

Comunidad de Madrid
CONSEJERIA DE TRANSPORTES E INFRAESTRUCTURAS



mintra
madrid infraestructuras del transporte



Metro de Madrid, S.A.

Mapas Estratégicos de Ruido de las Líneas de Metro de Madrid

(tramos no soterrados)

Línea-5

Línea-9B

Línea-10

CONSULTOR:



MAYO 2009

1. Objeto y contenido del estudio.....	1	4.1.4. Municipal.....	19
2. Descripción general del estudio	2	5. Mapas estratégicos de ruido	20
2.1. Descripción de la zona de estudio de la Línea 5	3	5.1. Elaboración de mapas estratégicos de ruido básicos.....	21
2.2. Descripción de la zona de estudio de la Línea 10	7	5.1.1. Datos de entrada	21
2.3. Descripción de la zona de estudio de la Línea 9B.....	9	5.1.2. Metodología.....	22
3. Tráfico ferroviario y superestructura.....	16	5.2. Elaboración de mapas estratégicos de ruido de detalle	30
3.1. Línea 5.....	16	5.2.1. Selección de zonas de Estudio de Detalle	30
3.1.1. Tráfico ferroviario	16	5.2.2. Datos de entrada	31
3.1.2. Descripción de la superestructura.....	16	6. Principales resultados obtenidos	33
3.2. Línea 10.....	17	6.1. Análisis de los mapas de niveles sonoros, edificaciones y población afectadas.....	33
3.2.1. Tráfico ferroviario	17	6.1.1. Superficie expuesta.....	33
3.2.2. Descripción de la superestructura.....	17	6.1.2. Población afectada.....	33
3.3. Línea 9B	17	6.1.3. Edificios afectados.....	34
3.3.1. Tráfico ferroviario	17	6.2. Conclusiones	35
3.3.2. Descripción de la superestructura.....	18		
4. Normativa.....	19	ANEXOS	
4.1.1. Europea	19		
4.1.2. Estatal	19		
4.1.3. Autonómica	19		

1. Objeto y contenido del estudio

El objeto del presente estudio es la realización de los *Mapas Estratégicos de Ruido (MER)* de los tramos correspondientes a líneas de Metro de Madrid que se encuentran no soterrados cuyo tráfico supera los 60.000 trenes al año. Dichos MER sirven para la evaluación global de la exposición al ruido de la zona de afección de la citada infraestructura y en base a ellos se desarrollarán los correspondientes “Planes de Acción” en los que se determinarán las actuaciones prioritarias que se deban realizar, en su caso, para alcanzar los objetivos de calidad acústica previstos en la normativa vigente

Por tanto, el objeto del estudio realizado, según marca la propia Ley 37/2003, del Ruido (*Artículo 15. Fines y Contenido de los mapas*), es:

- Permitir la evaluación global de la exposición a la contaminación acústica de una determinada zona.
- Permitir la realización de predicciones globales para dicha zona.
- Posibilitar la adopción fundada de planes de acción en materia de contaminación acústica y, en general, de las medidas correctoras que sean adecuadas.

Con la realización de los citados MER se da cumplimiento a las obligaciones establecidas en el R.D. 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental

Estos trabajos han sido realizados bajo la dirección de Metro de Madrid S.A. y Madrid Infraestructuras del Transporte (MINTRA) (Ente de derecho público adscrito a la Consejería de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid)

Los mapas Estratégicos de Ruido realizados se componen de:

- **Mapas de niveles sonoros:** Que son mapas de líneas isófonas realizados a partir del cálculo de niveles sonoros en puntos receptores que abarcan toda la zona de estudio.
- **Mapas de afección y exposición al ruido:** Donde figuran datos relativos a edificios, viviendas y población expuestos a determinados niveles de ruido en fachada de edificios.

Estos mapas han sido obtenidos en dos **Fases** consecutivas:

- **FASE A: Mapas de ruido básicos.** En la que se calculan los mapas a escala 1:25.000 de toda la zona de estudio que más adelante se describe.
- **FASE B: Mapas de ruido detallados.** Realizados a escala 1:5.000 en las zonas donde se debe mejorar la definición de los niveles de ruido y de la población afectada.

Estos mapas han sido calculados mediante el uso de un programa informático comercial CADNA-A (versión 3.7), que implementa el método nacional de cálculo holandés "SMRII", para estimación de la inmisión sonora originada por el tráfico ferroviario. Este software estima los niveles acústicos de receptores en el entorno próximo a las líneas de ferrocarril teniendo en cuenta los siguientes datos:

- **Fuente emisora:** Eje de la vía cuyo nivel acústico viene determinado por el volumen de tráfico medio estimado y la velocidad del paso del tren en cada tramo. En los mapas de ruido sólo será considerado el ruido generado por el tráfico ferroviario (Metro).
- **Entorno acústico:** Determinado por la cartografía y los desniveles del terreno y por los edificios que actúan como reflectores de la onda acústica.

Las condiciones y configuraciones de cálculo específicas se describen en el apartado 5 del presente estudio

En el estudio también se incluye una recopilación de las normativas y ordenanzas municipales a las que afecta el estudio.

Finalmente en base a la modelización realizada se efectúa una evaluación acústica del área de estudio.

2. Descripción general del estudio

De acuerdo con lo expresado en el art. 8 del R.D. 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental se deben elaborar y aprobar mapas estratégicos de ruido correspondientes, entre otros, a los grandes ejes ferroviarios cuyo tráfico supere los 60.000 trenes al año.

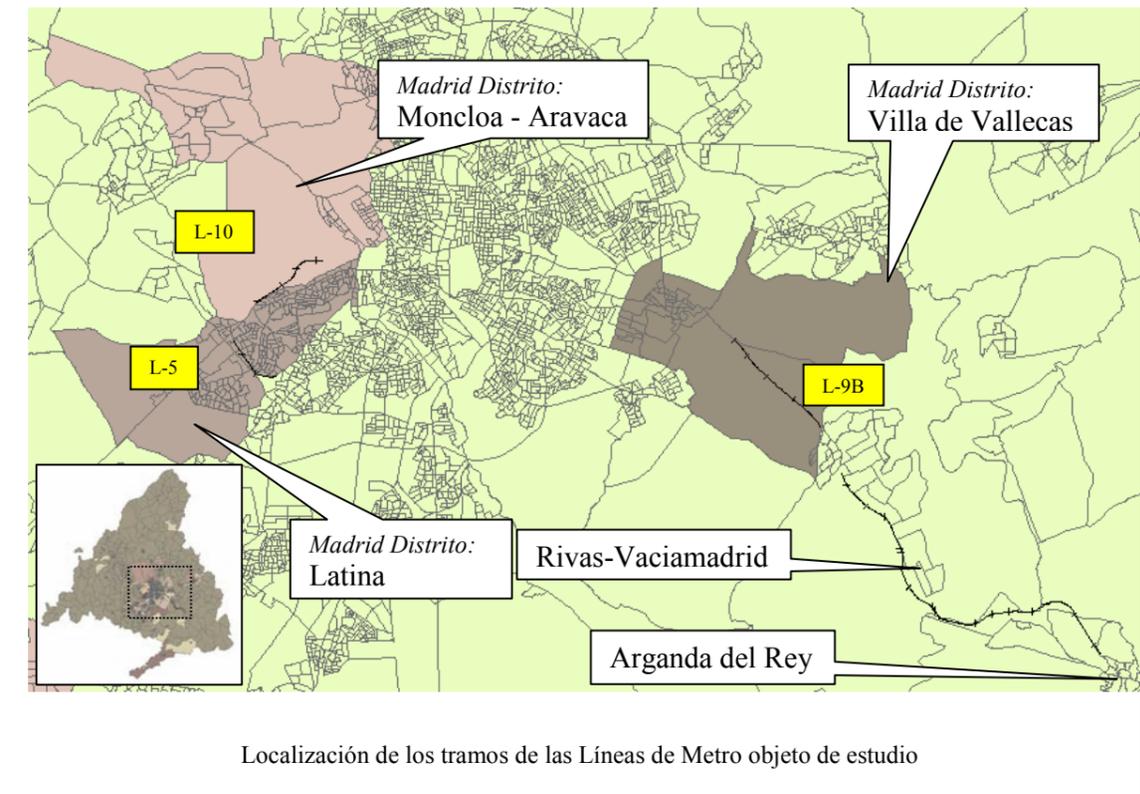
Dentro de ese umbral y en el ámbito competencial de la Comunidad de Madrid existen tres líneas de ferrocarril metropolitano que cuentan con tramos que discurren en superficie sobre los que hay que elaborar los correspondientes mapas Estratégicos de ruido. Estos son:

- Línea 5: Tramo Campamento-Eugenia de Montijo
- Línea 10: Tramo Lago-Casa de Campo
- Línea 9B: Tramo Arganda del Rey-Puerta de Arganda

Las dos primeras se localizan íntegramente en el término municipal de Madrid, en los distritos de Latina y Moncloa-Aravaca respectivamente, mientras que la Línea 9B discurre por los términos municipales de Madrid (Distrito Villa de Vallecas); Rivas Vaciamadrid y Arganda del Rey

Sobre cada uno de los tramos de las Líneas de metro objeto de estudio se realizará el correspondiente mapa estratégico de ruido de manera independiente, ya que éstos no presentan continuidad espacial, es decir, cada uno de ellos será considerado como una única Unidad de Mapa Estratégico (UME)

En los siguientes apartados, se llevará cabo una descripción detallada de cada UME



2.1. Descripción de la zona de estudio de la Línea 5

La Línea 5, en su totalidad, opera entre las estaciones *Casa de Campo* y *Alameda de Osuna*. Sin embargo, la parte no soterrada del trazado corresponde exclusivamente al tramo comprendido entre las estaciones de “*Campamento*” y “*Eugenia de Montijo*”, cuya longitud aproximada es de 1,9 Km.

Por tanto, las estaciones incluidas en esta UME, que discurre íntegramente por el término municipal de Madrid, son: “*Campamento*”, “*Empalme*”, “*Aluche*” y “*Eugenia de Montijo*”.

La mayor parte del trazado se desarrolla en trinchera, lo que contribuye a minimizar la afección acústica de la infraestructura.

A continuación se describen los aspectos básicos de los tramos del trazado objeto de estudio que se sitúan entre estaciones consecutivas.



Trazado de la UME (línea roja) (ref. Google Maps y Google Earth)

- **Tramo 1: Estación de Eugenia de Montijo (P.K. 27+358) - Estación de Aluche (P.K. 28+250).**

La estación de Eugenia de Montijo se localiza dentro del tramo subterráneo de la línea. La salida a superficie del trazado se realiza entre muros de hormigón verticales, discurriendo el resto del tramo hasta alcanzar la estación de Aluche en trinchera con una profundidad de desmante elevada.

En la margen derecha de la vía (sentido estación de Aluche) se localizan, próximos al borde del desmante, bloques de viviendas de varias alturas.

En la margen izquierda, las edificaciones existentes se encuentran más alejadas de la vía y no tienen carácter residencial. Así, en la Avenida de los Poblados se localiza el Sanatorio Esquerdo y la Nueva Comisaría del distrito de La Latina. El cementerio Parroquial de Carabanchel Bajo se encuentra próximo a la vía, en las cercanías del inicio del tramo en superficie.



Edificios próximos a la vía (ref. Google Earth y visita de campo)



Proximidades de la estación de Eugenia de Montijo (ref. Google Earth y visita de campo)

La estación de Aluche se encuentra elevada sobre la calle de Valmojado, permitiendo así la circulación del tráfico rodado debajo de ella. Se trata de una estación semicubierta, en la que los andenes están separados por el edificio central de la estación.



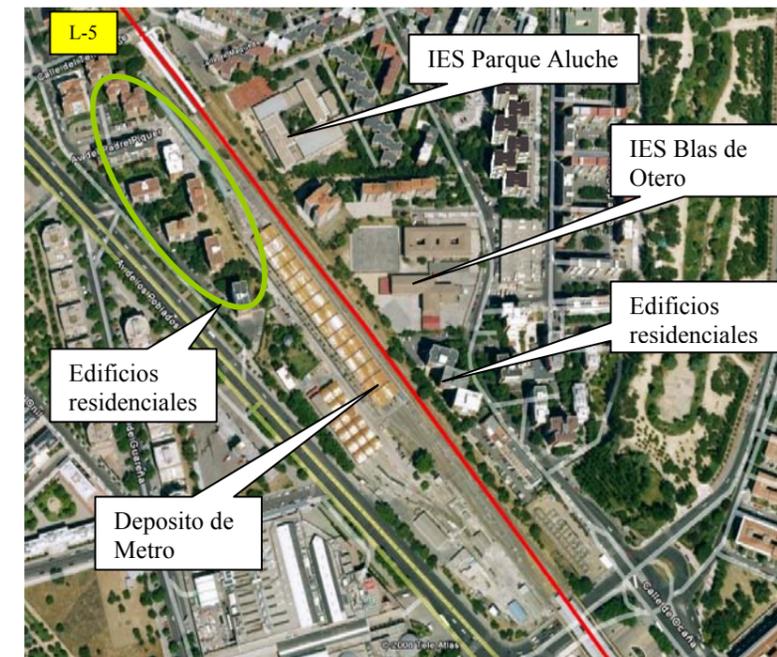
Estación de Aluche (ref. Google Earth y visita de campo)

• **Tramo 2: Estación de Aluche (P.K. 28+250) - Estación de Empalme (P.K. 28+930).**

Desde el P.K. 28+500 hasta alcanzar la estación de Empalme, la vía discurre en trinchera que presenta una altura de talud que va aumentando de forma progresiva.

En la margen derecha de la vía, sentido estación de Empalme, se ubican bloques de viviendas residenciales de diversas alturas. También se localizan edificios de uso docente próximos al trazado, IES Parque Aluche y el IES Blas de Otero, ambos con entrada a la calle Maqueda.

En el margen izquierda de la vía, hay bloques de edificios residenciales en altura próximos al borde de la trinchera así como unas naves utilizadas como almacén, propiedad de Metro de Madrid S.A.



Edificios próximos a la vía (ref. Google Earth y visita de campo)

Las siguientes ilustraciones muestran el entorno de la estación de Aluche (sentido estación de Empalme).



Estación de Aluche (ref. Google Earth y visita de campo)



Vista aérea. Detalle de edificio próximo a la vía (ref. Google Earth)



Fotos laterales desde la estación de Aluche. Plaza de Aluche debajo de la estación (ref. visita de campo)

La estación de Empalme es semicubierta. La Calle del Templeque cruza la vía por encima de una parte de la estación.



Estación de Empalme (ref. Google Earth y visita de campo)

En la siguiente ilustración se muestran en detalle los bloques de edificios residenciales más próximos a la vía.

- **Tramo 3: Estación de Empalme (P.K. 28+930) - estación de Campamento (P.K. 29+303.60).**

El tramo comprendido entre estas dos estaciones discurre en trinchera. En ambas márgenes de la vía se localizan bloques de edificios residenciales de diversas alturas, próximos al borde del desmante.



Edificios próximos a la vía (ref. Google Earth y visita de campo)

En las siguientes ilustraciones se puede apreciar la altura de la trinchera.



Estación de Empalme (ref. Google Earth y visita de campo)

La estación de Campamento (fin del tramo objeto de estudio) es subterránea. El acceso del trazado a la misma, desde la parte no soterrada de la vía, discurre en desmante de taludes de altura elevada y pendiente pronunciada.



Proximidades de la estación de Campamento (ref. Google Earth y visita de campo)

2.2. Descripción de la zona de estudio de la Línea 10

La Línea 10, en su totalidad, opera entre las estaciones *Hospital del Norte* y *Puerta del Sur*. Sin embargo, la parte no soterrada del trazado corresponde exclusivamente al tramo comprendido entre las estaciones de “*Lago*” y “*Casa de Campo*”, cuya longitud aproximada es de 2,6 Km.

Por tanto, las estaciones incluidas en esta UME, que discurre íntegramente por el término municipal de Madrid, son “*Lago*”, “*Batán*” y “*Casa de Campo*”.

Una parte del trazado se desarrolla en trinchera, lo que contribuye a minimizar la afección acústica de la infraestructura.

En la siguiente ilustración se muestra la localización general del trazado incluido en la UME en relación al entorno en que se ubica.



Trazado de la UME (línea roja) (ref. Google Maps y Google Earth)

- **Tramo 1: Estación de Lago (P.K. 33+890) – Estación de Batán (P.K. 35+800).**

La estación de Lago se ubica en el tramo en que la vía discurre en superficie. La salida a superficie del trazado se realiza mediante desmonte, cuya altura disminuye de forma progresiva hasta alcanzar la estación de Batán, que se sitúa sobre cota de terreno.

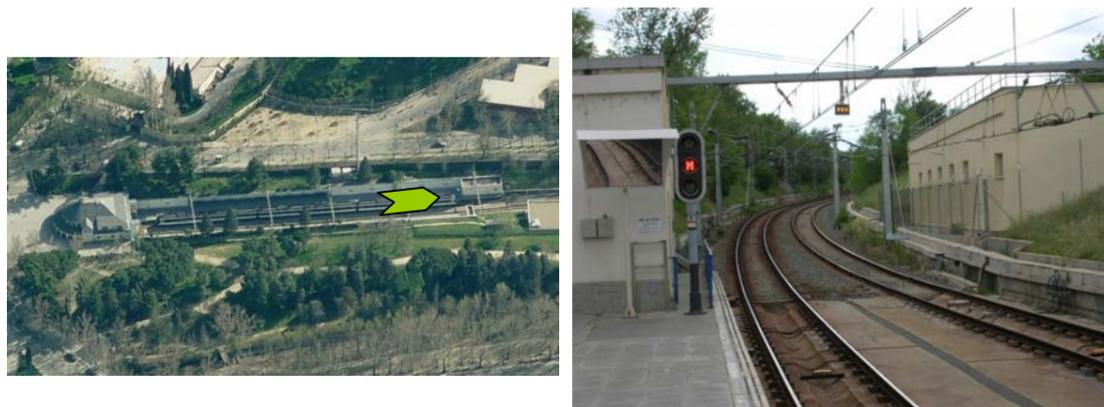
El margen derecho del trazado, en la primera mitad del tramo, limita con la Casa de Campo, discurrendo sobre terrenos no urbanizados. Próximo a la estación de Batán está el Parque de Atracciones de Madrid.

En el margen izquierdo, entre los PP.KK. 33+890 y 35+000, se localizan diversas edificaciones de uso no residencial pertenecientes al recinto ferial de la Casa de Campo (Pabellón Madrid Arena, Teatro de Madrid, etc.). En el resto de tramo, hasta alcanzar la estación de Batán, alejados de la vía se localizan bloques de viviendas de diversas alturas.



Estación de Lago (ref. Google Earth y visita de campo)

A continuación se describen los aspectos básicos de los tramos del trazado objeto de estudio que se sitúan entre estaciones consecutivas.



Proximidades de la estación de Lago (ref. Google Earth y visita de campo)

La estación de Batán es semicubierta y la entrada peatonal se encuentra a cota de terreno. El trazado, por tanto, comienza en pendiente y toma configuración de desmonte. El trazado de vía entre las estaciones de Lago y Batán alterna tramos en trinchera con otros en que la vía discurre en terraplén, sobre la cota del terreno natural.



Proximidades de la estación de Batán (sentido estación de Lago) (ref. Google Earth y visita de campo)

- **Tramo 2: Estación de Batán (P.K. 35+800) – Estación de Casa de Campo (P.K. 36+545).**

El trazado entre estas dos estaciones alterna tramos en trinchera con otros en los que la vía discurre a la misma cota del terreno natural. En su margen derecho, en sentido de avance, limita con la Casa de Campo, sobre áreas no urbanizadas, mientras que en su margen izquierdo se localizan edificios residenciales de diversas alturas, a una distancia mínima de la vía de 70 metros. A partir de la estación de Batán, el trazado discurre en trinchera, de pendientes poco pronunciadas y escasa profundidad, hasta llegar al final del tramo en superficie.



Proximidades de la estación de Batán (sentido estación Casa de Campo) (ref. Google Earth y visita de campo)



Proximidades de la estación de Casa de Campo (ref. Google Earth y visita de campo)

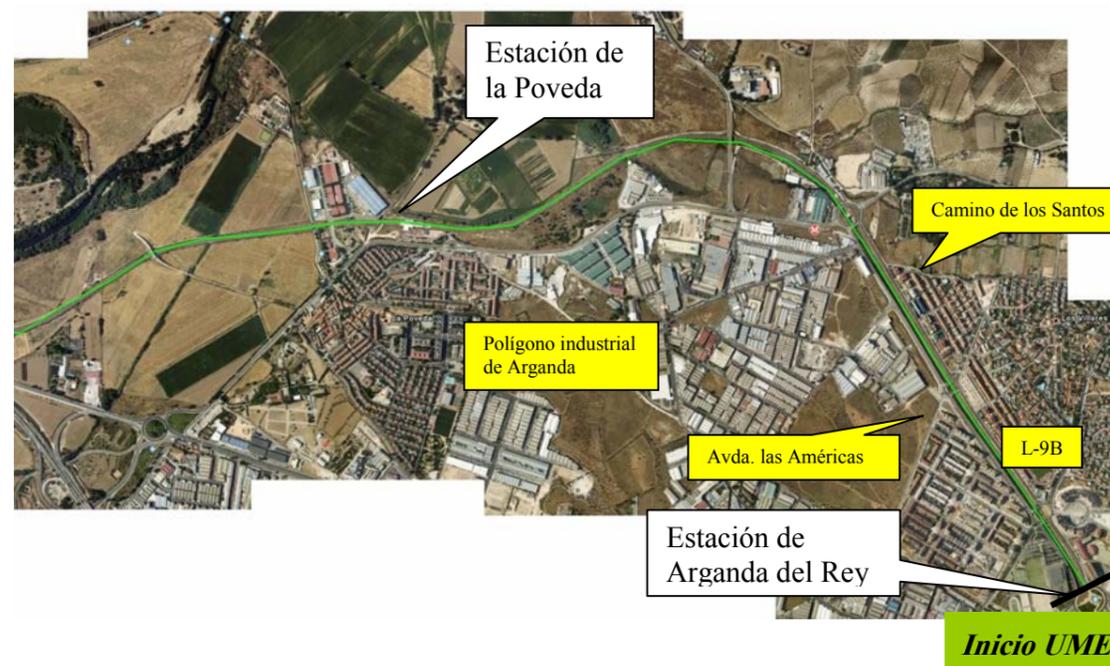
2.3. Descripción de la zona de estudio de la Línea 9B

La Línea 9, en su totalidad, opera entre las estaciones de *Herrera de Oria* y *Arganda del Rey*. Sin embargo, la parte no soterrada del trazado corresponde exclusivamente al tramo comprendido entre las estaciones de “*Puerta de Arganda*” y “*Arganda del Rey*”, cuya longitud aproximada es de 14,257 Km.

Las estaciones incluidas en esta UME, localizada en los términos municipales de Madrid, Rivas-Vaciamadrid y Arganda del Rey, son: “*Arganda del Rey*”, “*La Poveda*”, “*Rivas-Vaciamadrid*”, “*Rivas-Urbanizaciones*” y “*Puerta de Arganda*”.

La mayor parte del trazado, y especialmente en los emplazamientos donde se localizan edificios residenciales, se desarrolla en trinchera, lo que contribuye a minimizar la afección acústica de la infraestructura.

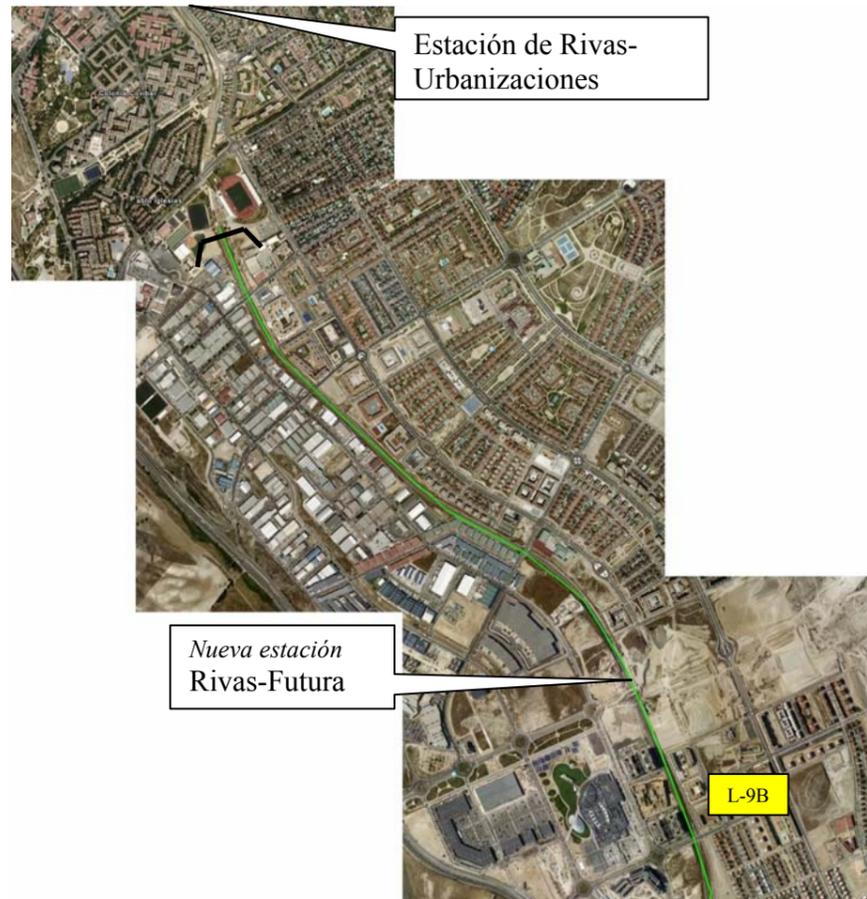
En las siguientes ilustraciones se muestra el trazado general de la Línea de Metro incluida en la UME.



Trazado de la UME (línea verde) (ref. Google Maps y Google Earth)



Trazado de la UME (línea verde) (ref. Google Maps y Google Earth)



Trazado de la UME (línea verde) (ref. Google Maps y Google Earth)



Trazado de la UME (línea verde) (ref. Google Maps y Google Earth)

- **Tramo 1: Estación de Arganda del Rey (P.K. 6+131) - Estación de La Poveda (P.K. 9+800).**

La estación de Arganda del Rey se encuentra, todavía, en la parte subterránea de la Línea. En su salida a superficie, el trazado discurre en trinchera, muy encajado en el terreno. Hasta el P.K. 8+000, el desmonte se mantiene con una elevación constante, disminuyendo progresivamente su altura a partir de éste hasta llegar a cota de terreno.

Todo el trazado discurre por ámbito urbano de uso predominantemente residencial. En ambas márgenes, muy próximos a la vía, se localizan bloques de viviendas de diversas alturas. Cabe señalar, en las proximidades de la estación de La Poveda, la presencia de un edificio de uso docente; el IES José Saramago.

Adyacentes al trazado, asimismo, se localizan algunas naves pertenecientes al polígono industrial de Arganda.



Proximidades de la estación de Arganda del Rey (ref. Google Earth)



Sentido estación de la Poveda



Sentido estación de Arganda del Rey

Proximidades de la vía (ref. Google Earth y visita de campo)

En la siguiente ilustración se identifican los edificios próximos a la vía.

La estación de la Poveda es una estación descubierta con paramentos laterales y elevada sobre la cota del terreno.



Proximidades de la estación de la Poveda(ref. Google Earth)

- **Tramo 2: Estación de La Poveda (P.K. 9+800) - Estación de Rivas -Vaciamadrid (P.K. 14+100).**

El tramo comprendido entre estas dos estaciones discurre, en general, a cota de terreno o en terraplén de escasa altura.

La mayor parte del trazado discurre por terrenos de labor sin edificaciones. Únicamente, en el último kilómetro, se encuentran viviendas unifamiliares en el margen derecho de la vía, en sentido avance.



Sentido estación de Rivas-Vaciamadrid



Sentido estación de la Poveda

Proximidades de la vía (ref. Google Earth y visita de campo)

La estación de Rivas-Vaciamadrid es una estación descubierta con paramentos laterales y elevada sobre la cota del terreno.



Proximidades de la estación Rivas-Vaciamadrid (ref. Google Earth y visita de campo)

• **Tramo 3: Estación de Rivas –Vaciamadrid (P.K. 14+100) - Estación de Rivas-Urbanizaciones (P.K. 19+200).**

El tramo comprendido entre los PP.KK. 15+000 y 18+100 discurre en trinchera, presentando una elevada profundidad de desmonte con pendientes pronunciadas. A partir de este punto, la vía pasa a tramo subterráneo hasta alcanzar la estación de Rivas-Urbanizaciones.

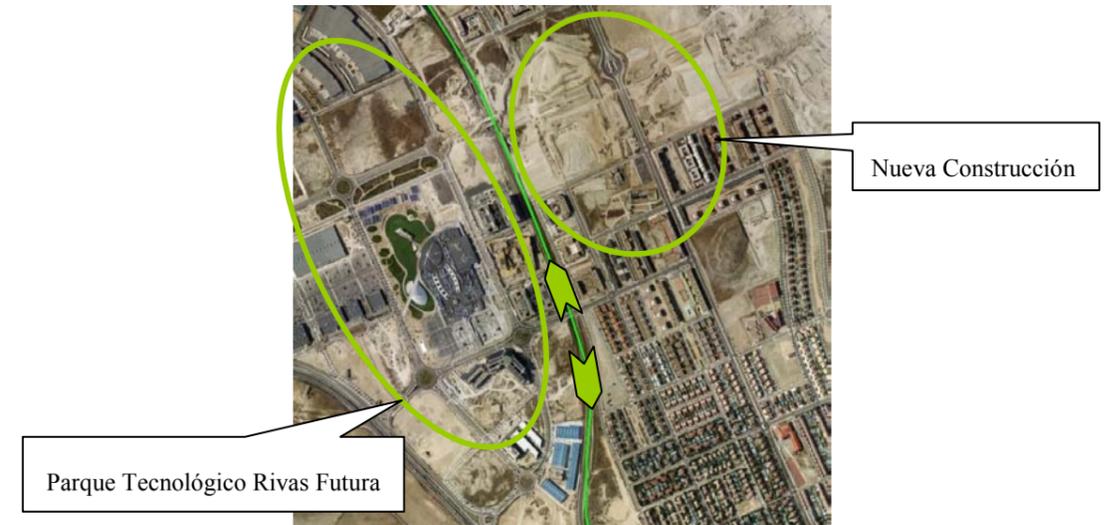
En su margen derecha, en sentido de avance, el trazado es adyacente a zona urbana de uso predominantemente residencial. Se localizan en esta zona dos centros de enseñanza; CEIP José Hierro y Colegio Luyferivas.

En su margen izquierda, aparecen naves industriales y edificios de uso terciario (polígono industrial Santa Ana y Parque Tecnológico Rivas Futura).

Las siguientes ilustraciones muestran las zonas próximas al trazado de este tramo.



Proximidades de la estación Rivas-Vaciamadrid (Sentido estación de Rivas-Urbanizaciones) (ref. Google Earth y visita de campo)



Sentido estación de Rivas-Urbanizaciones



Sentido estación de Rivas-Vaciamadrid

Proximidades de la vía (ref. Google Earth y visita de campo)



Sentido estación de Rivas-Urbanizaciones



Sentido estación de Rivas-Vaciamadrid

Proximidades de la vía (ref. Google Earth y visita de campo)

Los accesos del trazado a la estación de Rivas-Urbanizaciones, que es cubierta, se realizan a través de sendos desmontes de elevada profundidad y pendiente.

- **Tramo 4: Estación de Rivas-Urbanizaciones (P.K. 19+200) - Estación de Puerta de Arganda (P.K. 23+694).**

La mayor parte del trazado de este tramo discurre sobre cota de terreno. Únicamente la salida de la vía desde la estación de Rivas-Urbanizaciones se realiza en desmante, entre muros de cemento verticales.

No se localiza ninguna edificación a lo largo de todo el trazado, salvo en el P.K. 23+000 donde se ubican unas naves propiedad de Metro de Madrid S.A.



Estación de Rivas-Urbanizaciones (ref. Google Earth y visita de campo)



Vista desde Ctra. M-203. Sentido Rivas-Urbanización.(ref. Google Earth y visita de campo)



Vista desde ctra. M-203. Sentido estación de. Puerta de Arganda (ref. Google Earth y visita de campo)

La estación de Puerta de Arganda (fin del tramo objeto de estudio) es subterránea. El acceso de la vía a la misma desde su parte no soterrada, discurre en trinchera de taludes más elevados cuanto más próxima se encuentra a la estación.



Acceso a la estación Puerta de Arganda (ref. Google Earth y visita de campo)

3. Tráfico ferroviario y superestructura.

Los datos relativos a la frecuencia de tráfico ferroviario, correspondientes al año 2006, han sido aportados por Metro de Madrid S.A. La frecuencia de paso se establece según rangos temporales horarios, diarios y estacionales. Esto determina, por ejemplo, un mayor número de circulaciones en hora punta (periodo día), en día laborable y en época no coincidente con el periodo de verano. Por el contrario, el menor número de circulaciones corresponde a un hora valle del periodo noche, independientemente de si se trata de un día laborable, víspera o festivo y de si se encuadra en periodo de verano o no. Sin embargo, los indicadores utilizados para evaluar el nivel de ruido generado por el tráfico ferroviario son indicadores globales anuales, por lo que se ha llevado a cabo una ponderación de la frecuencia de paso de los ferrocarriles metropolitanos a fin de poder estimar una media anual de paso, siempre referida a los periodos de evaluación estimados en la legislación de aplicación; periodo día tarde y noche, según el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 de Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Estos periodos de referencia son los siguientes:

- Al día le corresponden 12 horas, a la tarde 4 horas y a la noche 8 horas.
- Los valores horarios de comienzo y fin de los distintos períodos son 7.00-19.00h., 19.00-23.00h. y 23.00-7.00h., hora local.
- Un año corresponde al año considerado para la emisión de sonido y a un año medio por lo que se refiere a las circunstancias meteorológicas.

3.1. Línea 5

3.1.1. Tráfico ferroviario

La siguiente tabla recoge los datos de circulación de Línea 5 atendiendo los periodos de referencia; día, tarde, noche, tipo de día; laborable (LAB), víspera (VISP) y festivo (FEST) y periodo anual; invierno o verano. Se aporta el dato final ponderado del número de circulaciones, dato que se introduce al modelo de cálculo de los niveles de inmisión sonora generados por el tráfico ferroviario (ANEXO N° 3):

	INVIERNO				VERANO				MEDIA ANUAL
	LAB	VISP	FEST	MEDIA	LAB	VISP	FEST	MEDIA	
DÍA	175	120	114	158	148	115	108	138	152
TARDE	44	39	39	43	40	38	37	39	42
NOCHE	22	21	21	22	22	21	21	22	22

* Se considera verano el periodo que media entre el 17 de junio y el 30 de septiembre.

* Media Anual, número medio diario (para cada periodo de operación) de trenes que circulan en cada sentido de la vía. En el modelo simulado se ha considerado doble vía e introduciendo el número de trenes para cada sentido de circulación.

3.1.2. Descripción de la superestructura

El tipo de superestructura de la vía presente en el tramo de la UME de la línea 5, esta constituido por carriles de perfil UIC 54 (E1) fijados mediante sujeciones elásticas a traviesas de hormigón pretensado monoblock. Entre el carril y las traviesas de hormigón existe un pad de apoyo que suministra elasticidad vertical al conjunto. Todo el sistema de vía se apoya en una plataforma de balasto porfídico.

En las estaciones, la tipología de la superestructura existente es placa de hormigón con sistema de bloques elásticos (Twinblocks), sujeciones elásticas y pad de apoyo elástico bajo carril. El carril es el mismo que el citado anteriormente.

3.2. Línea 10

3.2.1. Tráfico ferroviario

La siguiente tabla recoge los datos de circulación de Línea 10 de Metro de Madrid atendiendo los periodos de referencia; día, tarde, noche, tipo de día; laborable, víspera y festivo y periodo anual; invierno, dividido en dos tramos, o verano. Se aporta el dato final ponderado del número de circulaciones, dato que se introduce al modelo de cálculo de los niveles de inmisión sonora generados por el tráfico ferroviario (ANEXO N° 3):

	INVIERNO Tramo 1				INVIERNO Tramo 2			
	LAB	VISP	FEST	MEDIA	LAB	VISP	FEST	MEDIA
DÍA	179	142	107	163	171	129	99	155
TARDE	45	42	42	45	45	42	39	44
NOCHE	22	21	21	22	22	21	21	22

* Se considera Invierno tramo 1 de enero a junio y tramo 2 de octubre a diciembre

	VERANO				MEDIA ANUAL
	LAB	VISP	FEST	MEDIA	
DÍA	154	121	109	143	155
TARDE	43	41	39	42	44
NOCHE	22	21	21	22	22

* Media Anual, número medio diario (para cada periodo de operación) de trenes que circulan en cada sentido de la vía. En el modelo simulado se ha considerado doble vía e introduciendo el número de trenes para cada sentido de circulación.

3.2.2. Descripción de la superestructura

El tipo de superestructura de la vía presente en el tramo de la UME de la línea 10, esta constituido por carriles de perfil UIC 54 (E1) fijados mediante sujeciones elásticas a traviesas de hormigón pretensado monoblock. Entre el carril y las traviesas de hormigón existe un pad de apoyo que suministra elasticidad vertical al conjunto. Todo el sistema de vía se apoya en una plataforma de balasto porfídico.

En las estaciones, la tipología de la superestructura existente es placa de hormigón con sistema de bloques elásticos (Twinblocks), sujeciones elásticas y pad de apoyo elástico bajo carril. El carril es el mismo que el citado anteriormente.

3.3. Línea 9B

3.3.1. Tráfico ferroviario

La siguiente tabla recoge los datos de circulación de Línea 9B atendiendo los periodos de referencia; día, tarde, noche, tipo de día; laborable (LAB), víspera (VISP) y festivo (FEST) y periodo anual; invierno o verano. Se aporta el dato final ponderado del número de circulaciones, dato que se introduce al modelo de cálculo de los niveles de inmisión sonora generados por el tráfico ferroviario (ANEXO N° 3):

	INVIERNO				VERANO				MEDIA ANUAL
	LAB	VISP	FEST	MEDIA	LAB	VISP	FEST	MEDIA	
DÍA	93	60	60	84	81	60	60	75	81
TARDE	32	20	20	29	24	20	20	23	27
NOCHE	11	9	5	10	11	9	5	10	10

* Se considera verano el periodo temporal comprendido entre el 17 de junio y el 30 de septiembre.

* Media Anual, número medio diario (para cada periodo de operación) de trenes que circulan en cada sentido de la vía. En el modelo simulado se ha considerado doble vía e introduciendo el número de trenes para cada sentido de circulación.

3.3.2. Descripción de la superestructura

El tipo de superestructura de la vía presente en el tramo de la UME de la línea 9B, esta constituido por carriles de perfil UIC 54 (E1) fijados mediante sujeciones elásticas a traviesas de hormigón pretensado monoblock. Entre el carril y las traviesas de hormigón existe un pad de apoyo que suministra elasticidad vertical al conjunto. Todo el sistema de vía se apoya en una plataforma de balasto porfídico.

En las estaciones, la tipología de la superestructura existente es placa de hormigón con sistema de bloques elásticos (Twinblocks), sujeciones elásticas y pad de apoyo elástico bajo carril. El carril es el mismo que el citado anteriormente.

4. Normativa

Se recoge, a continuación, la normativa existente referida al objeto de estudio; la evaluación estratégica de los niveles sonoros de inmisión generados por el tráfico del ferrocarril metropolitano en los tramos de la red de Metro de Madrid que discurren en superficie. Se relaciona toda aquella legislación de aplicación de ámbito comunitario, estatal, autonómico y municipal.

La legislación autonómica y municipal, en la fecha de realización del presente proyecto, no ha sido adaptada a las directrices mínimas exigidas por la Ley de Ruido Estatal y sus correspondientes Reales Decretos de desarrollo. Por ello, se aplican los objetivos de calidad acústica impuestos por la *Ley de Ruido 37/2003* y los Reales Decretos de desarrollo, *RD 1513/2005* y *RD 1367/2007*

4.1.1. Europea

- Directiva 2002/49/CE, del parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de Junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Recomendación 2003/613/CE, de la Comisión, de 6 de agosto de 2003, relativa a las orientaciones sobre métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedentes de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisión correspondientes.

4.1.2. Estatal

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.

- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/ 2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/ 2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

4.1.3. Autonómica

- Decreto 78/1999, de 27 de Mayo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid.

4.1.4. Municipal

Madrid

- Ordenanza de protección de la atmósfera contra la contaminación por formas de energía.

Arganda del Rey

- Ordenanza de protección del medio ambiente contra la contaminación acústica.

Rivas Vaciamadrid

- Ordenanza de prevención de ruidos y vibraciones.

5. Mapas estratégicos de ruido

Los mapas estratégicos de ruido tienen como fin el proporcionar información sobre los niveles de exposición de la población a determinados niveles acústicos y determinar las zonas de afección por el ruido producido por una determinada fuente, todo ello mediante el cálculo de los niveles sonoros de inmisión provocados por la misma.

Por tanto, tres son los factores que hay que estudiar e interrelacionar para la consecución de este objetivo;

- la caracterización de la fuente emisora de ruido (en este caso el ferrocarril metropolitano),
- el área de estudio, por cuanto determina la propagación del sonido, y
- la identificación de la población receptora del mismo.

Estos tres factores están en relación directa con las tres fases en que se puede dividir el fenómeno físico del ruido: emisión, propagación y recepción.

La elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido de los tramos en superficie del ferrocarril metropolitano de Madrid, así como de esta memoria, se ha realizado sobre la base de la Directiva 2002/49/CE, la Recomendación de la Comisión 2003/613/CE, la Ley de Ruido (L. 37/2003) y el Real Decreto 1513/2005.

De esta forma, se describen en primer lugar los datos de entrada del modelo que definen el territorio de estudio y que tienen implicación en el medio ambiente acústico del mismo, específicamente en la fase de propagación del sonido, interfiriendo o favoreciendo su transmisión; topografía, meteorología, vías de comunicación, edificaciones, pantallas, etc. Asimismo, se refieren los datos de población potencialmente afectada por los niveles sonoros de inmisión generados por el tráfico del Metro en superficie, asignándolos a los edificios del área adyacente a las vías (fase de recepción). Todos estos datos de partida ceban el modelo que “construye” el medio ambiente acústico de la zona de estudio.

Posteriormente, se aporta la metodología empleada en la generación del modelo acústico; aquélla definida en los documentos legales anteriormente mencionados, aplicando el método nacional de cálculo de los Países Bajos, SRM II, método interino de cálculo propuesto en la Directiva 2002/49/CE e incorporado a normativa nacional mediante el R.D. 1513/2005, los parámetros de cálculo, la caracterización de la emisión y el estudio de propagación acústica (según el método de cálculo empleado). Por último, se aporta la metodología aplicada en la generación de los distintos mapas que son, a fin de cuentas, la expresión de las conclusiones del Estudio realizado: Mapas de Niveles Sonoros, Mapas de Exposición y Mapas de Zonas de Afección.

Asimismo, se ha considerado la realización de Mapas de Niveles Sonoros, de Exposición y de Zonas de Afección en dos niveles; Mapas Estratégicos de Ruido Básicos y Mapas de Estratégicos de Ruido de Detalle.

Se establece, además, la realización de un muestreo específico para determinar la caracterización acústica de los tipos de tren asignándolos a las categorías establecidas en el método de cálculo holandés (SRM II).

5.1. Elaboración de mapas estratégicos de ruido básicos

5.1.1. Datos de entrada

5.1.1.1. Caracterización del área de estudio

Terreno.

Para la definición del modelo digital del terreno se ha utilizado como cartografía base la aportada por la Consejería de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, que cuenta con mapas a escala 1:5.000 georreferenciados en tres dimensiones. Para introducir en el modelo otros elementos necesarios (carreteras, líneas de ferrocarril, etc.) y otros datos más accesorios, interesantes a la hora de simbolizar elementos cartográficos del mapa de ruido se ha recurrido a las hojas 1:25.000 del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

Ambas series cartográficas se han realizado sobre proyección UTM huso 30N, utilizando el Elipsoide Internacional Hayford y el Datum Europeo 1950 (ED 50). La equidistancia entre curvas de nivel es de 5 m.

Se ha considerado la asignación de un coeficiente de absorción del terreno $G = 1$ en aquellos casos en que éste es totalmente absorbente (zonas de vegetación), frente a coeficientes $G = 0$ en áreas de terreno totalmente reflectantes (típico de zonas urbanas, superficies pavimentadas).

Líneas de ferrocarril y carreteras.

Se toma de base la misma cartografía del CNIG.

La vía del ferrocarril en el modelo debe ser una única plataforma sobre la cual se sitúa la fuente de ruido, que será caracterizada por el tráfico. Complementariamente a los datos de trazado obtenidos de la cartografía disponible, se realizan visitas de campo para verificar y ajustar las características del mismo en el modelo de cálculo.

Aparte de la vía objeto del estudio, se incluyen tramos de carreteras que no se tienen en cuenta desde el punto de vista de fuente acústica, sino que simplemente son un elemento apantallante de la vía objeto del estudio.

Edificios.

La misma cartografía utilizada contiene los edificios del área de estudio. Para solucionar la carencia de edificios posteriores al año 2006, se recurre a la cartografía de la oficina del Catastro del Ministerio de Hacienda. La altura de los edificios se introduce al modelo a partir de los datos del número de plantas, que aportan estos planos. Se hace una aproximación de una altura media de 3 metros por planta.

Estos datos han sido completados con datos obtenidos en visitas de campo para determinar con exactitud la altura, tipo y uso de edificio.

En lo que respecta a las propiedades de absorción acústica de las superficies de los edificios, por defecto, se ha considerado que las fachadas de todos los edificios situados en la zona de estudio se comportan como superficies totalmente reflectantes.

Obstáculos.

La recopilación de datos referentes a posibles obstáculos acústicos se ha obtenido en trabajo de campo y ortofotos disponibles, localizándose diferentes tipologías de elementos apantallantes; caballones, desmontes, pasos a distinto nivel etc. que han sido tenidos en cuenta a la hora de construir el modelo.

5.1.1.2. Tráfico

Los datos básicos (frecuencia de paso y perfiles de velocidad de operación) de tráfico necesarios para el cálculo de los niveles sonoros han sido suministrados por Metro Madrid. El tratamiento de los datos de frecuencia de paso se describe en el *Anexo N°3. Cálculo de la frecuencia de tráfico ferroviario*. A partir de los perfiles de velocidad de operación de los

trenes, se ha determinado la velocidad media en sub-tramos para cada sentido de circulación. Estos datos de velocidad se han implementado en los modelos de cálculo.

5.1.1.3. Población

Los datos de población empleados en el presente estudio han sido obtenidos a través del Instituto Nacional de Estadística (INE) y corresponden a las secciones censales del 1 de enero de 2006. Dicha población será asignada a cada edificio y fachada mediante la utilización de una herramienta de cálculo informático disponible en el software CadnaA.

El procedimiento de reparto de población a fachadas se realiza mediante un Sistema de Información Geográfica. El perímetro del edificio se divide en tramos cuya longitud sea inferior a los 2 metros de tal manera que se pueda distribuir toda la población contenida en el edificio en cada uno de los tramos de fachada en que han sido divididas cada una de las fachadas que constituyen el edificio.

5.1.1.4. Datos meteorológicos

Las principales variables meteorológicas que resultan relevantes para este estudio, en referencia a la propagación del sonido, son la temperatura, el viento y la humedad relativa.

Teniendo en cuenta los requerimientos de la Ley 37/2003 del Ruido y de la Directiva Europea 2002/49/CE se emplea el criterio establecido por el grupo de trabajo WG-AEN en lo relativo a los porcentajes de ocurrencia de condiciones favorables a la propagación del ruido: período día: 50%, período tarde: 75% y período noche: 100%.

Además, por defecto, se establece para el cálculo una temperatura de 15° C y una humedad relativa del 70%.

5.1.2. Metodología

La obtención de los niveles de ruido mediante modelos de simulación, lleva consigo tres etapas claramente identificables: Caracterización de la fuente de emisión, Estudio de la propagación acústica y la determinación de los efectos del ruido en los puntos de recepción, niveles de inmisión. Todo ello conduce a la obtención de una serie de mapas; Niveles Sonoros de Inmisión, Exposición y Zonas de Afección.

5.1.2.1. Método de cálculo

Para la realización de los mapas estratégicos de ruido se utiliza una sistemática basada en cálculos y en el uso de herramientas de predicción, mediante modelos de propagación. Estos modelos están implementados en software comercial.

El modelo utilizado ha sido el recomendado por la Directiva Europea para ruido generado por infraestructuras de ferrocarril: Método Nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado como “*Reken – en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 november 1996*”, adaptado a lo exigido a la Directiva 2002/49/CE, recogido en el Anexo II del RD 1513/2005 que desarrolla la Ley de Ruido, e implementado en el software comercial CADNA-A, de DataKustik.

Este método describe un procedimiento detallado para calcular niveles sonoros originados por el tráfico de trenes en las proximidades de una vía, teniendo en cuenta la topografía, los obstáculos a la propagación y los efectos meteorológicos que afectan a la transmisión del sonido.

Además, para completar la metodología de trabajo, se han tenido en cuenta las recomendaciones dictadas por la European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) en el documento "*Position Paper. Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure*".

5.1.2.2. Parámetros de cálculo

De acuerdo a la Directiva Europea 2002/49/CE y su transposición al estado español mediante la Ley 37/2003 del Ruido, los parámetros de cálculo empleados en la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido para evaluar el grado de molestia y las alteraciones del sueño son Lden y Lnoche, respectivamente. Para completar el análisis, se han añadido las métricas Ldía y Ltarde que participan en la definición del Lden. Estos parámetros de cálculo se definen de la siguiente manera.

Indicador de ruido diurno (Ldía): es el indicador de ruido asociado a la molestia durante el período diurno (7:00 h a 19:00 h). Corresponde al nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos diurnos de un año.

Indicador de ruido en período vespertino (Ltarde): es el indicador de ruido asociado a la molestia durante el período vespertino (19:00 h a 23:00 h). Corresponde al nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos vespertinos de un año.

Indicador de ruido en período nocturno (Lnoche): es el indicador de ruido correspondiente a la alteración del sueño, en el período nocturno (23:00 h a 7:00 h). Corresponde al nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos nocturnos de un año.

Indicador de ruido día-tarde-noche (Lden): es el indicador de ruido asociado a la molestia global, se determina aplicando la fórmula siguiente:

$$Lden = 10 * \text{Log} \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right)$$

Donde el sonido que se tiene en cuenta es el sonido incidente, es decir, no se considera el sonido reflejado en la fachada de una determinada vivienda (en general, ello supone una corrección de 3 dB en caso de medición).

5.1.2.3. Caracterización de la emisión sonora

Sobre el modelo cartográfico descrito en el punto anterior se introduce la fuente acústica que provoca los niveles sonoros en el escenario creado. Esta fuente acústica se define como dos líneas (una para cada sentido de circulación: vía 1 y vía 2) de emisión acústica dispuestas en el centro de la vía y a las alturas de emisión consideradas en el método holandés SMR II.

El nivel de esta fuente acústica viene determinada por la intensidad de tráfico ferroviario en las diferentes bandas temporales consideradas: día, tarde y noche, por la velocidad de los vehículos que operan por ella y por el tipo de tren.

En este sentido se ha llevado a cabo un estudio específico para asignar una de las categorías acústicas de trenes definidas en el método de cálculo holandés, tal como se expone a continuación:

Caracterización acústica de los tipos de tren

Es objeto de este epígrafe la caracterización de la emisión acústica de los trenes operados por Metro de Madrid mediante la aplicación del procedimiento A del método holandés SRMII, de forma que el resultado sirva como dato de entrada para realizar los mapas estratégicos de ruido de los tramos de ferrocarril metropolitano en superficie, aplicando dicho método interino de cálculo.

Para el desarrollo de la metodología seguida se ha contado con el estudio y experiencia aportada del trabajo: “Estudios relacionados con la elaboración de mapas estratégicos de ruido de los grandes ejes ferroviarios”, elaborado por el CEDEX para la caracterización acústica de los trenes operados por ADIF.

El método holandés SMRII contempla dos procedimientos para la caracterización de la emisión sonora de los trenes: el procedimiento simplificado (procedimiento A) y el procedimiento completo (procedimiento B). Este método contiene una base de datos que define la emisión de 9 categorías de trenes.

El procedimiento A consiste en la asignación de la emisión sonora del tren a la emisión de una de las categorías de tren existentes en la base de datos del método.

El Procedimiento B: se trata del procedimiento completo de caracterización acústica de la emisión de trenes mediante complejas campañas de medición. Tras su aplicación, la emisión del tren se puede introducir en la base de datos existente como una categoría nueva.

Este último procedimiento presenta una alta dificultad de aplicación, debido a su complejidad técnica y a las necesidades de equipamiento. Cada fuente de ruido presente en el tren se debe caracterizar independientemente; ruido de tracción, ruido de rodadura, ruido de frenado y ruido aerodinámico. Para distinguir el ruido procedente del vehículo del procedente de la vía es necesario disponer de un tren silencioso o, en su lugar, aplicar métodos alternativos aún en proceso de implementación.

El procedimiento no se puede aplicar durante la circulación habitual de los trenes, sino que es necesario interrumpir dicha circulación, lo cual aumenta la dificultad práctica de aplicación.

El método SMRII es un método interino que se debe aplicar mientras se desarrollan los métodos armonizados. En el alcance de este proyecto se ha tomado en consideración dicho aspecto por lo que la caracterización de la emisión sonora de los trenes se llevará a cabo mediante la aplicación del Procedimiento A.

Por tanto, la caracterización acústica de trenes que operan en los tramos de estudio consiste en la realización de una campaña de medidas de niveles sonoros al paso de los convoyes que se desean caracterizar para, a partir de los valores obtenidos, asimilar su emisión a una de las categorías de tren establecidas en la norma holandesa.

La base de datos existente contiene la emisión de las siguientes categorías de tren:

Categoría 1: Trenes de pasajeros con frenos de zapata.

Categoría 2: Trenes de pasajeros con frenos de disco y de zapata.

Categoría 3: Trenes de pasajeros con frenos de disco.

Categoría 4: Trenes de mercancías con frenos de zapata.

Categoría 5: Trenes diesel con frenos de zapata.

Categoría 6: Trenes diesel con frenos de disco.

Categoría 7: Metros urbanos y tranvías con frenos de disco.

Categoría 8: Trenes Intercity (eléctricos) con frenos de disco.

Categoría 9: Trenes de alta velocidad con frenos de disco o de zapata.

La caracterización de la emisión sonora de los trenes se organiza en dos tareas diferentes:

Tarea 1: Medida de los niveles sonoros al paso de los trenes.

Tarea 2: Asignación de la emisión a una de las categorías de tren de la base de datos.

Metodología de la campaña de medidas

Tras realizar una valoración entre la complejidad de aplicación y la incertidumbre asociada a las simplificaciones consideradas se propone realizar la campaña de medidas en estas condiciones:

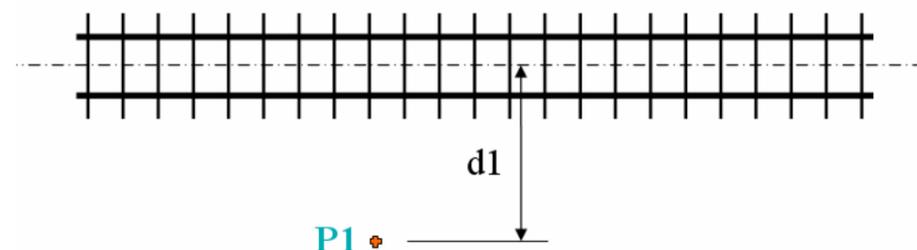
Medidas de niveles sonoros y velocidad.

Se mide el nivel sonoro equivalente ponderado A del paso del tren en bandas de octava desde los 63 Hz a 8KHz (LAeq Tp), en una sección transversal a 7.5 metros del eje carril y a 1.2 metros de altura sobre la superficie del carril.

Donde Tp es el tiempo de paso y se calcula mediante:

$$T_p = \frac{\text{LongitudTren}}{\text{VelocidadPaso}}$$

El croquis de la configuración de la medida es el siguiente:



Posición del micrófono: $d1 = 7.5$ metros.

La velocidad de paso de cada tren se controla mediante fotocélulas colocadas a ambos lados de la vía. El tiempo necesario para recorrer la distancia entre cabeza y cola determina la velocidad de paso del tren.

La situación ideal para los puntos de medida que puedan evitar efectos no controlables se define por las siguientes características:

- Ser un tramo de vía llano y recto.
- El carril debe estar sobre una cama de balasto, tener traviesas de hormigón y estar soldado (libre de juntas o cruces).
- El entorno tiene que cumplir condiciones de campo libre. El terreno emisor y el receptor debe estar libre de obstáculos y de elementos reflectantes o fuertemente absorbentes.
- El estado de corrugación del carril debe ser representativo de la situación promedio en la red analizada.

Conseguir esta situación es difícil en las tres líneas de Metro analizadas.

La Línea 5, la Línea 10 y la Línea 9B, en la parte no soterrada, presentan zonas con desmontes muy acusados y escasos tramos rectos libres de desmontes. Además, al tratarse de líneas urbanas, el trazado discurre próximo a edificios y obstáculos.

Los puntos elegidos para llevar a cabo estas medidas son los siguientes:

Línea 5:

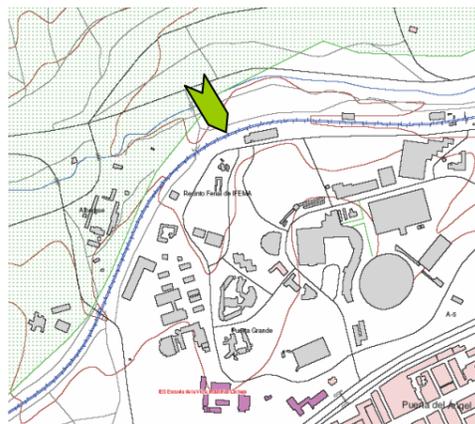
La siguiente ilustración representa el punto donde se han registrado los niveles de ruido generados por el paso del tren. El punto se localiza entre las estaciones de Empalme y Aluche.



Punto de medida en Línea 5 (ref. medidas en campo)

Línea 10:

La figura siguiente representa el punto donde se han registrado los niveles de ruido generados por el paso del tren. El punto se localiza entre las estaciones de Lago y Batán.



Punto de medida en Línea 10(ref. medidas en campo)

Línea 9B:

La siguiente figura representa el punto donde se han registrado los niveles de ruido generados por el paso del tren. El punto se localiza entre las estaciones de Puerta de Arganda y Rivas-Urbanizaciones.



Punto de medida en Línea 9B (ref. medidas en campo)

Asignación de los trenes a las categorías de emisión

Como se ha indicado anteriormente los niveles sonoros registrados durante las medidas se comparan con los niveles sonoros generados por el paso de cada una de las categorías de tren de la base de datos holandesa en el modelo acústico.

La metodología requiere que el tren se asigne a la categoría que supere en todas las frecuencias el nivel sonoro del que se va a caracterizar, tomando siempre la mínima emisión posible. Una aplicación estricta del método puede maximizar considerablemente la asignación, por lo que se recomienda una asignación basada en una similitud en el nivel global del paso y en el espectro sonoro del tren.

También se han registrado los niveles de ruido de fondo que no afectaron a la medida de nivel de ruido del paso del tren, dado que estos últimos enmascaran completamente los ruidos derivados de la actividad de la ciudad en los puntos de medida seleccionados.

A continuación, se muestran los resultados de asignación de las diferentes líneas a la categoría Holandesa correspondiente.

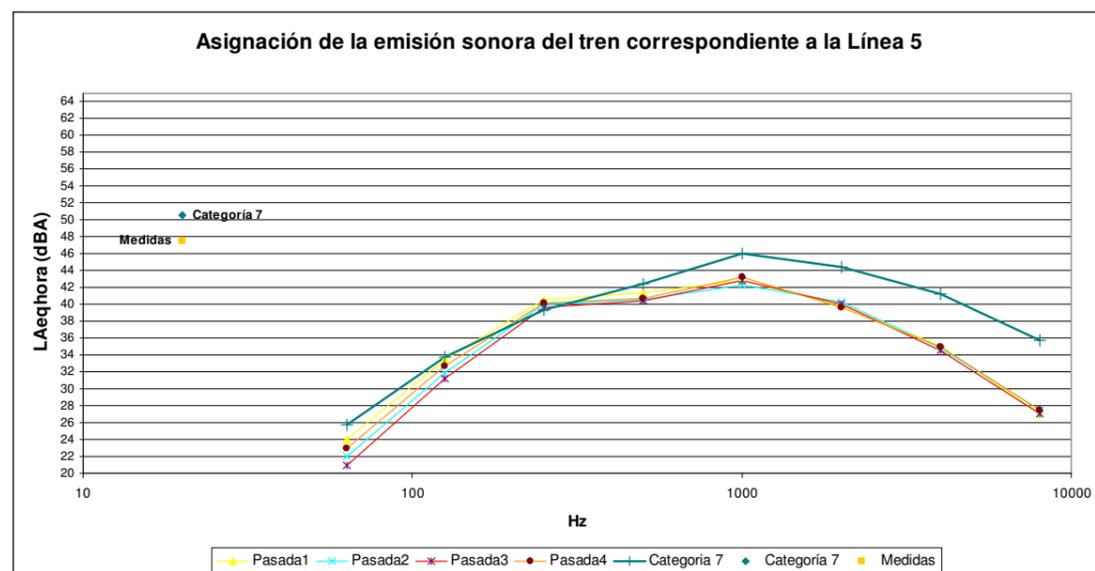
Línea 5:

La siguiente gráfica representa los niveles de ruido generados por el paso de los trenes que operan en esta Línea. En la gráfica se han representado cuatro pasadas de trenes en diferentes instantes de tiempo en el mismo punto de medida. El registro de niveles realizado es de mayor número de pasadas.

La velocidad de circulación de los trenes en este punto es de 42 Km/h. El sentido de circulación de la vía considerado es Empalme hacia Aluche.

También se ha incluido en la gráfica el nivel de emisión de la *Categoría 7*, en el punto correspondiente del modelo simulado. Estos niveles de emisión se ajustan muy bien a baja frecuencia, incrementándose la diferencia a altas frecuencias, aunque siempre por encima de los niveles de emisión de los trenes que operan por la línea.

Esta caracterización es aceptable ya que el nivel de emisión global de las medidas se encuentra por debajo del nivel de emisión global simulado.

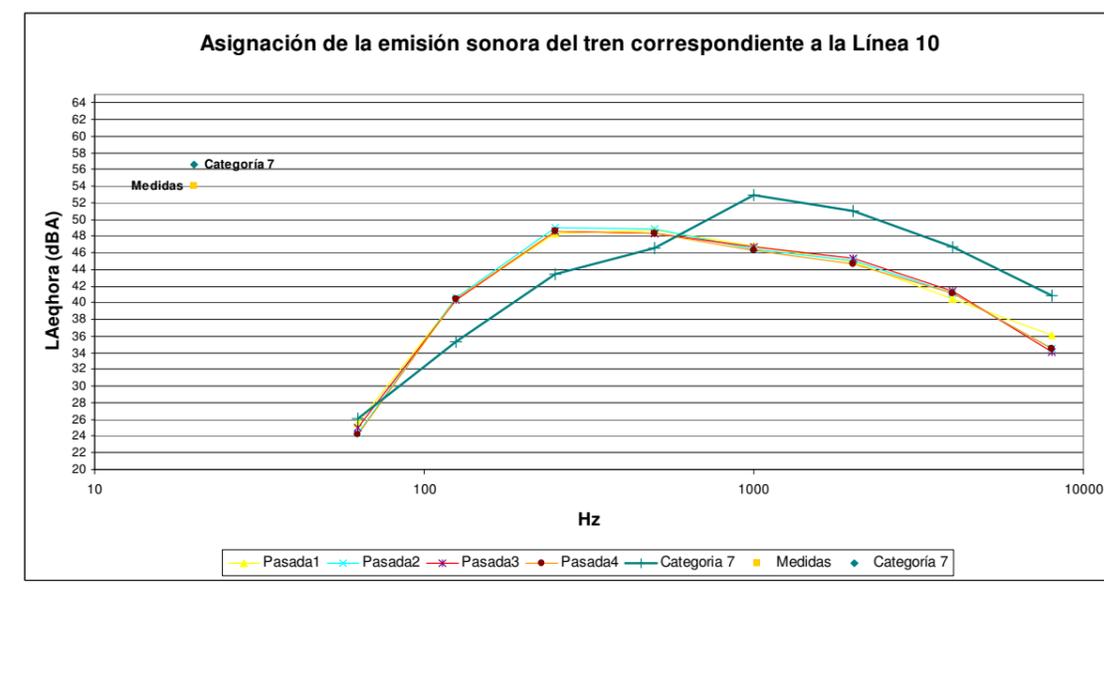


Línea 10:

La gráfica que se muestra a continuación representa los niveles sonoros generados por el paso de los trenes que operan en esta Línea. Como en el caso anterior, en la gráfica se representan cuatro pasadas de trenes en diferentes instantes de tiempo por el mismo punto de medida.

La velocidad de circulación de los trenes en este punto es de 50 Km/h. El sentido de circulación de la vía considerado es Batán hacia Lago.

También se ha incluido en la gráfica el nivel de emisión de la *Categoría 7*, en el punto correspondiente del modelo simulado. Estos niveles de emisión se ajustan muy bien a alta frecuencia, incrementándose la diferencia a bajas frecuencias. Esta caracterización es aceptable ya que el nivel de emisión global de las medidas se encuentra próximo y por debajo del nivel de emisión global simulado.



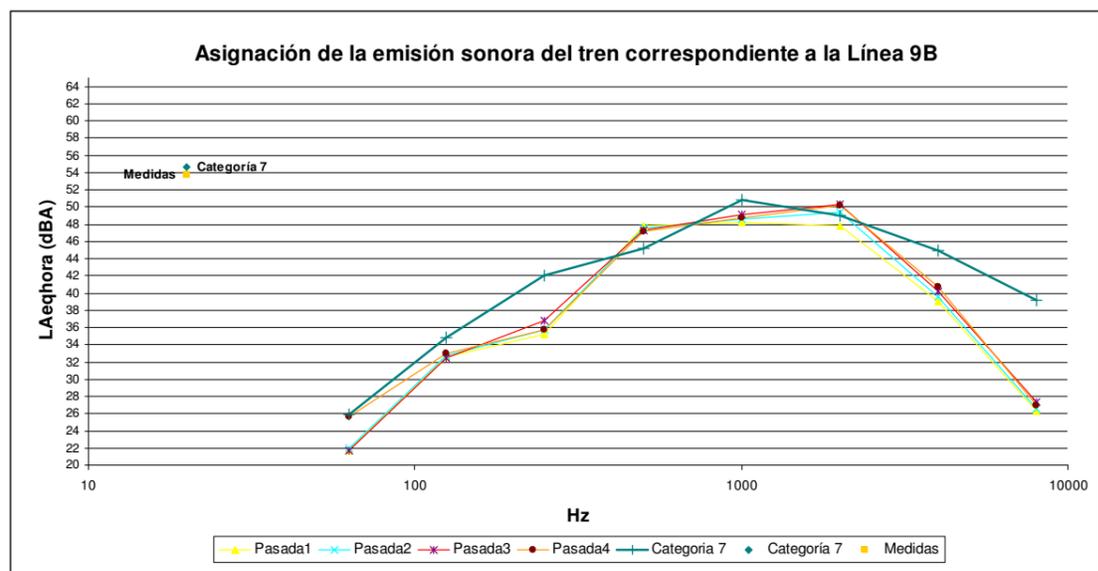
Línea 9B:

La siguiente gráfica representa los niveles de ruido generados por el paso de los trenes que circulan por esta Línea. La gráfica representa cuatro pasadas de trenes en diferentes instantes de tiempo por el mismo punto de medida.

La velocidad de circulación de los trenes en este punto es de 60 Km/h. El sentido de circulación de la vía considerado es Puerta de Arganda hacia Rivas-Urbanizaciones.

También se ha incluido en la gráfica el nivel de emisión de la *Categoría 7*, en el punto correspondiente del modelo simulado. Estos niveles de emisión se ajustan muy bien a baja y alta frecuencia.

Esta caracterización es aceptable ya que el nivel de emisión global de las medidas se encuentra muy próximo y por debajo del nivel de emisión global simulado.



5.1.2.4. Estudio de la propagación acústica

El estudio de propagación y determinación de los niveles de inmisión sonora generados por el ferrocarril metropolitano se lleva a cabo insertando una malla regular de receptores virtuales sobre el territorio previsiblemente afectado. Esta malla sitúa receptores a una altura determinada sobre el terreno; según las recomendaciones recogidas en los diferentes documentos legales anteriormente reseñados, para la realización de los Mapas Estratégicos de Ruidos, los receptores deben estar situados a una altura de 4 metros sobre el suelo. Además, tanto la legislación como trabajos anteriores de referencia, como los de ADIF para los MER de los grandes ejes ferroviarios, define los parámetros óptimos (o aquéllos que quedan del lado de la seguridad) para la realización de los cálculos implicados en la determinación de los niveles de inmisión sonora generados por infraestructuras ferroviarias. Éstos se relacionan a continuación.

Parámetros generales de cálculo.

- Radio máximo búsqueda: Se especifica, para un receptor determinado, el radio de búsqueda de fuentes de ruido. Se considera un valor de 2.000 m.
- Interpolación de malla: Indica la interpolación de los resultados entre receptores. Se considera un valor de 0 x 0. Es decir, el cálculo se realiza con una distancia entre receptores de 30 m o de 10 m según el caso, pero la representación de la malla se hace mediante una interpolación en puntos intermedios de 0 x 0 metros para una mejor lectura de los mapas.

Parámetros referidos a las reflexiones.

- Orden de reflexión: Se considerarán 2 reflexiones para todo el estudio.
- Radio de búsqueda de fuentes: Se considera un valor de 100 m.
- Radio de búsqueda de receptor: Se considera un valor de 100 m.
- Máxima distancia fuente – receptor: Se considera un valor de 1.000 m.
- Última reflexión: Se considera el efecto de la última reflexión para la obtención de los mapas de ruido, pero no para la obtención de los mapas de exposición (sonido incidente).
- Propiedades acústicas de la superficie de los edificios: Por defecto, se considera que las fachadas de todos los edificios en la zona de estudio se comportan como superficies totalmente reflectantes.

Parámetros referentes a periodos temporales.

Estos valores son considerados teniendo en cuenta las directrices dictadas por la Directiva Europea 2002/49/CE y las recomendaciones dadas por ADIF para mantener criterios homogéneos en todos los tipos de mapas obtenidos.

- Periodos temporales: Se considera el período día de 7:00 h a 19:00 h, el período tarde de 19:00h a 23:00 h, y el período noche de 23:00 h a 7:00 h.

- Niveles de penalización acústica para cada uno de los períodos establecidos según lo indicado en la citada Directiva Europea; para el período día 0 dB, para el período tarde 5 dB y para el período noche 10 dB.

Parámetros de propagación del sonido.

- Condiciones meteorológicas: Se consideran los valores de temperatura y humedad relativa recomendados por ADIF; temperatura ambiente de 15 °C y una humedad relativa de 70 %.

- Los porcentajes de ocurrencia de condiciones favorables a la propagación del ruido son las recomendadas por el grupo de trabajo WG – AEN, de la Comisión Europea; del 50 % en el período de día (7:00 h a 19:00 h), del 75 % en el de tarde (19:00 h a 23:00 h) y del 100 % en el de noche (23:00 h a 7:00 h). Cabe destacar que estas condiciones resultan muy exigentes y están del lado de la seguridad.

- Absorción del suelo: Tal como se recomienda en la realización de MER de grandes ejes ferroviarios de ADIF, para el suelo se introducirán, en general, los valores de absorción acústica de $G = 1$. Si bien se tendrán en cuenta las calles asfaltadas de las poblaciones, para lo que se empleará el valor de absorción de $G = 0$.

Cálculo frecuencial.

Análisis de bandas de frecuencia de octava. Espectro definido entre 100 Hz y 4 kHz.

Malla.

- Malla de cálculo. Se recomienda un paso de malla no superior a 30 m para la realización de los MER básicos, aunque en el caso de zonas urbanas se debe reducir a 5 m para asegurar que existen suficientes puntos para realizar las interpolaciones. Como la mayor parte del trazado de las líneas discurren por trazado urbano, se ha utilizado un paso de malla de 5 metros para todos mapas.

- Altura de los receptores: 4 m respecto del suelo.

Líneas del terreno.

- Se tienen en cuenta las líneas de terreno como elementos difractantes.

Modelo digital del terreno (MDT).

- El modelo digital de terreno se va a definir mediante técnicas de triangulación.

5.1.2.5. Procedimiento de obtención de los mapas

El cálculo acústico se realiza en el software CADNA-A, el proceso de edición de mapas de nivel, exposición y afección, se han realizado mediante el Sistema de Información Geográfica (GIS) ArcGis, (versión 9.2), de la casa comercial Esri, ya que esta herramienta informática presenta la potencia de interrelación de capas necesaria para optimizar el resultado.

En los mapas se marca la situación de las principales aglomeraciones de población, así como los nombres de polígonos industriales y de enclaves geográficos de importancia, se marca la existencia de accidentes fluviales (ríos y lagos), zonas arboladas, límites de municipios, carreteras fuera del estudio y otros elementos cartográficos.

Igualmente se marca la Línea de ferrocarril objeto del estudio con la nota de los Puntos Kilométricos (PK). También figuran en los mapas las curvas de nivel.

Las construcciones tienen un código de colores para diferenciar el uso residencial, industrial y el de colegios y hospitales.

La información gráfica que contienen estos mapas se aporta a continuación:

- **Mapas de niveles sonoros básicos:** De cada zona geográfica se reproducen los mapas de nivel Lden, Lnoche, Ldía y Ltarde. Los planos de niveles sonoros se obtienen mediante la representación gráfica de las curvas isófonas y el coloreado de las áreas ocupadas por los niveles correspondientes a los intervalos 55-60 dB(A), 60-65 dB(A), 65-70 dB(A), 70-75 dB(A) y más de 75 dB(A), para los mapas de Lden, Ldía y Ltarde, y por los niveles correspondientes a los intervalos 50-55 dB(A), 55-60 dB(A), 60-65 dB(A), 65-70 dB(A) y más de 70 dB(A), para los planos de Lnoche.

- **Mapas de exposición:** Los mapas de exposición muestran las zonas calculadas en detalle con los valores de exposición en fachadas de viviendas y habitantes. Estos mapas tienen en su margen estos mismos valores correspondientes a toda la Unidad de Mapa Estratégico. Los valores acústicos se extraen de los propios cálculos de los mapas de detalle.

- **Mapas de zonas de afección:** En los mapas de afección se representa el área afectada por niveles acústicos superiores a 55 dB(A), así como las isófonas de 55, 65 y 75 dBA. En estos mapas también se hace constar una tabla con la superficie en km² afectada por cada rango acústico, el número de personas y viviendas en centenas en cada margen y los colegios y hospitales afectados. En estas tablas sólo se consignan valores de Lden y los cálculos realizados en los mapas básicos.

De modo que con estos mapas será determinado el efecto del ruido, es decir, conocer la población afectada en los diferentes rangos de nivel de ruido estudiados mediante un cálculo de nivel sonoro básico.

5.2. Elaboración de mapas estratégicos de ruido de detalle

La única diferencia palpable a nivel metodológico es la realización de esta segunda fase del estudio a una escala mucho más pormenorizada, lo que requiere una información más detallada de los datos que van a cebar el modelo.

Se establecen, a continuación, los criterios de selección de las zonas de estudio de detalle y una breve reseña metodológica a fin de no ser reiterativos en los procedimientos.

5.2.1. Selección de zonas de Estudio de Detalle

A partir de la Fase anterior, se definen y delimitan ciertas zonas sobre las cuáles es necesario aportar información más detallada.

En estas zonas se realizan mapas estratégicos de ruido detallados a escala de 1:5.000

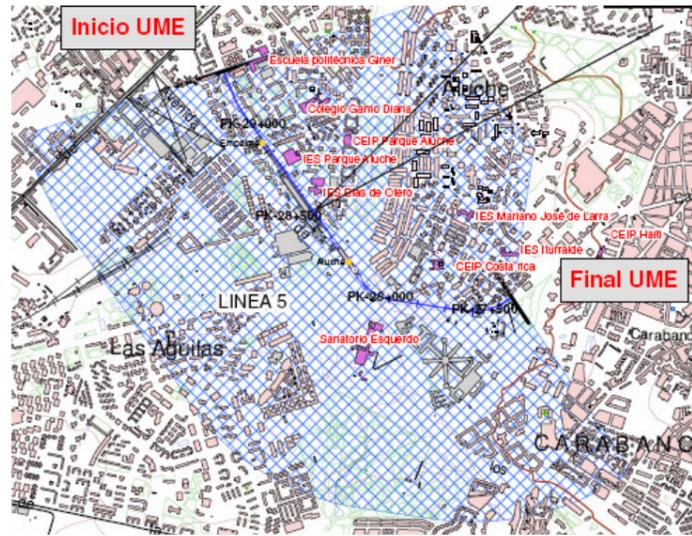
Habida cuenta que los tramos estudiados discurren por trazado urbano se pasan a estudio de detalle en su totalidad.

A continuación se presenta una descripción de cada zona de detalle seleccionada:

Zona UME	PK Inicial	PK Final	Longitud detalle (Km)
Línea 5	27,358	29,303	1,945
Línea 10	33,89	36,545	2,655
Línea 9B	6,131	23,694	14,257 *

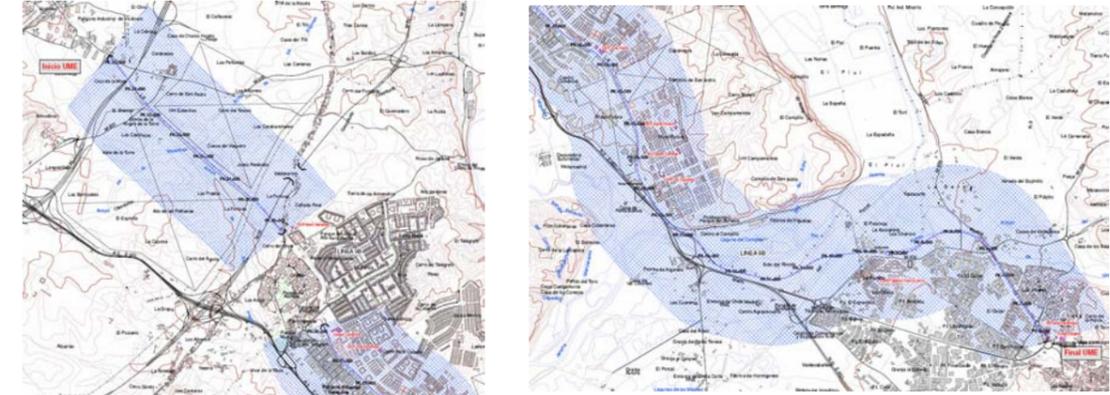
* se ha excluido el tramo soterrado entre Puerta de Arganda y Rivas Urbanizaciones

La zona de estudio de detalle para la Línea 5, es la que se muestra en la siguiente ilustración:



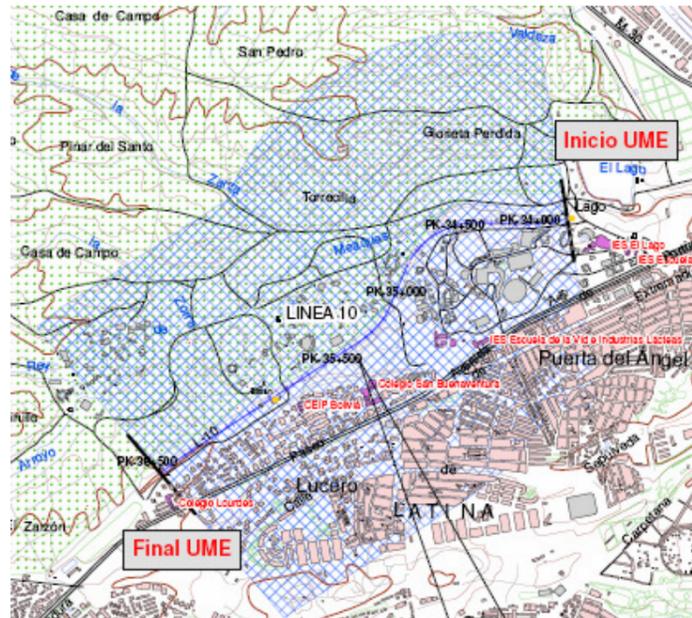
Zona de estudio de detalle. Línea 5.

La zona de estudio de detalle para la Línea 9B, es la que se muestra en la siguiente ilustración:



Zona de estudio de detalle. Línea 9B.

La zona de estudio de detalle para la Línea 10, es la que se muestra en la siguiente ilustración:



Zona de estudio de detalle. Línea 10.

5.2.2. Datos de entrada

Los datos de entrada al modelo son similares a los utilizados en la Fase anterior (a mayor nivel de detalle).

Únicamente, tener en cuenta que, complementariamente al cálculo realizado sobre la malla de receptores virtuales, se ha llevado a cabo un cálculo de niveles sonoros en receptores situados en las fachadas de los edificios con el objeto de obtener valores que se puedan asignar a las propias fachadas, y que sirven como base para la asignación de niveles sonoros a la población.

Para este cálculo en fachada se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Los mapas de exposición son calculados mediante el cruce de los resultados obtenidos en la aplicación del software de simulación de los niveles sonoros con los integrados en el SIG sobre la población asignada a cada edificio. De esta forma se puede tener conocimiento de la población afectada a cada rango de nivel sonoro por fachada ó tramo de fachada. Para ello, el nivel sonoro se calcula en receptores colocados en las fachadas de todos de los edificios residenciales, docentes y sanitarios que están dentro de la zona de estudio.

La población de cada edificio se ha de asignar a fachada, en función de su longitud o longitud de los tramos en que se dividan las fachadas de los edificios.

La población expuesta en cada tramo de fachada que se ha dividido, se calcula de la siguiente forma: $(\text{Longitud del tramo} / \text{Perímetro del edificio}) \times \text{Población correspondiente al edificio}$.

6. Principales resultados obtenidos

6.1. Análisis de los mapas de niveles sonoros, edificaciones y población afectadas

Tras los análisis realizados, uno de los primeros aspectos a reseñar es la escasa distancia, en dirección perpendicular, de propagación del ruido generado por el tráfico ferroviario metropolitano. Esto determina escasos niveles de exposición poblacional situados por encima de los valores objetivo de calidad acústica establecidos en el RD 1367/ 2007 o, lo que es lo mismo y en términos relativos, un reducido número de habitantes afectados por exposición a contaminación acústica debido al funcionamiento de las líneas de Metro analizadas.

6.1.1. Superficie expuesta

La superficie total expuesta a valores de Lden, para cada UME en estudio, se presenta a continuación por rangos de nivel cada 5 dB(A) y acumulada para valores superiores a 55, 65 y 75 dB.

Línea 5:

dB(A)	Línea 5				
	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Superficie (Km²)	0,028	0,037	0,027	0,011	0,000

Superficie (Km²)	>55	>65	>75
	0,10	0,04	0,00

Línea 10:

dB(A)	Línea 5				
	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Superficie (Km²)	0,127	0,080	0,067	0,044	0,015

Superficie (Km²)	>55	>65	>75
	0,33	0,13	0,02

Línea 9B:

dB(A)	Línea 5				
	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Superficie (Km²)	0,737	0,440	0,368	0,243	0,003

Superficie (Km²)	>55	>65	>75
	1,79	0,61	0,00

6.1.2. Población afectada

Las siguientes tablas recogen el número total estimado de personas expuestas a valores de Lden, Lnoche, Ldía y Ltarde. Éstos se recogen en centenas con dos decimales, ya que los datos de población afectada son bajos y realizar redondeos modifica sustancialmente los resultados finales.

Los rangos de evaluación para los indicadores, Lden, Ldía y Ltarde, son: 55-60, 60-65, 65-70, 70-75 y >75. Mientras que el indicador Lnoche se evalúa en los siguientes rangos: 50-55, 55-60, 60-65, 65-70 y >70. El valor acumulado, según el indicador Lden, para valores superiores a 55, 65 y 75 dB también se muestra:

Línea 5:

UME	Nº personas (centenas)				
	dB(A)	Lden	Lnoche	Ldía	Ltarde
Línea 5	50-55	-	2,18	-	-
	55-60	1,07	0	1,94	2,13
	60-65	1,59	0	0,42	0,18
	65-70	0	0	0	0
	70-75 >70 *	0	0	0	0
	>75	0	-	0	0

* 70-75 para los indicadores Lden, Ldía y Ltarde

* >70 para el indicador Lnoche

" - " rango de nivel no evaluado

Lden	Nº Personas (centenas)
>55	2,66
>65	0
>75	0

Los datos reflejan la afección a un escaso número de personas afectadas por niveles sonoros en los rangos de nivel evaluados, y en relación a la elevada densidad poblacional presente en el entorno inmediato del trazado en superficie de Línea 5.

Línea 10:

UME	Nº personas (centenas)				
	dB(A)	Lden	Lnoche	Ldía	Ltarde
Línea 10	50-55	-	0	-	-
	55-60	0	0	0	0
	60-65	0	0	0	0
	65-70	0	0	0	0
	70-75 >70 *	0	0	0	0
	>75	0	-	0	0

* 70-75 para los indicadores Lden, Ldía y Ltarde

* >70 para el indicador Lnoche

" - " rango de nivel no evaluado

Lden	Nº Personas (centenas)
>55	0
>65	0
>75	0

En este tramo no hay población afectada. Los edificios localizados en el entorno del trazado en superficie de Línea 10 se encuentran lo suficientemente alejados de la vía de modo que por ello no existen edificios afectados.

Línea 9B:

UME	Nº personas (centenas)				
	dB(A)	Lden	Lnoche	Ldía	Ltarde
Línea 9B	50-55	-	0,83	-	-
	55-60	0,69	0	0,76	0,76
	60-65	0,6	0	0,27	0,27
	65-70	0	0	0	0
	70-75 >70 *	0	0	0	0
	>75	0	-	0	0

* 70-75 para los indicadores Lden, Ldía y Ltarde

* >70 para el indicador Lnoche

" - " rango de nivel no evaluado

Lden	Nº Personas (centenas)
>55	1,29
>65	0
>75	0

Los datos obtenidos de asignación poblacional a los niveles sonoros generados por el tráfico ferroviario en Línea 9B determinan que el número de personas afectados por ruido es escaso.

6.1.3. Edificios afectados

Las siguientes tablas recogen el número total estimado de viviendas, en centenas, existentes en cada zona de estudio, así como los edificios sensibles (hospitales y colegios) (en unidades). Estos valores corresponden a la exposición a valores de Lden superiores a 55, 65 y 75 dB.

Línea 5			
	Viviendas (centenas)	Nº Hospitales	Nº Colegios
>55	0,89	0	2
>65	0	0	0
>75	0	0	0

Línea 10			
	Viviendas (centenas)	Nº Hospitales	Nº Colegios
>55	0	0	0
>65	0	0	0
>75	0	0	0

Línea 9B			
	Viviendas (centenas)	Nº Hospitales	Nº Colegios
>55	0,43	0	0
>65	0	0	0
>75	0	0	0

6.2. Conclusiones

Según los Objetivos de Calidad Acústica (OCA) establecidos en el Real Decreto 1367/2007 (*Anexo II, Objetivos de calidad acústica*), en la situación actual para el ruido producido por las infraestructuras ferroviarias (para los tramos estudiados de la Línea 5, Línea 10 y Línea 9B) no existen personas expuestas a niveles de ruido superiores a los marcados en los OCA según los indicadores L_d, L_e y L_n.

La zonificación acústica existente en los tramos en estudio se recoge en el ANEXO N°4. Solo el municipio de Madrid dispone de ella, de modo que en el resto de tramos donde no existe zonificación acústica se ha considerado el uso del edificio para verificar los OCA.

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L _d	L _e	L _n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial .	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

(1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

En consecuencia, no resulta de aplicación lo dispuesto en el Artículo 10 (*Planes de Acción del Real Decreto 1513/2005 de de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental*).

Valladolid, Mayo de 2009

DIRECCIÓN DEL ESTUDIO:

D.JUAN HUERTA GARICANO

(Madrid Infraestructuras del Transporte (MINTRA))

D.IGNACIO FERNÁNDEZ GARCÍA

(METRO MADRID)

AUTORES DEL ESTUDIO:

D. ANTONIO HIDALGO OTAMENDI

(CECOR, Centro de Estudio y Control de Ruido)

D. JOSÉ ALBERTO HERNÁNDEZ MARTÍN

(CECOR, Centro de Estudio y Control de Ruido)