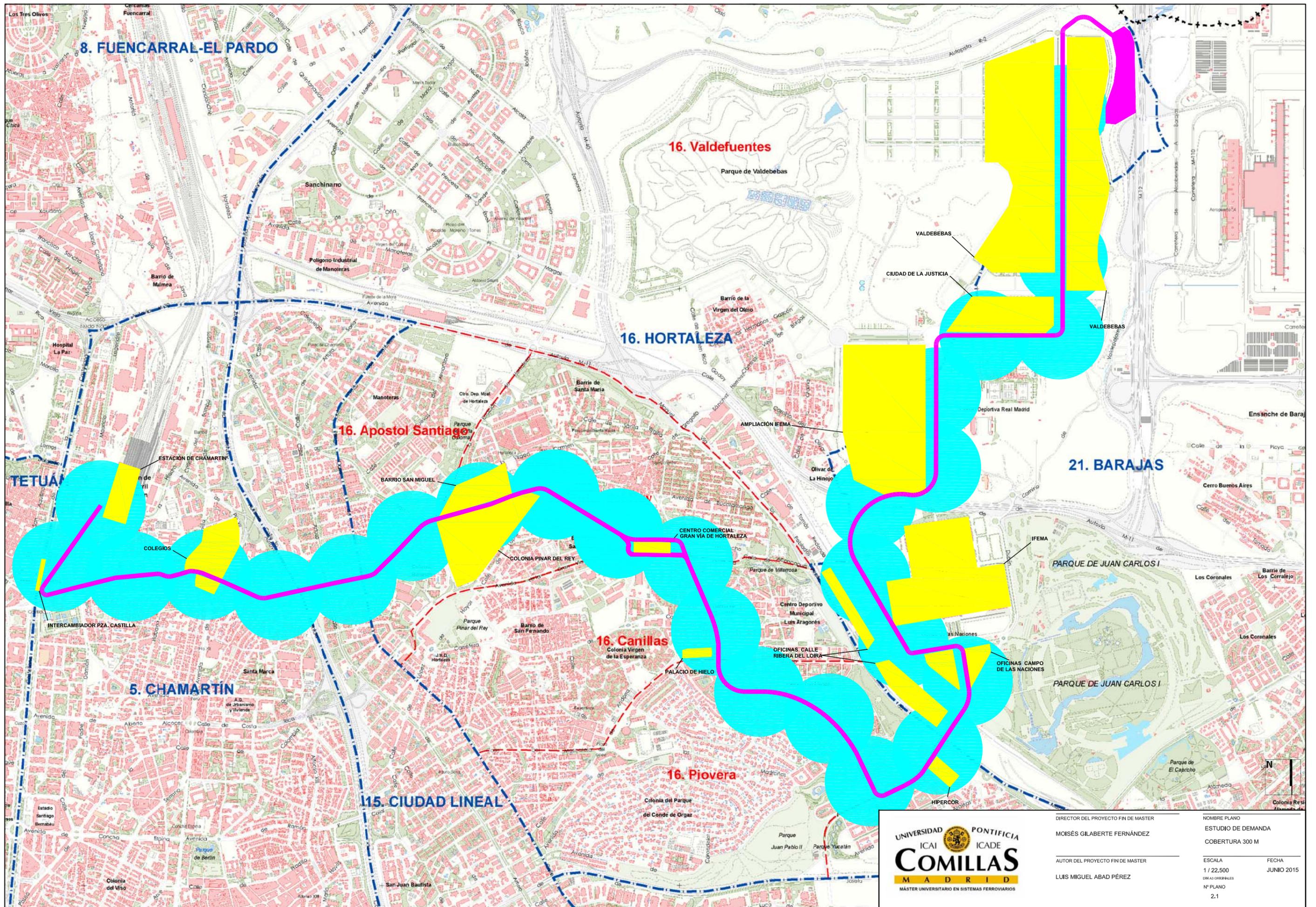




DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	NOMBRE PLANO	
MOISÉS GILBERTE FERNÁNDEZ	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	
	ALTERNATIVA 5	
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	ESCALA	FECHA
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ	1 / 22.500	JUNIO 2015
	DM A3 ORDENALES	Nº PLANO
		1.5



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	NOMBRE PLANO	
MOISÉS GILBERTE FERNÁNDEZ	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	
	ALTERNATIVA 6	
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	ESCALA	FECHA
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ	1 / 22.500	JUNIO 2015
	DM A3 ORDENALES	Nº PLANO
		1.6



8. FUENCARRAL-EL PARDO

16. Valdefuentes

16. HORTALEZA

16. Apostol Santiago

21. BARAJAS

TETUAN

COLEGIOS

5. CHAMARTÍN

16. Canillas

16. Pjovera

15. CIUDAD LINEAL



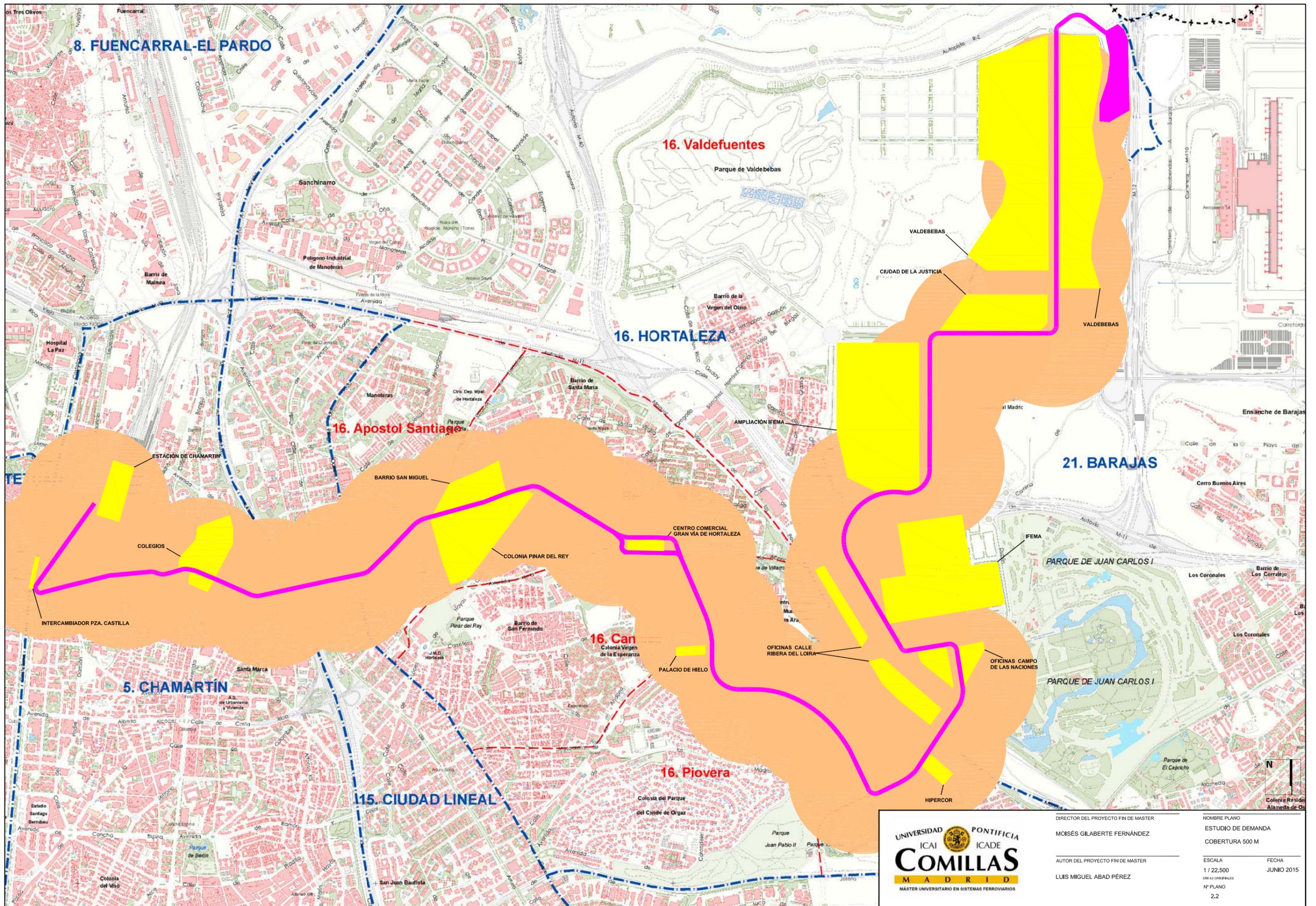
DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
MOISÉS GLABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
ESTUDIO DE DEMANDA  
COBERTURA 300 M

ESCALA  
1 / 22.500  
DIA 13 ORDENALES  
Nº PLANO  
2.1

FECHA  
JUNIO 2015



8. FUENCARRAL-EL PARDO

16. Valdefuentes

16. HORTALEZA

16. Apostol Santiago

21. BARAJAS

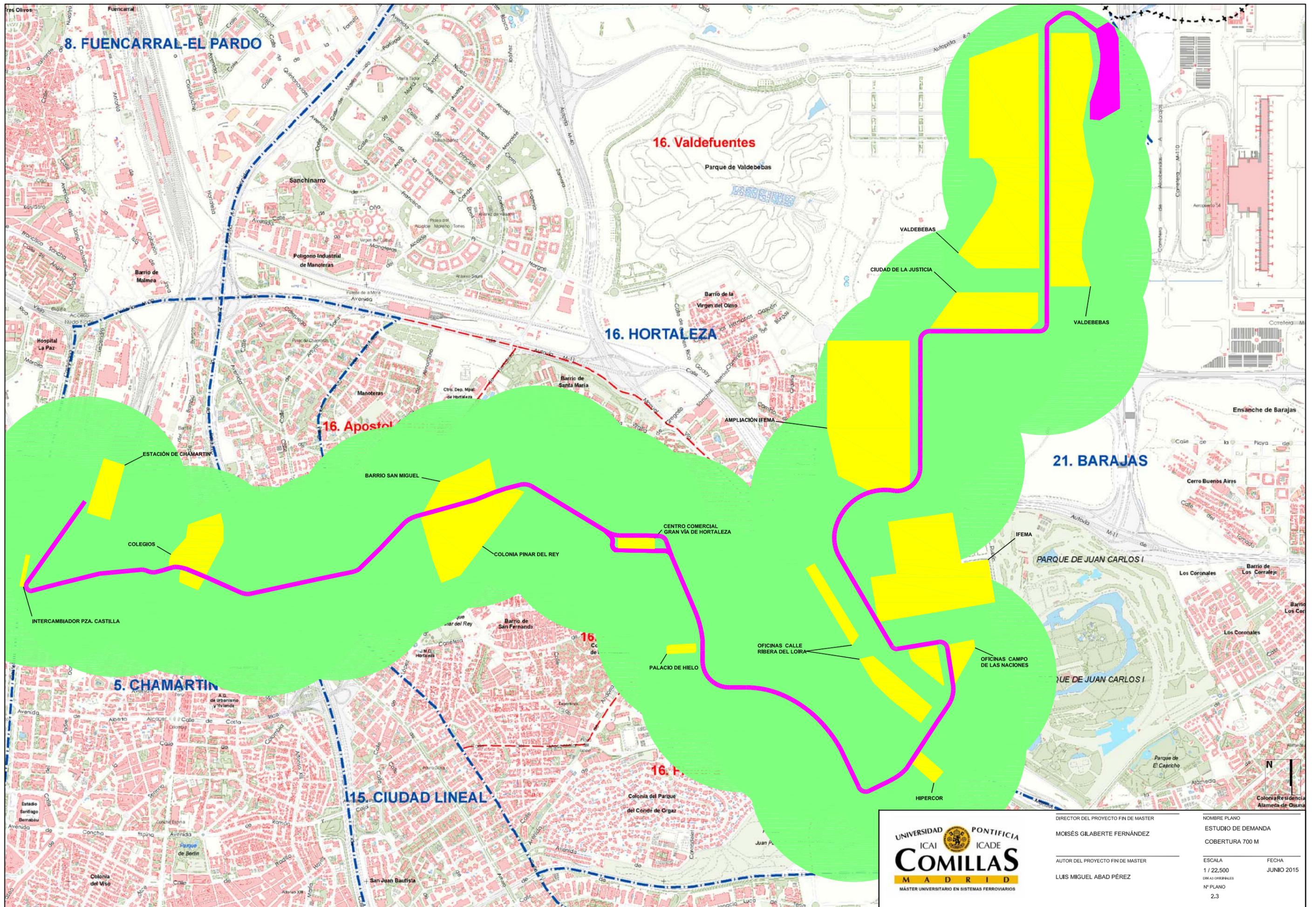
5. CHAMARTÍN

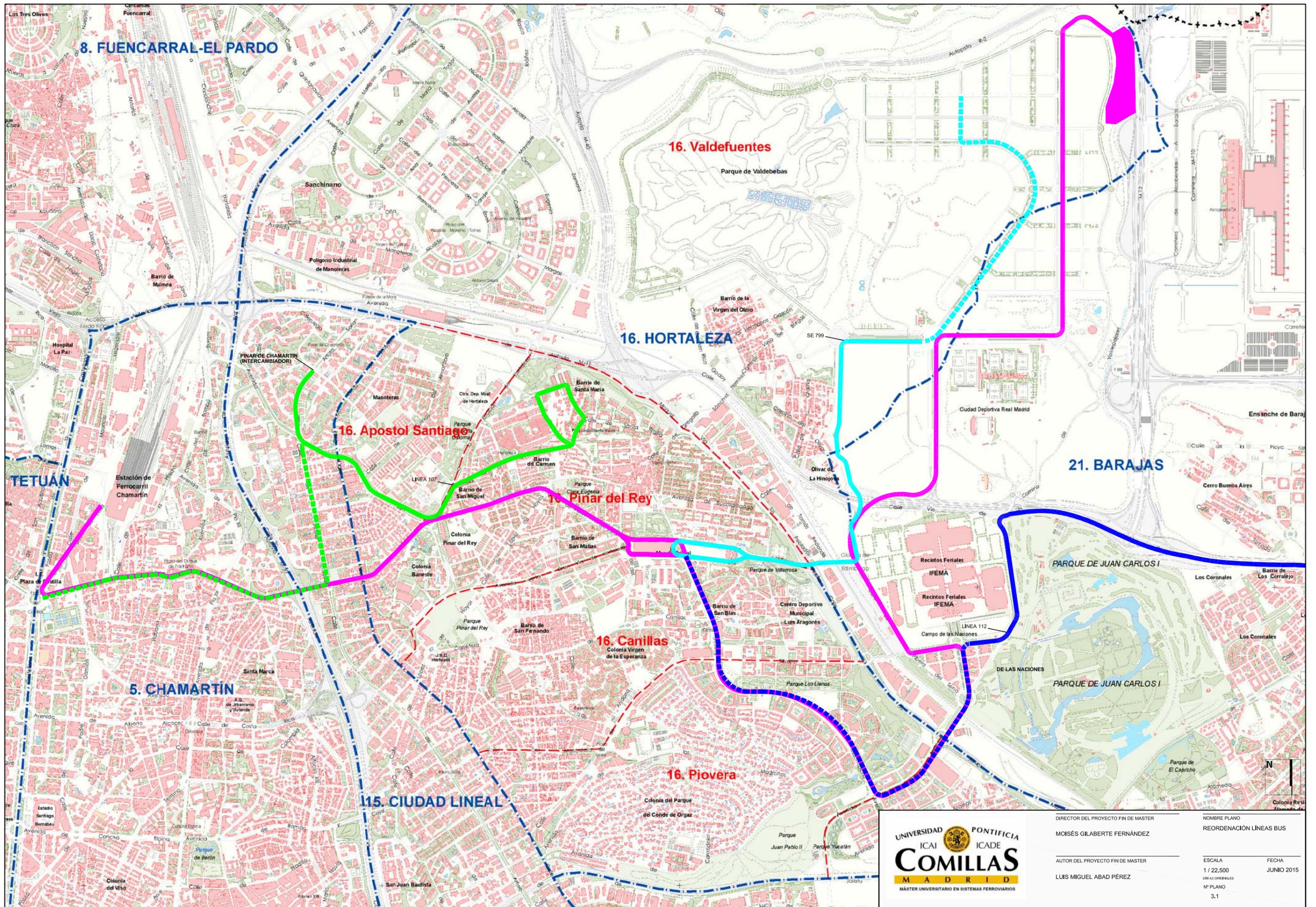
15. CIUDAD LINEAL

16. Piovera



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	NOMBRE PLANO
MOISÉS GILBERTE FERNÁNDEZ	ESTUDIO DE DEMANDA
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	COBERTURA 500 M
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ	ESCALA
	1 / 22.500
	FECHA
	08/01/2015
	Nº PLANO
	2.2





DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	NOMBRE PLANO
MOISÉS GLABERTE FERNÁNDEZ	REORDENACIÓN LINEAS BUS
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER	ESCALA
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ	1 / 22.500
	FECHA
	JUNIO 2015
	Nº PLANO
	3.1



## SEGUNDA PARTE

DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL TRAZADO EN LA TRAMA URBANA  
Y DISEÑO FUNCIONAL DE LOS TALLERES Y COCHERAS

**Autor**

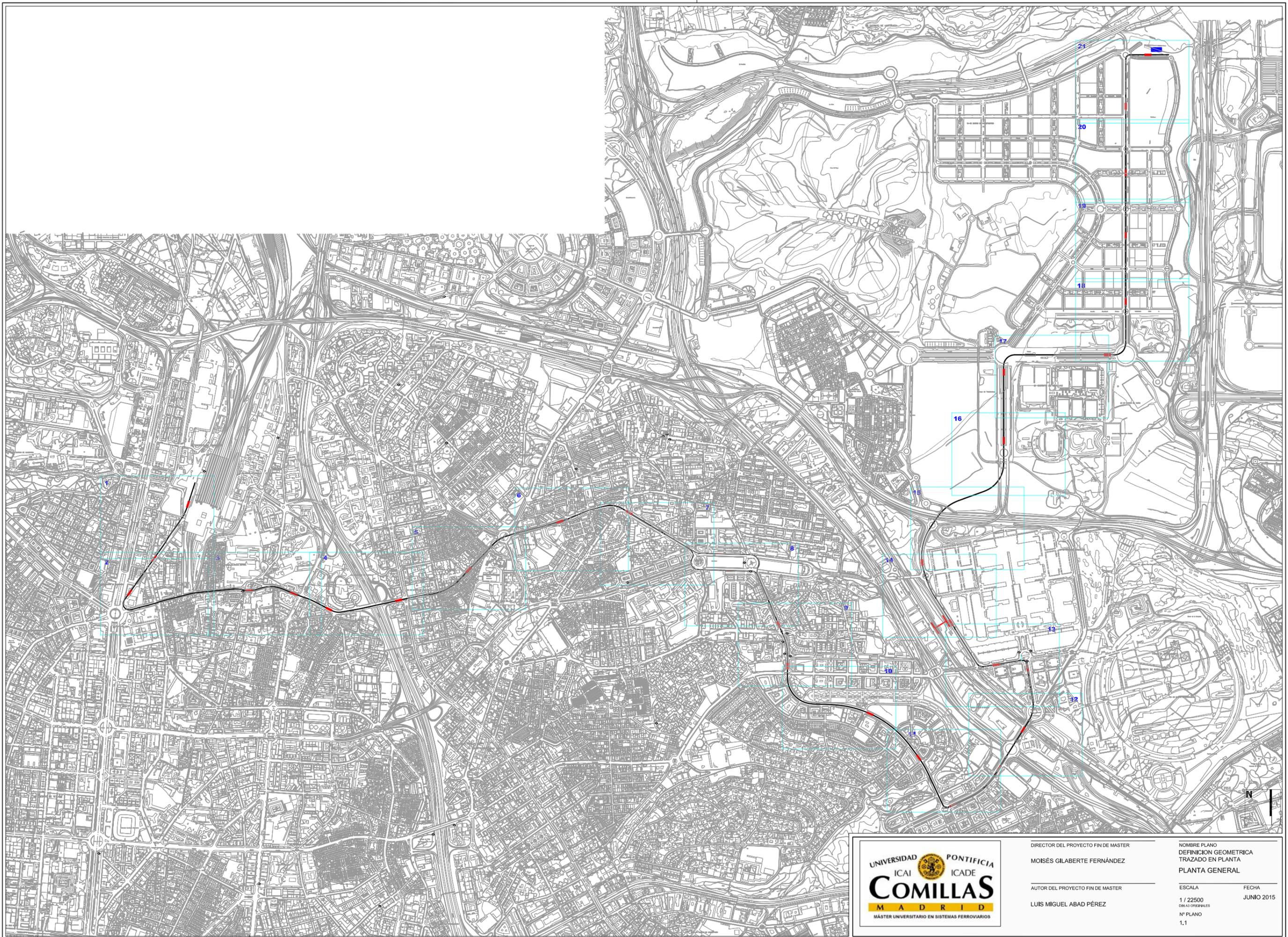
Luis M. Abad Pérez

**Director del trabajo**

Moisés Gilaberte Fernández

## INDICE

- 1 PLANTA GENERAL
- 2 TRAZADO EN PLANTA
- 3 TRAZADO EN ALZADO
- 4 TALLERES Y COCHERAS



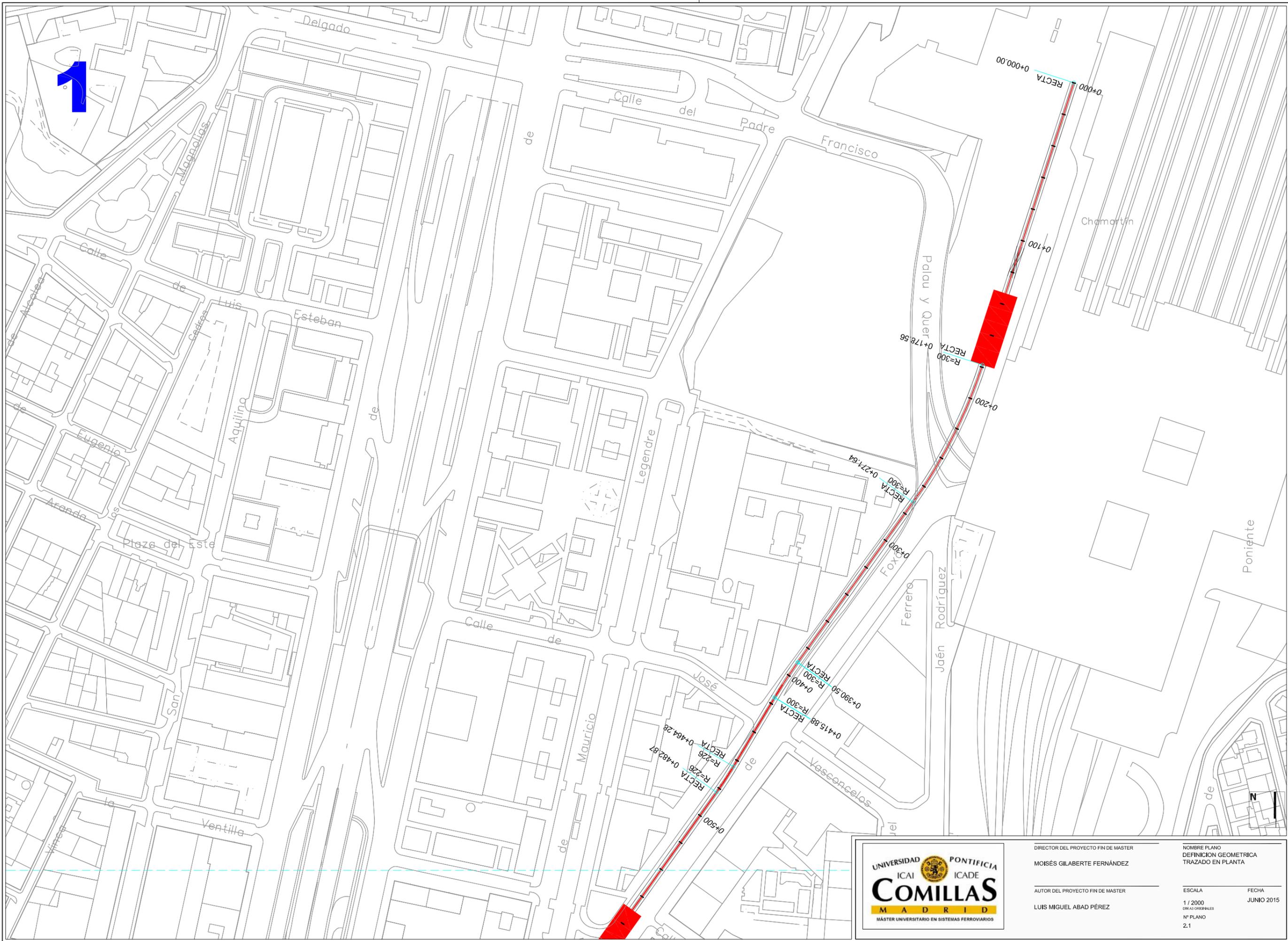
DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 MOISÉS GILBERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
 TRAZADO EN PLANTA  
 PLANTA GENERAL

ESCALA  
 1 / 22500  
 ORAS ORDENALES  
 N° PLANO  
 1,1

FECHA  
 JUNIO 2015



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

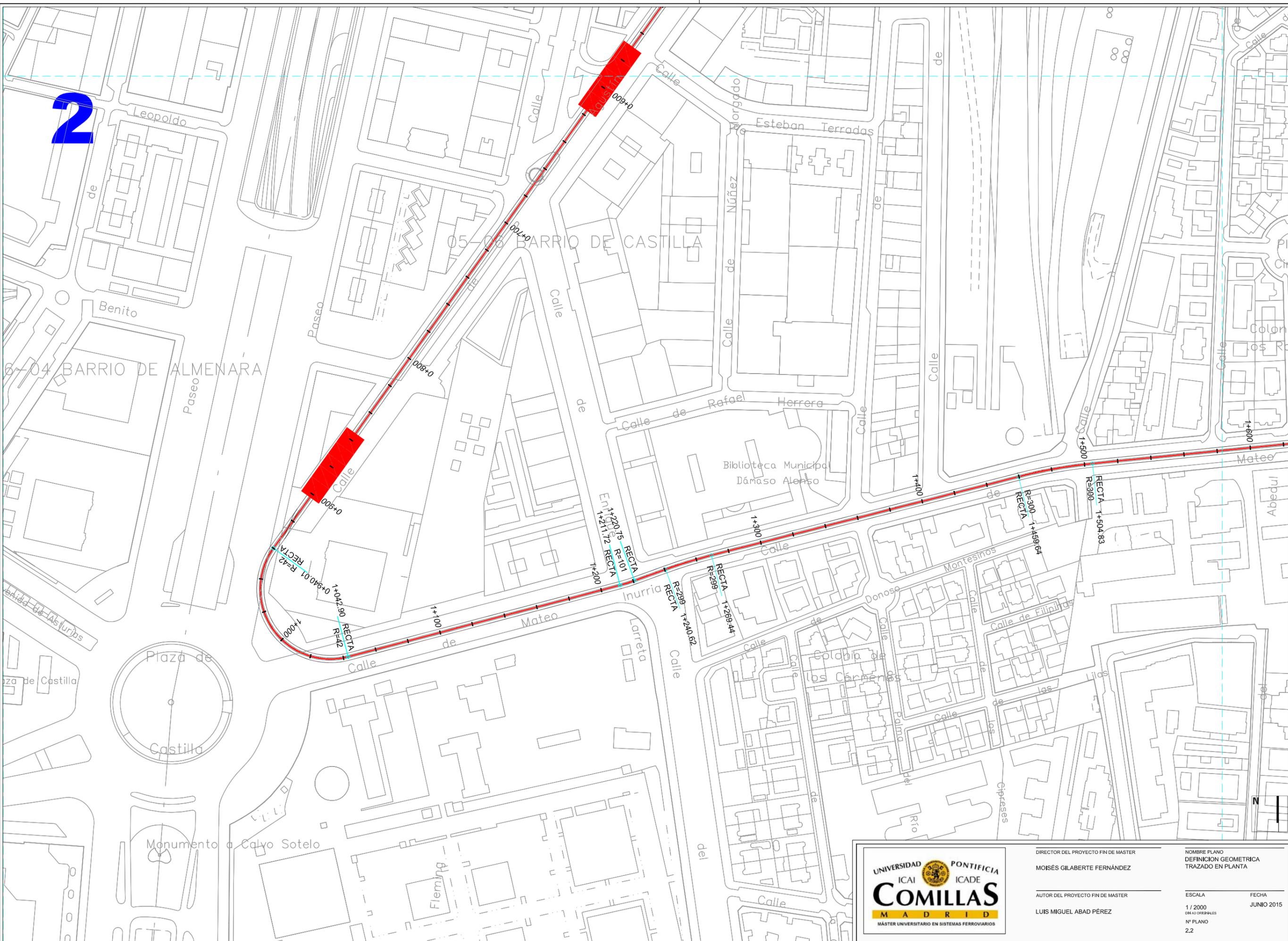
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
 TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
 1 / 2000  
 Nº PLANO  
 2.1

FECHA  
 JUNIO 2015

2



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
 TRAZADO EN PLANTA

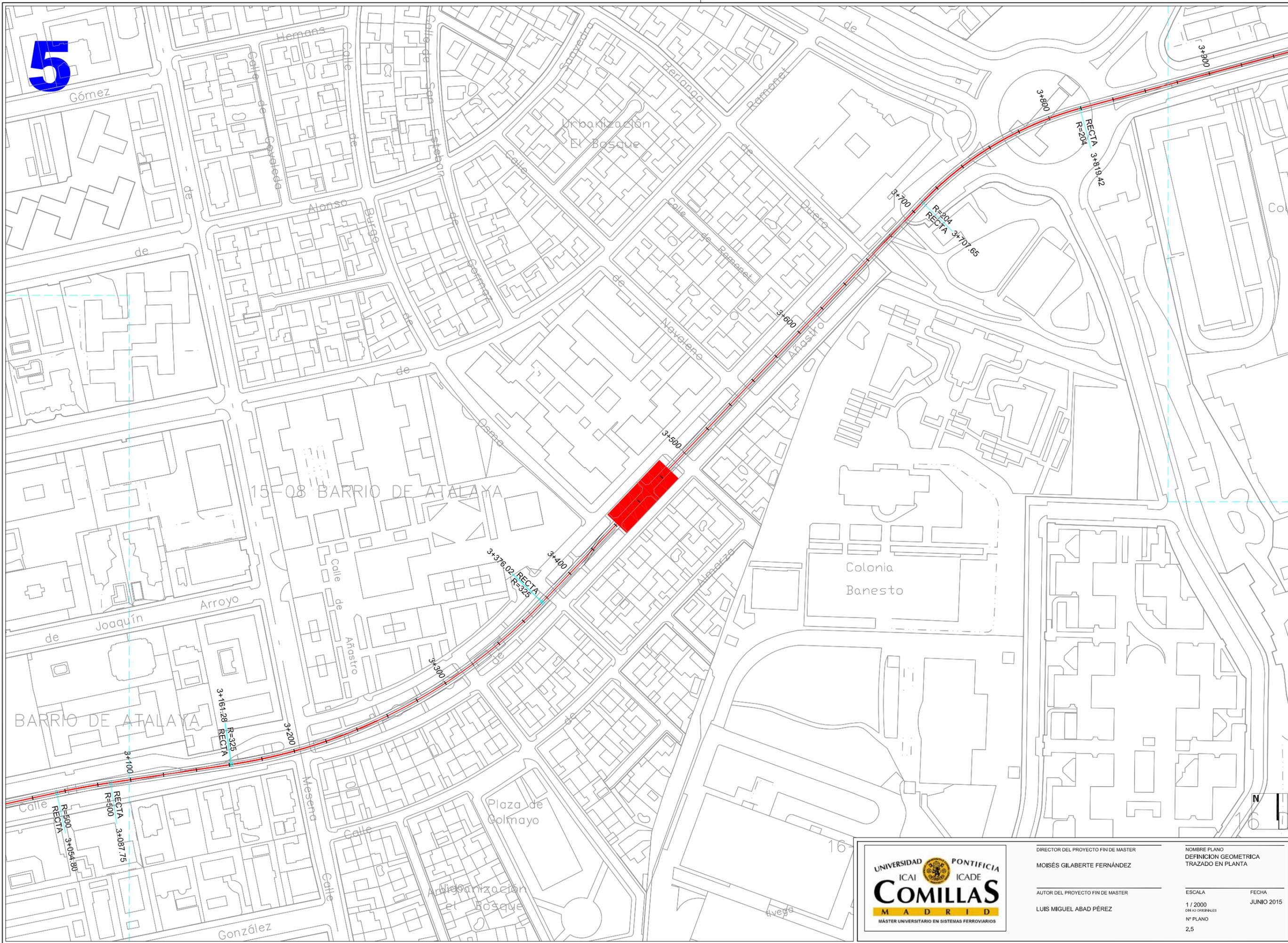
ESCALA  
 1 / 2000  
 ORÍGENES  
 Nº PLANO  
 2.2

FECHA  
 JUNIO 2015





5



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

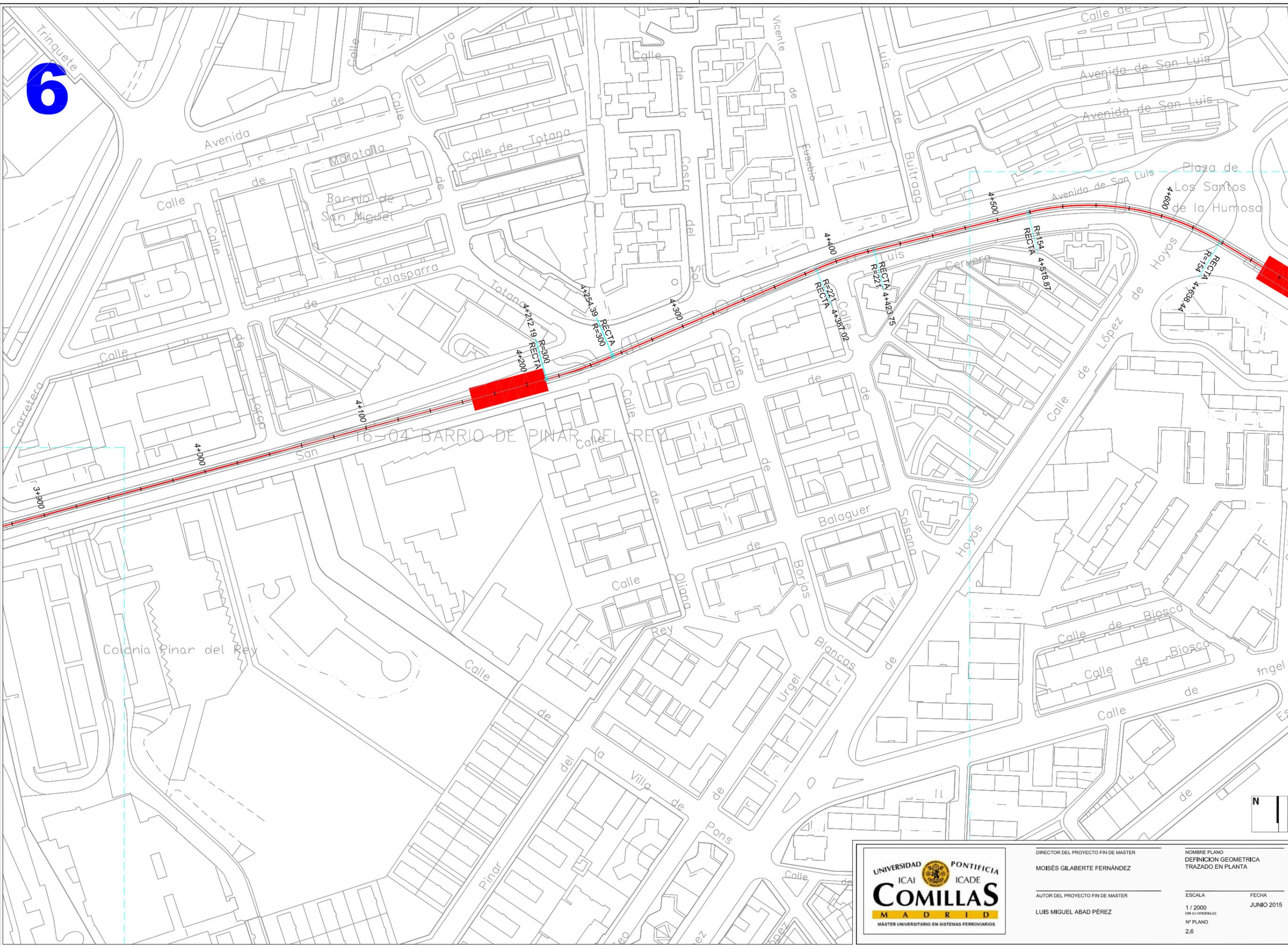
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
 TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
 1 / 2000  
 DN AS ORDINALES  
 Nº PLANO  
 2.5

FECHA  
 JUNIO 2015

6



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

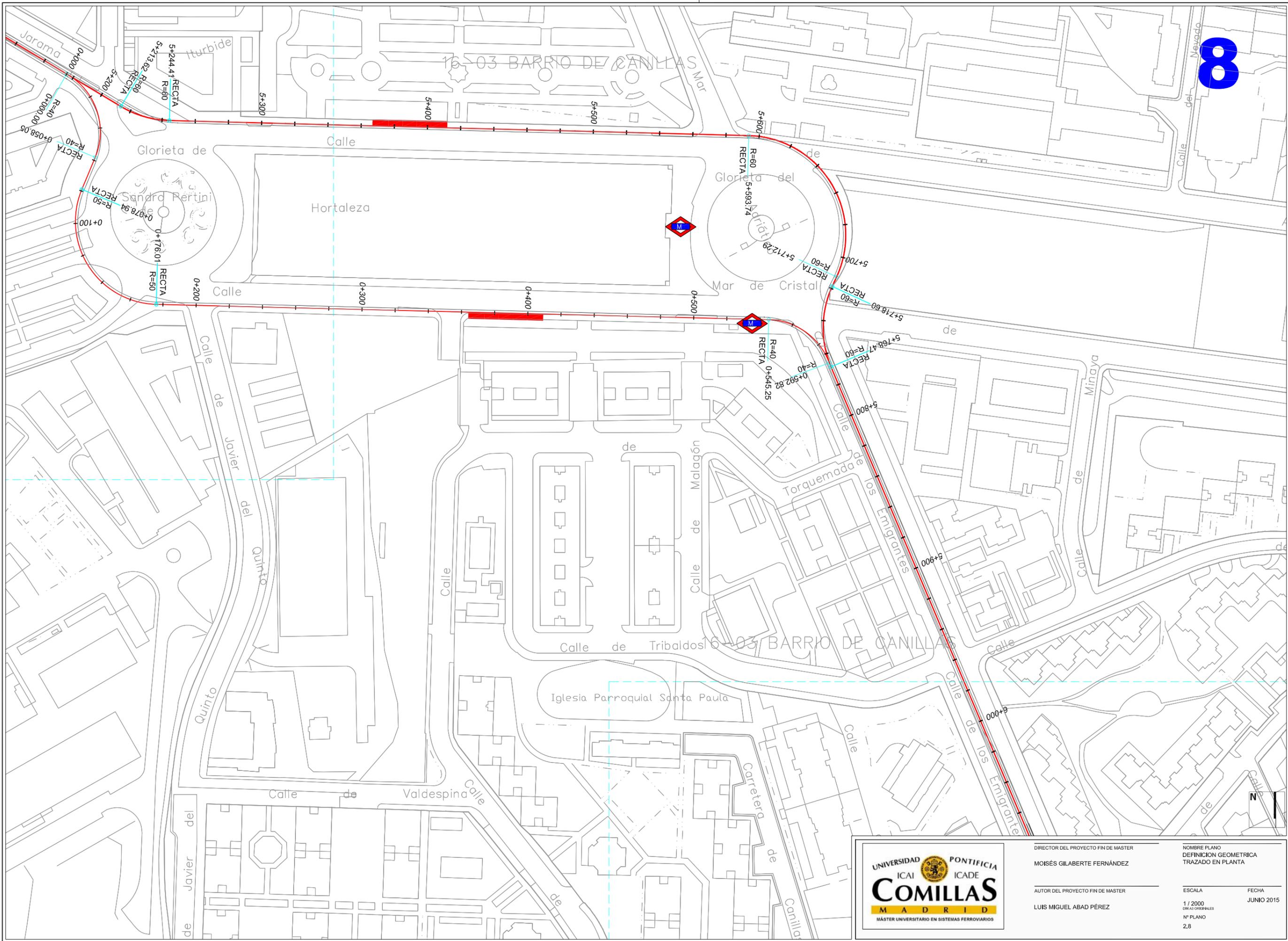
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DIN A3 ORDENALES  
Nº PLANO  
2.6

FECHA  
JUNIO 2015





DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER

MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER

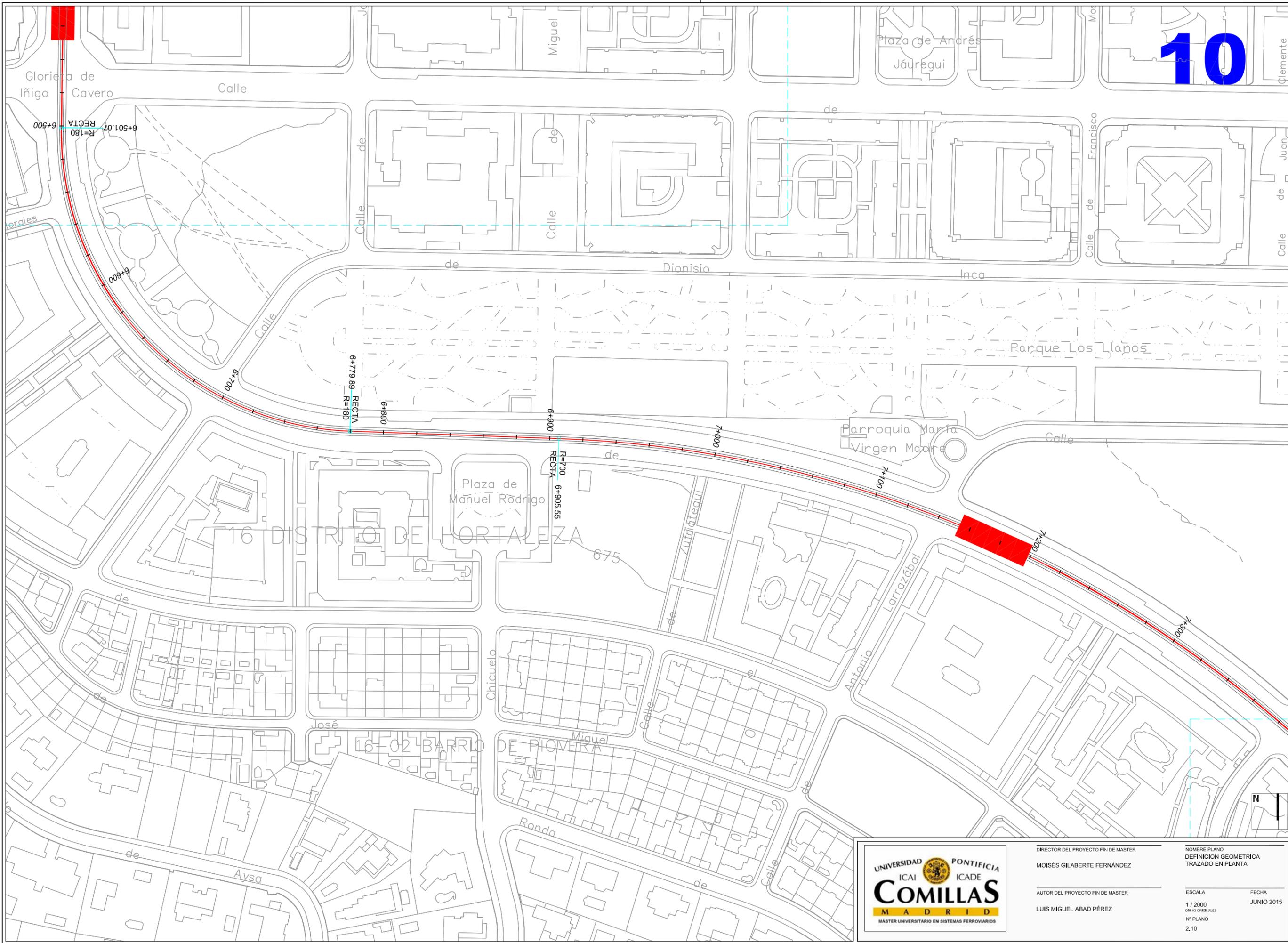
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA	FECHA
1 / 2000 ON 33 ORDENALES	JUNIO 2015
Nº PLANO	
2,8	



10



16 DISTRITO DE FORTALEZA

16-02 BARRIO DE PLOVERA



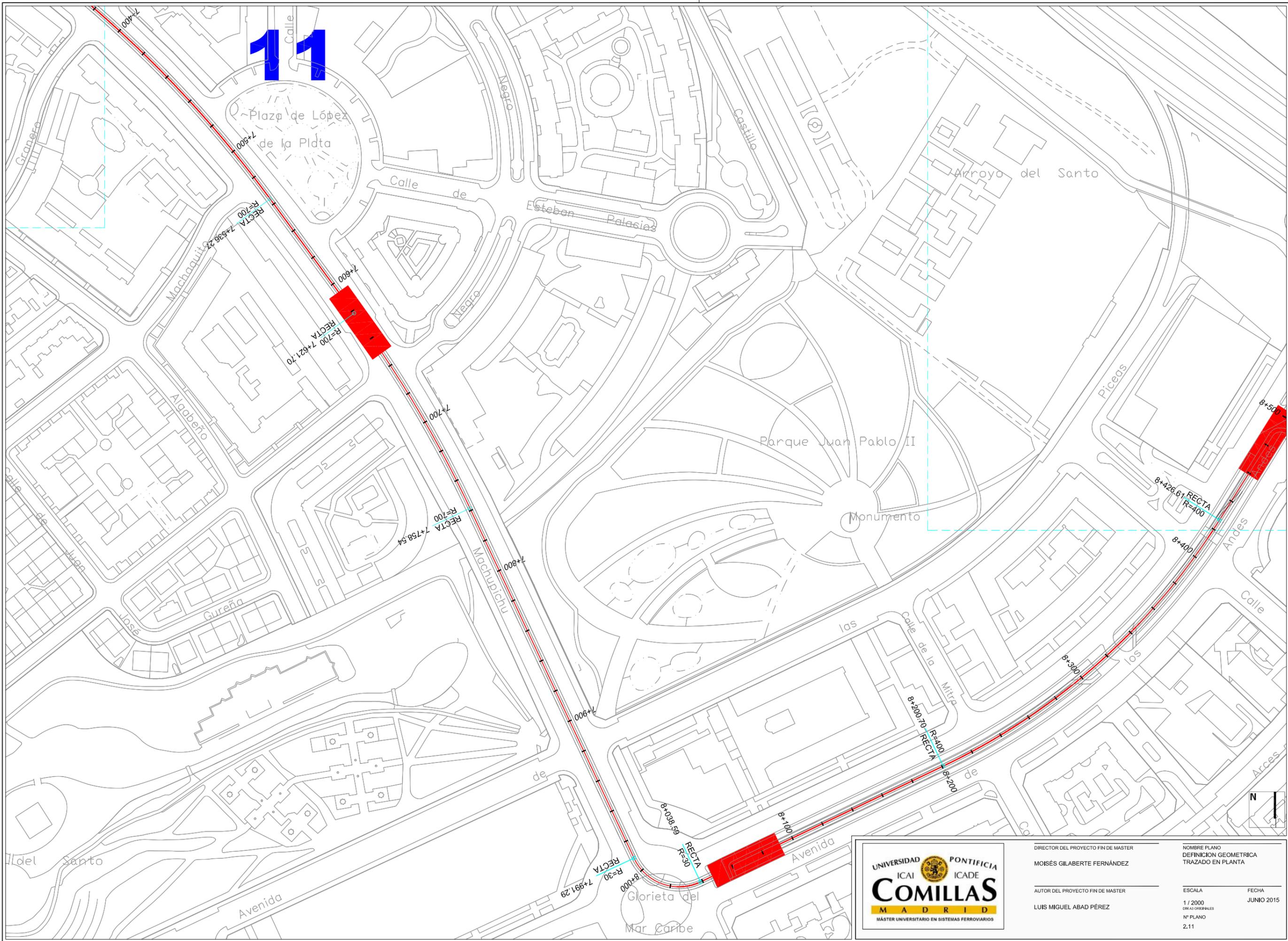
DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
 MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
 DEFINICION GEOMETRICA  
 TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
 1 / 2000  
 DN AS ORDINALES  
 Nº PLANO  
 2.10

FECHA  
 JUNIO 2015



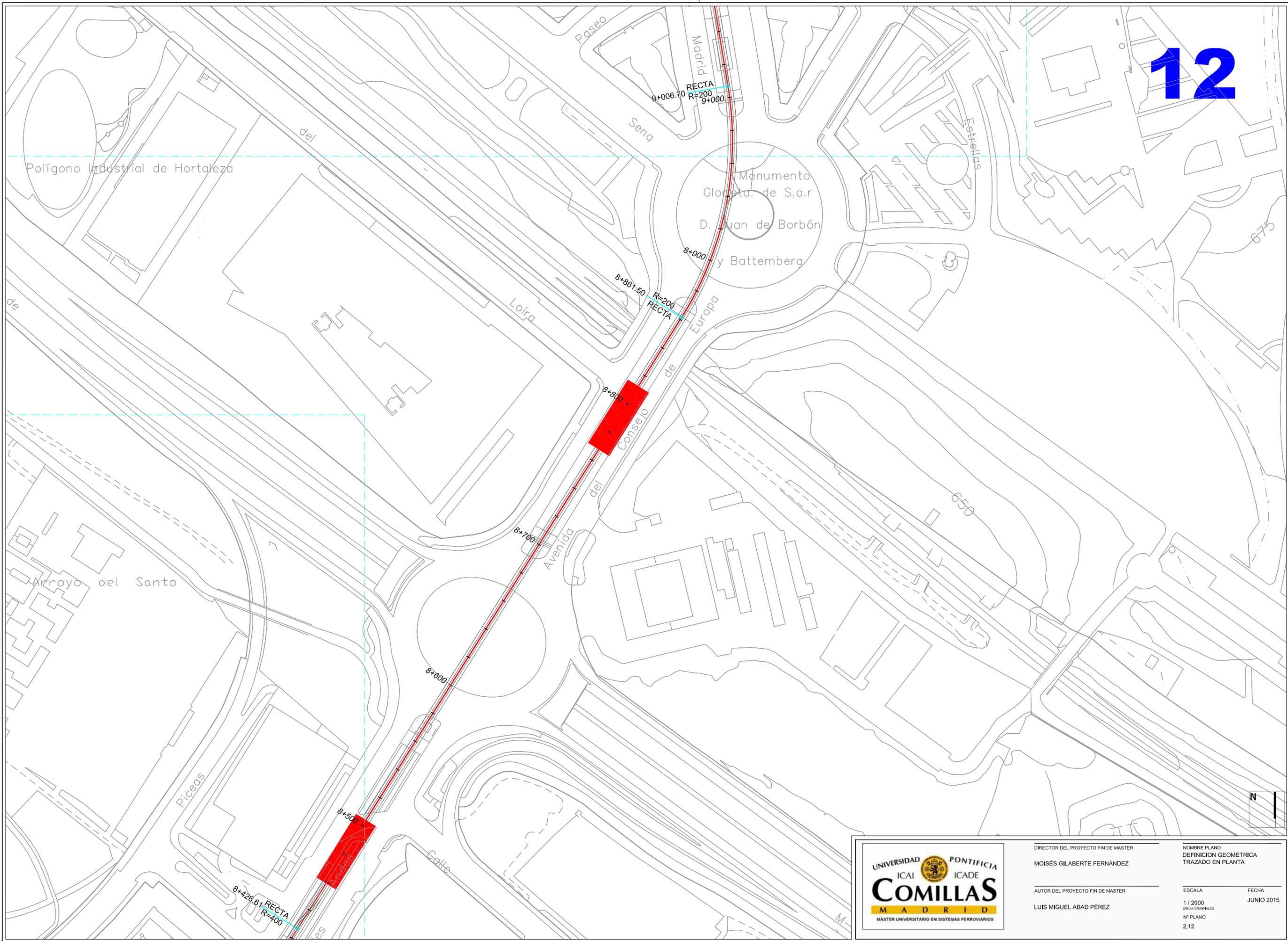
DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
 TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
 1 / 2000  
 DN AS ORIGINALES  
 Nº PLANO  
 2.11

FECHA  
 JUNIO 2015



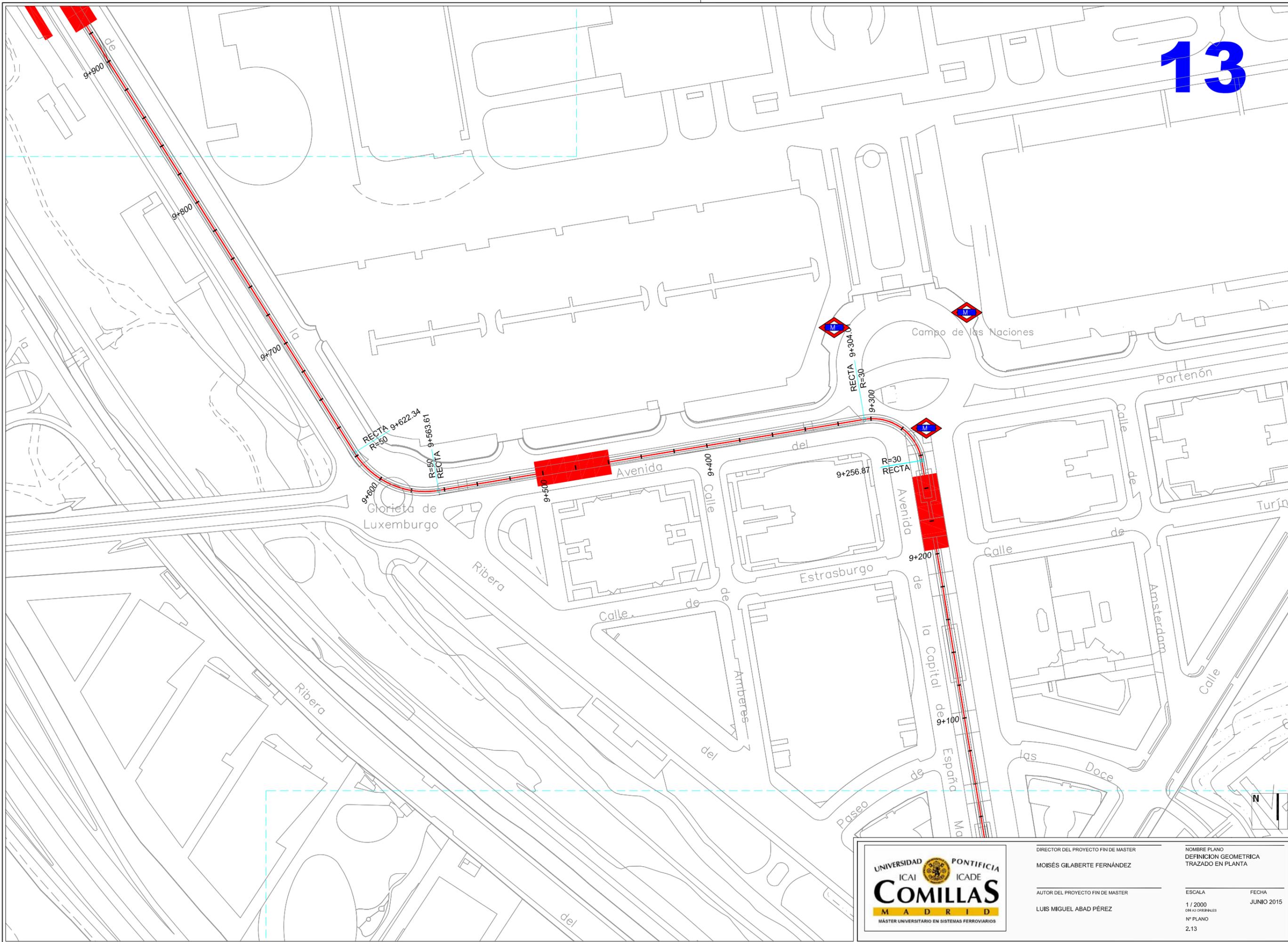
DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DIN A3 ORIENTALES  
Nº PLANO  
2.12

FECHA  
JUNIO 2015



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

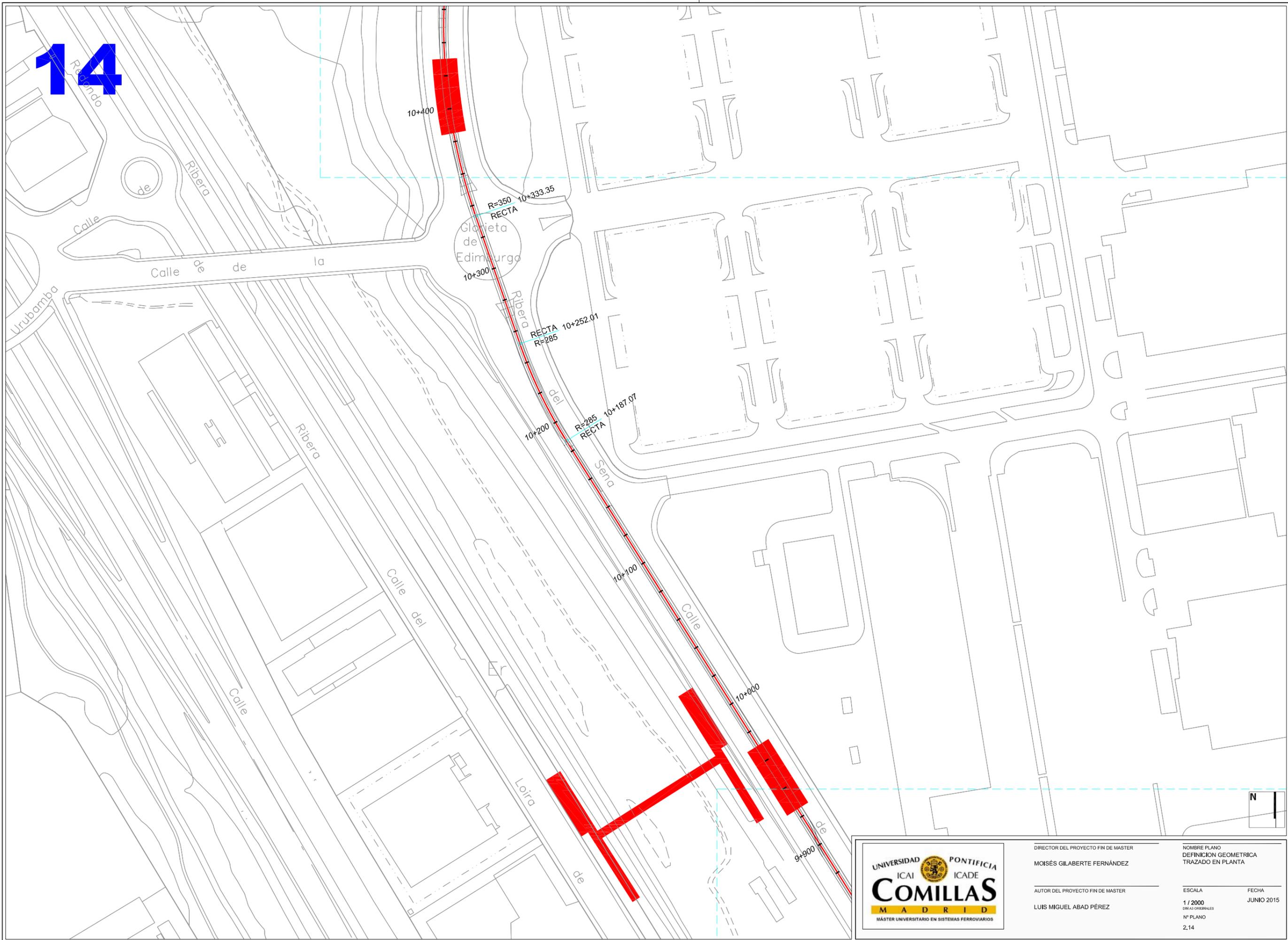
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
 TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
 1 / 2000  
 Nº PLANO  
 2.13

FECHA  
 JUNIO 2015

14



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
 MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

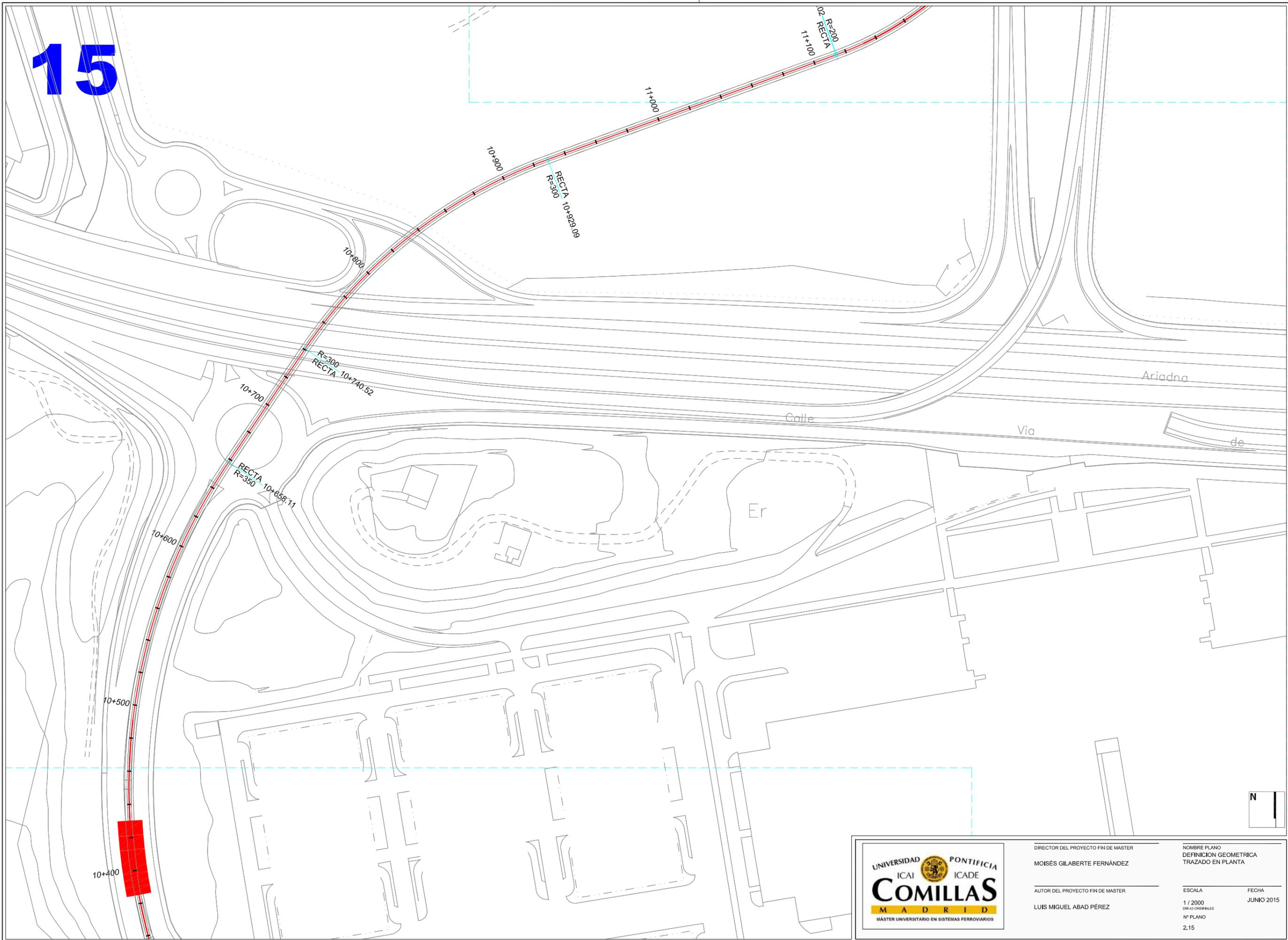
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
 DEFINICION GEOMETRICA  
 TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
 1 / 2000  
 DN AS ORIGINALES  
 Nº PLANO  
 2.14

FECHA  
 JUNIO 2015

# 15



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER

MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER

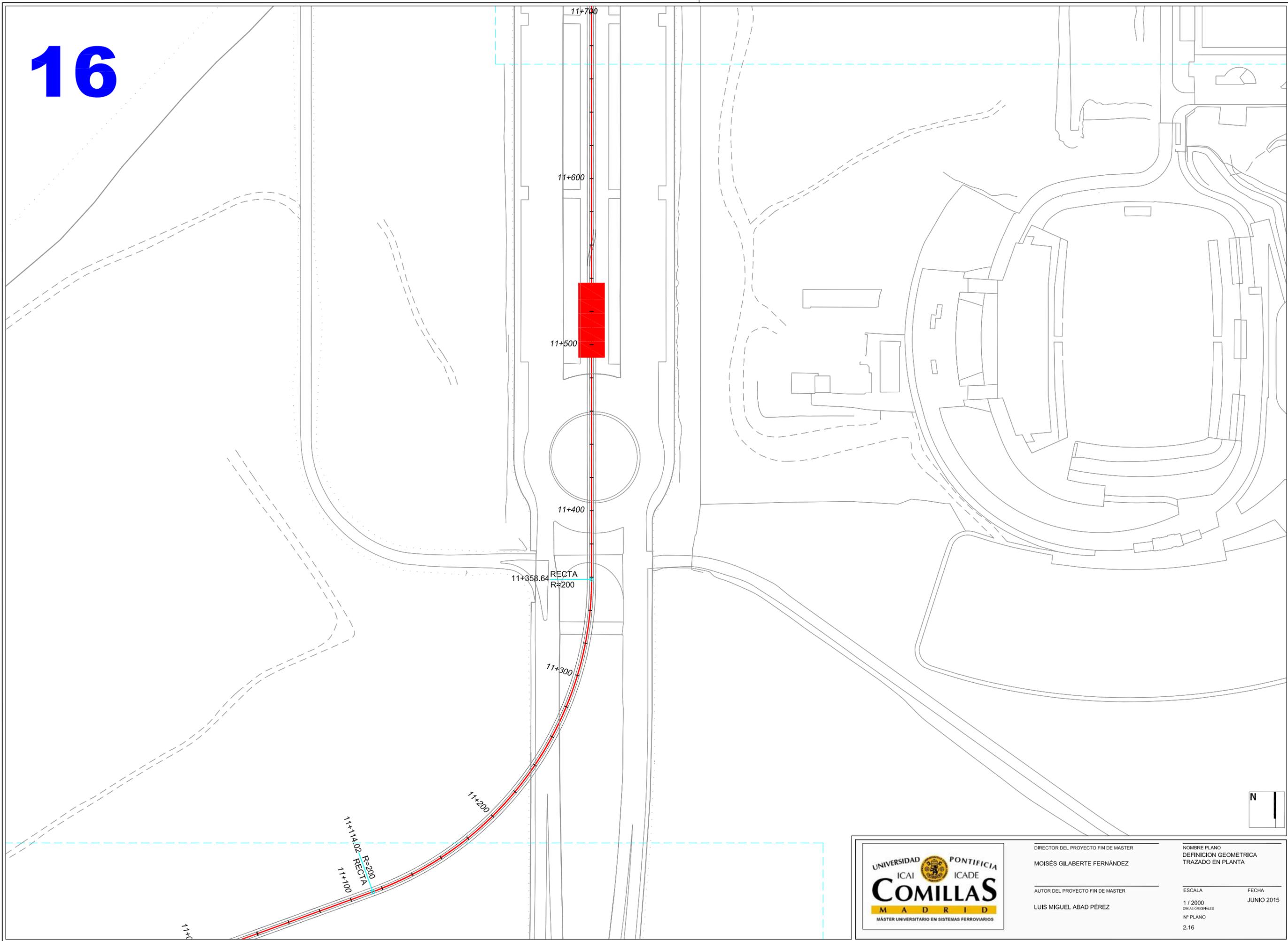
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DIN A3 ORDENALES  
Nº PLANO  
2.15

FECHA  
JUNIO 2015

# 16



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

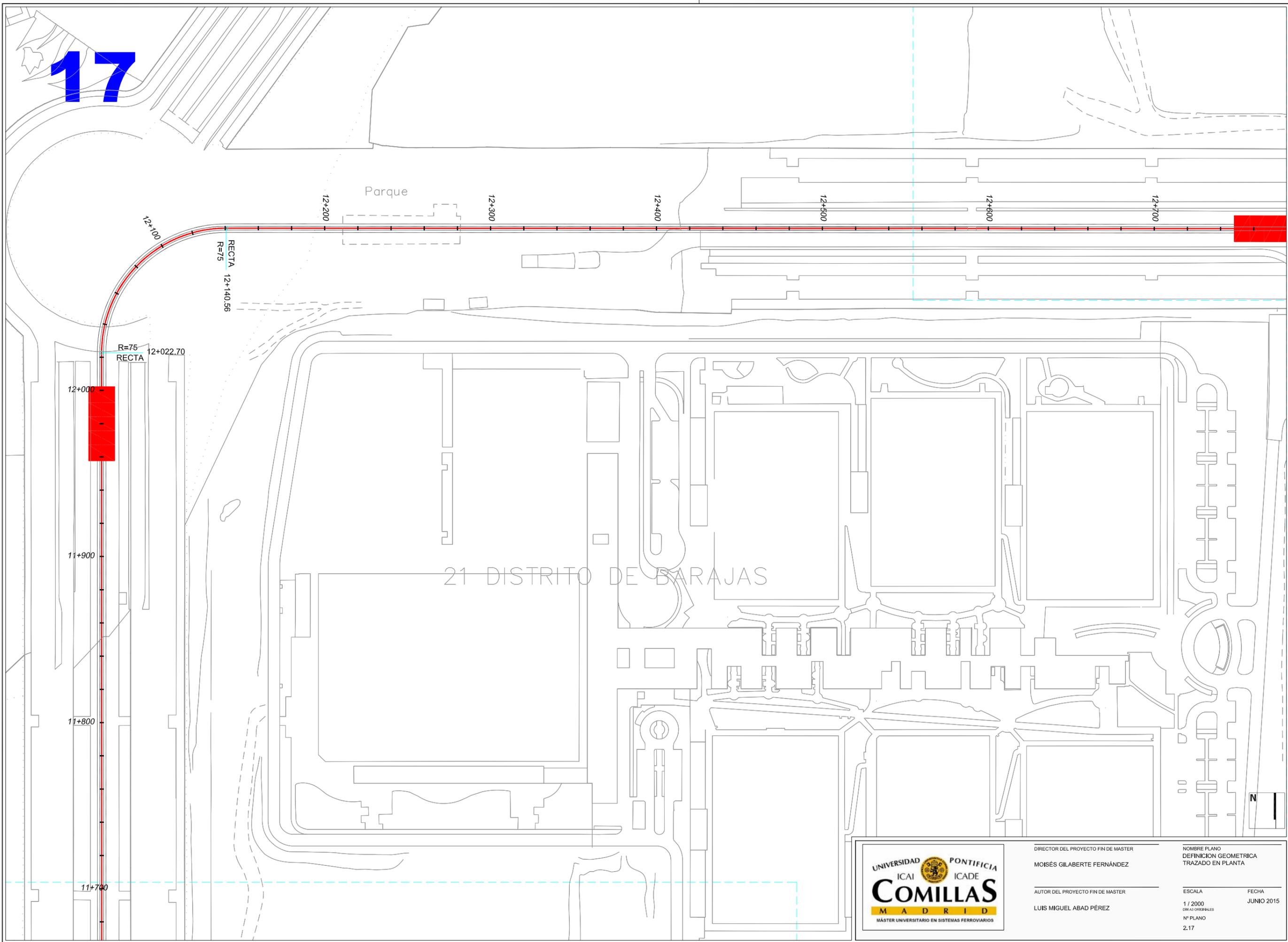
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DIN A3 ORDENALES  
Nº PLANO  
2.16

FECHA  
JUNIO 2015

# 17



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

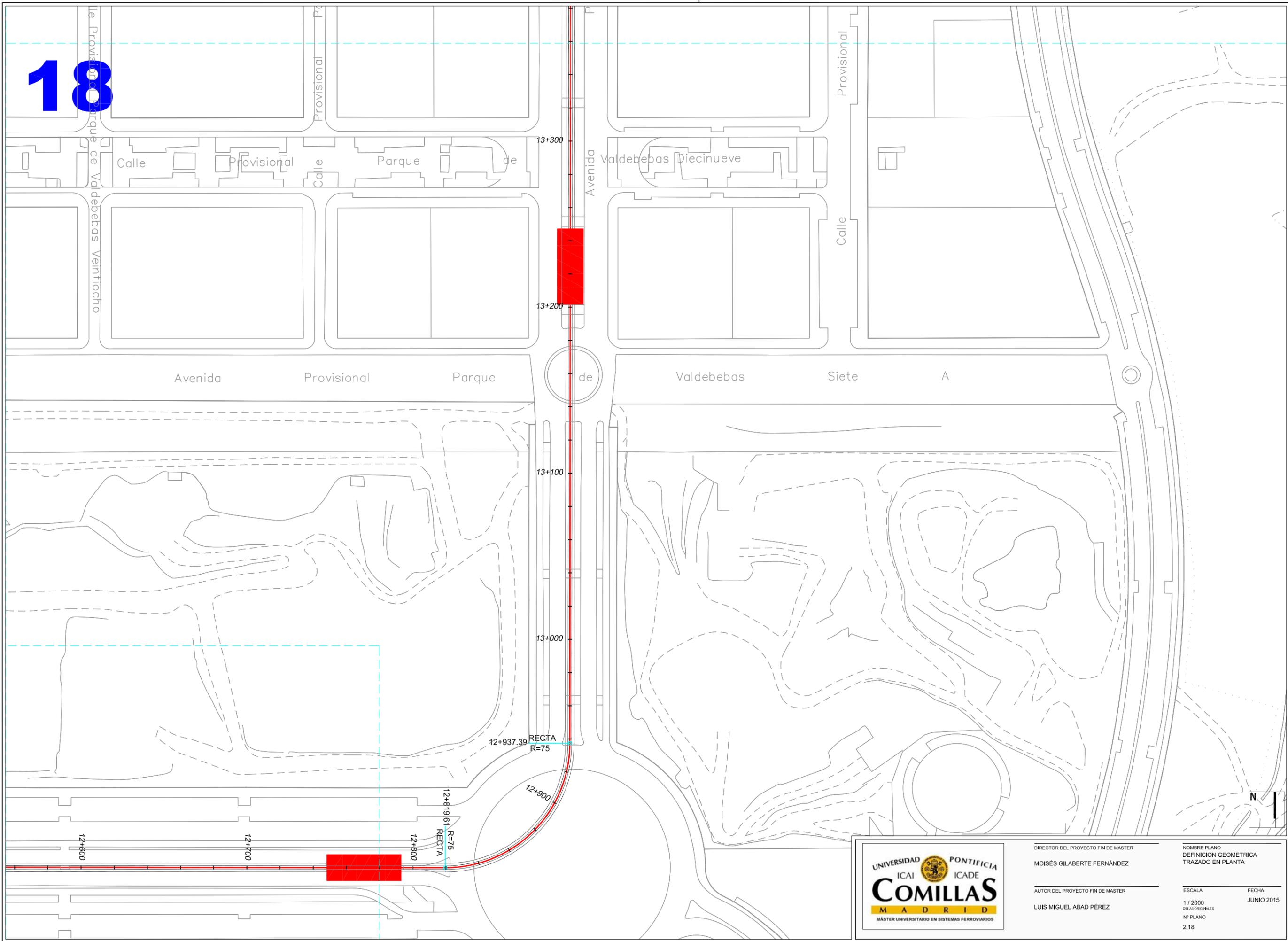
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICION GEOMETRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DIN AS ORDENALES  
Nº PLANO  
2.17

FECHA  
JUNIO 2015

# 18



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

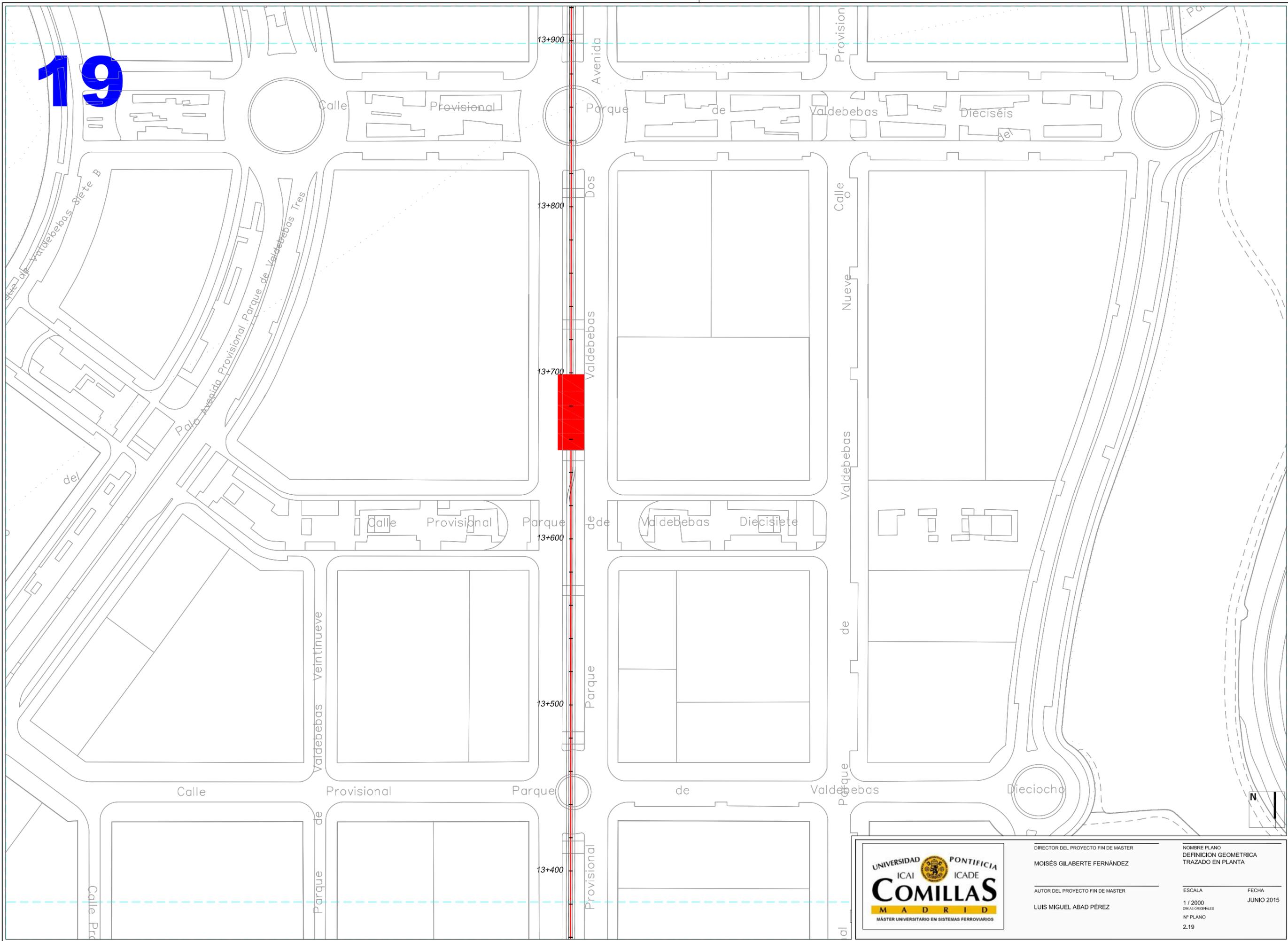
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DIN A3 ORIENTALES  
Nº PLANO  
2.18

FECHA  
JUNIO 2015

# 19



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER

MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER

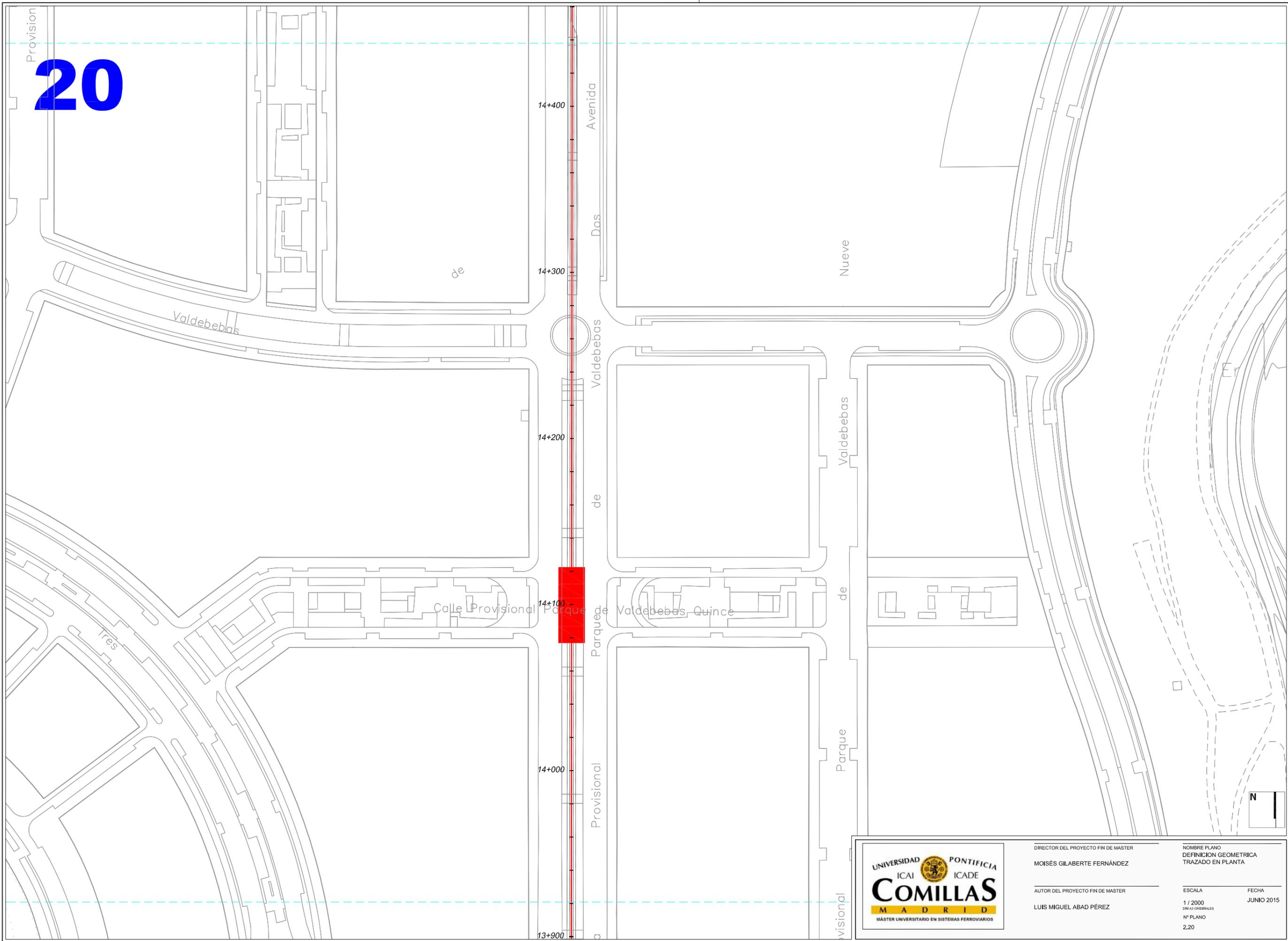
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICION GEOMETRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DIN A3 ORDENALES  
Nº PLANO  
2.19

FECHA  
JUNIO 2015

Provision  
**20**



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

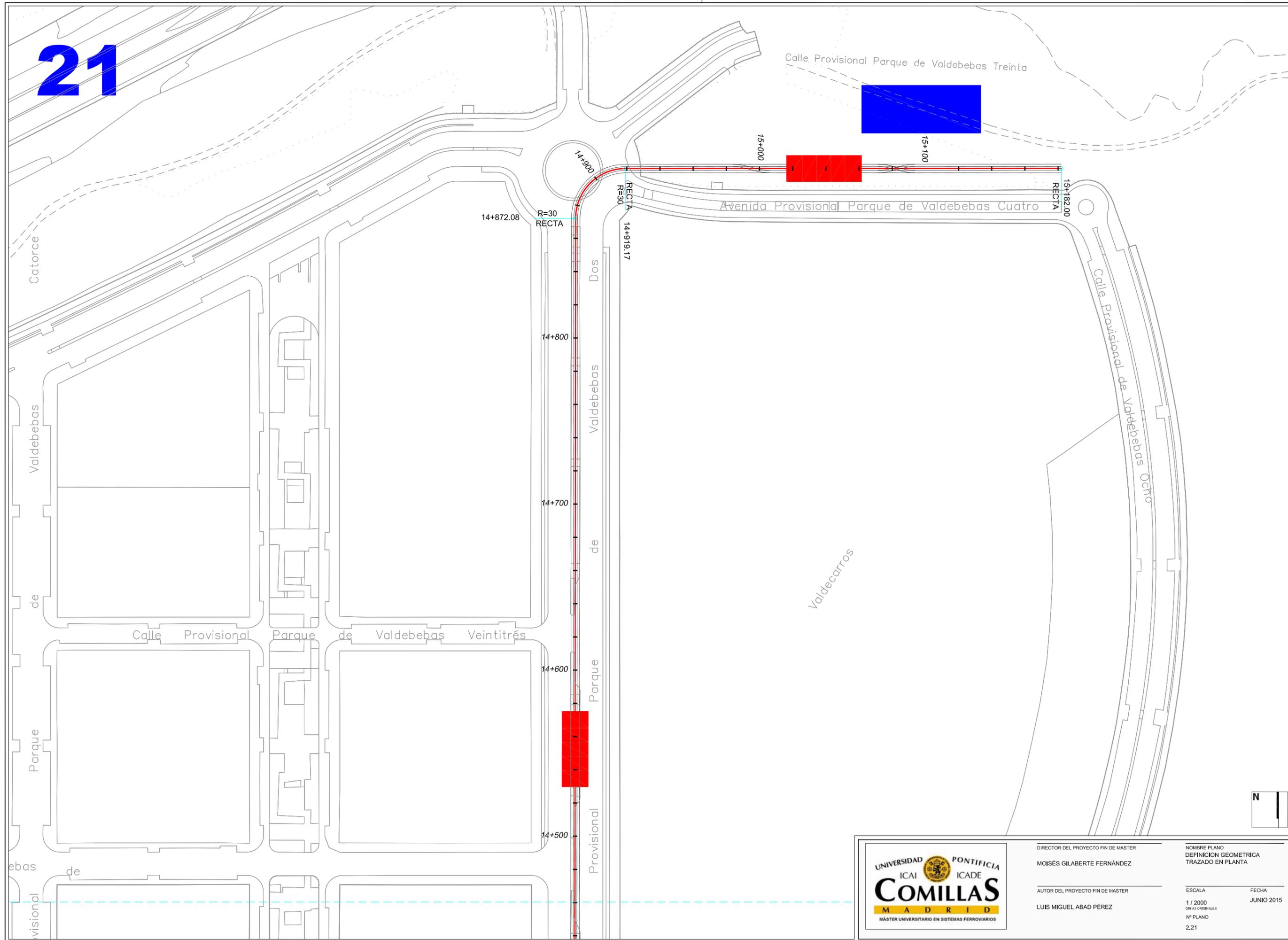
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICION GEOMETRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DNI AS ORDINALES  
Nº PLANO  
2.20

FECHA  
JUNIO 2015

# 21



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER

MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

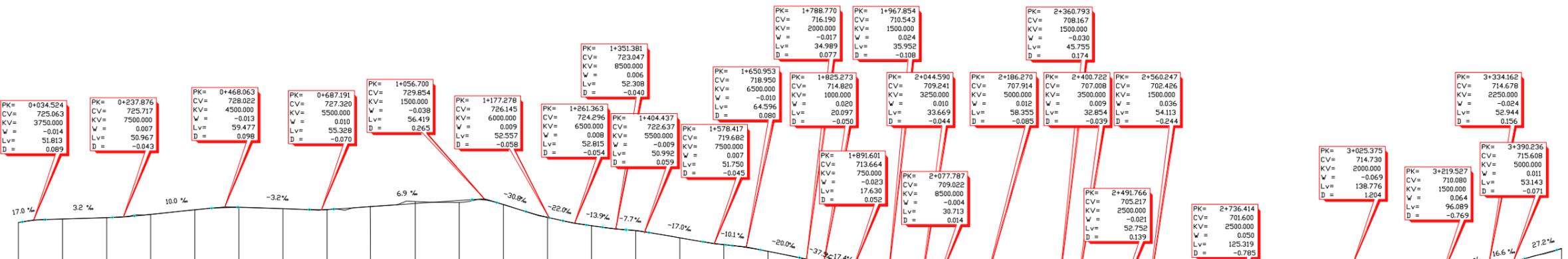
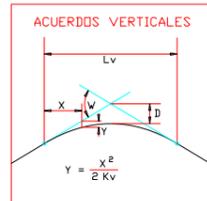
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MÁSTER

LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN PLANTA

ESCALA  
1 / 2000  
DIN A3 ORIENTALES  
Nº PLANO  
2.21

FECHA  
JUNIO 2015



PLANO DE COMPARACION		P.K.	
DISTANCIAS	AL ORIGEN	0+000	0+200
	PARCIALES	0+000	0+200
ORDENADAS	RASANTE	724.47	725.27
	TERREND	724.47	725.27
COTAS ROJAS	DESMONTE	0.00	0.00
	TERRAPLEN	0.00	0.00
ACUERDOS VERTICALES		0+000.618	0+1000.000
DIAGRAMA DE CURVATURAS		RECTA	RECTA
DIAGRAMA DE PERALTES		P20.00m	P10.00m

UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
ICAI ICADE  
**COMILLAS**  
MADRID  
MASTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS FERROVIARIOS

DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

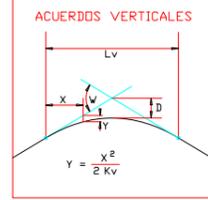
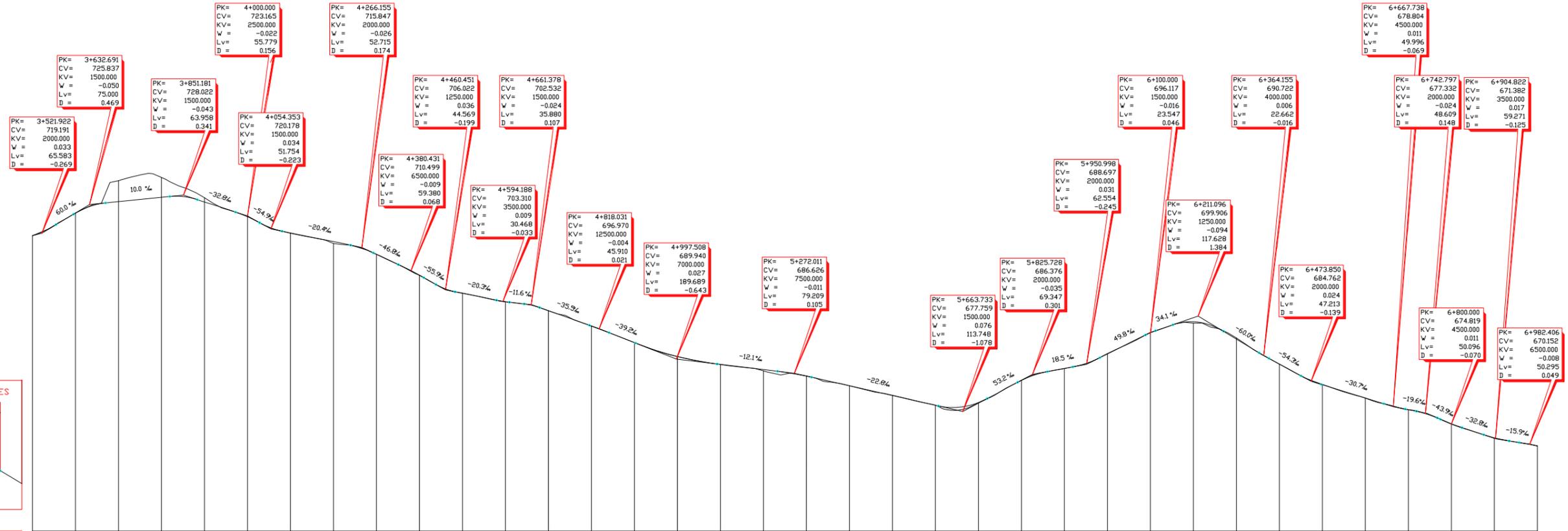
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN ALZADO

ESCALA  
V 1 / 500  
H 1 / 5000  
DINAMOS ORIGINALES

Nº PLANO  
3.1

FECHA  
JUNIO 2015



PLANO DE COMPARACION		P.K.	3+600	3+800	4+000	4+200	4+400	4+600	4+800	5+000	5+200	5+400	5+600	5+800	6+000	6+200	6+400	6+600	6+800	7+400	
DISTANCIAS	AL ORIGEN		-500.000	-600.000	-700.000	-800.000	-900.000	0.000	100.000	200.000	300.000	400.000	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000	1000.000	1100.000	1200.000	
	PARCIALES		100.000	200.000	300.000	400.000	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000	1000.000	1100.000	1200.000	1300.000	1400.000	1500.000	1600.000	1700.000	1800.000	1900.000
COTAS ROJAS	ORDENADAS		718.624	723.868	727.510	726.429	723.009	719.245	712.200	705.220	703.259	701.160	697.610	693.760	689.519	684.988	679.201	672.259	664.006	650.000	630.000
	TERRENO		718.59	724.99	731.39	732.12	727.43	723.16	719.24	716.60	714.26	711.60	707.41	702.84	697.85	692.48	685.75	677.69	668.09	656.00	632.00
COTAS ROJAS	DESMONTE		0.00	7.38	6.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	TERRAPLEN		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ACUERDOS VERTICALES			3+584.713	3+593.191	3+670.191	3+819.202	3+883.160	3+972.111	4+028.476	4+080.230	4+239.797	4+292.512	4+387.016	4+423.747	4+518.873	4+578.954	4+633.438	4+643.438	4+718.598	4+768.469	4+825.550
DIAGRAMA DE CURVATURAS			RECTA																		
DIAGRAMA DE PERALTES			3+707.648	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424	3+819.424



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
 MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
 LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

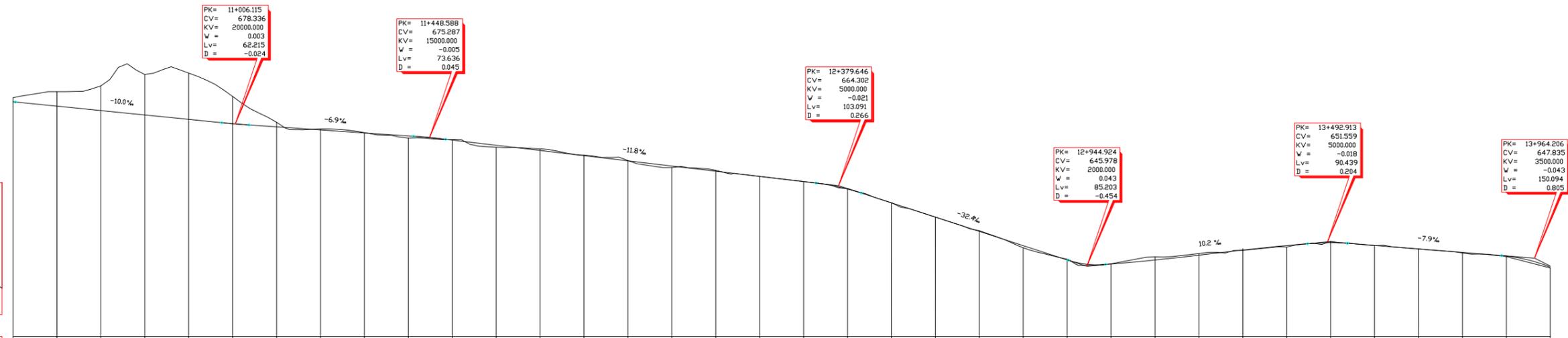
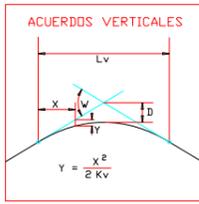
NOMBRE PLANO  
 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
 TRAZADO EN ALZADO

ESCALA  
 V 1 / 500  
 H 1 / 5000  
 DINAMOS ORIGINALES

FECHA  
 JUNIO 2015

Nº PLANO  
 3.2





PLANO DE COMPARACION		P.K.	10+600	10+800	11+000	11+200	11+400	11+600	11+800	12+000	12+200	12+400	12+600	12+800	13+000	13+200	13+400	13+600	13+800	14+000								
DISTANCIAS	AL ORIGEN	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000	0.000	100.000	200.000	300.000	400.000	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000	0.000	100.000	200.000	300.000	400.000	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000	0.000	
	PARCIALES	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
ORDENADAS	RASANTE	683.389	682.397	681.397	680.397	679.397	678.412	677.469	676.568	675.622	674.681	673.750	672.821	671.914	671.022	670.146	669.286	668.442	667.614	666.802	666.006	665.226	664.461	663.711	662.976	662.256	661.550	
	TERRENO	684.33	685.68	687.01	688.60	689.92	684.59	678.74	677.20	676.39	675.11	674.79	673.05	672.66	671.26	670.02	668.43	667.81	666.43	665.55	664.72	663.54	662.41	661.59	660.40	659.68	658.47	657.15
COTAS ROJAS	DESMONTE	0.4	3.28	5.61	9.21	10.52	6.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	TERRAPLEN																											
ACUERDOS VERTICALES		10+505.402 683.343				10+975.008 678.647	11+077.223 678.121		11+411.771 675.541	11+485.406 674.853			12+258.100 664.910	12+431.192 662.631			12+902.323 647.359	12+997.524 646.412		13+447.624 651.099	13+538.132 651.202			13+889.158 648.428				
DIAGRAMA DE CURVATURAS		R=350		R=300																								
DIAGRAMA DE PERALTES			10+658.115	10+740.522	10+929.095	11+114.016	11+358.638		12+022.698	12+140.560		12+819.611	12+937.388															

UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
ICAI ICADE  
**COMILLAS**  
M A D R I D  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS FERROVIARIOS

DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

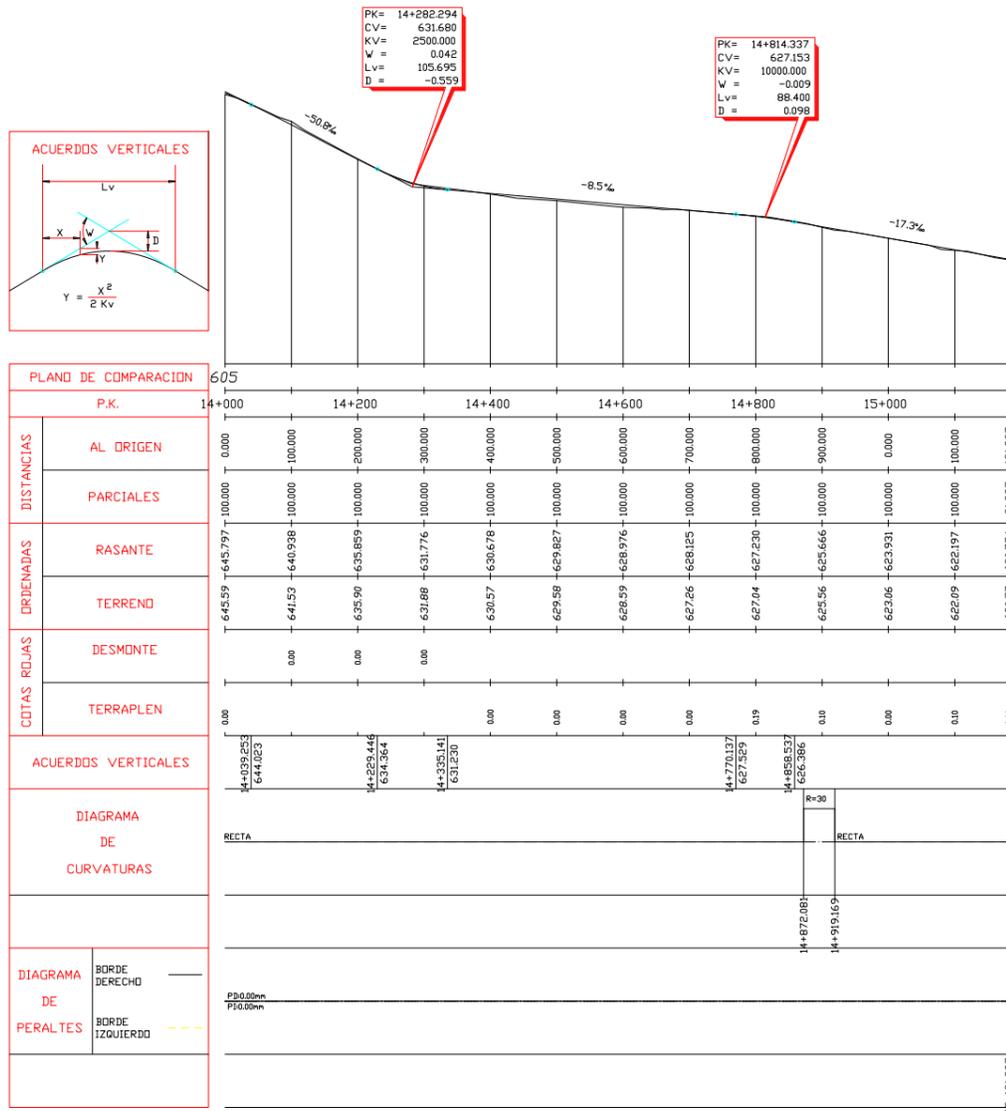
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN ALZADO

ESCALA  
V 1 / 500  
H 1 / 5000  
EN ALZADO ORIGINAL

FECHA  
JUNIO 2015

Nº PLANO  
3,4



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
MOISÉS GILBERTE FERNÁNDEZ

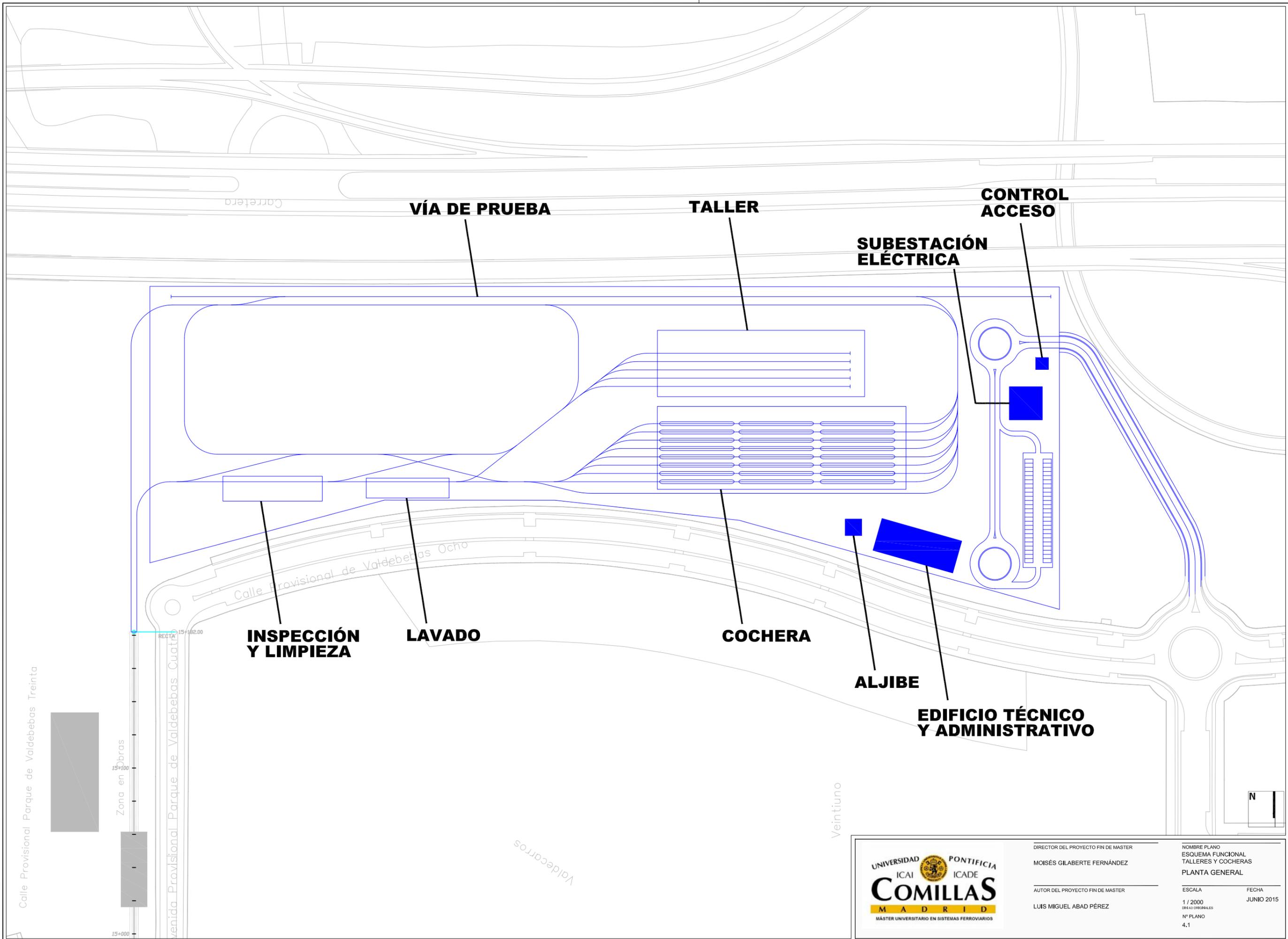
AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA  
TRAZADO EN ALZADO

ESCALA  
V 1 / 500  
H 1 / 500  
DINAMÓGRAFOS

FECHA  
JUNIO 2015

Nº PLANO  
3.5



Calle Provisional Parque de Valdebebas Treinta

Zona en Obras

15+000

Carretera  
Calle Provisional Parque de Valdebebas Cuatro

Calle Provisional de Valdebebas Ocho

Valdecarras

Veintiuno



DIRECTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
MOISÉS GILABERTE FERNÁNDEZ

AUTOR DEL PROYECTO FIN DE MASTER  
LUIS MIGUEL ABAD PÉREZ

NOMBRE PLANO  
ESQUEMA FUNCIONAL  
TALLERES Y COCHERAS  
PLANTA GENERAL

ESCALA  
1 / 2000  
DIN A3 ORIGINAL

FECHA  
JUNIO 2015

Nº PLANO  
4.1

