

MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO DE FERROCARRILES DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA

2009

PRESENTACIÓN

Los datos que configuran y definen los mapas estratégicos de ruido para circulaciones superiores a 60.000 trenes / año para las líneas de Barcelona - Vallès y Llobregat - Anoia han sido calculadas de acuerdo con el modelo CERTU de acuerdo con los requerimientos más habituales de explotación y bajo las consideraciones generales de la adaptación del modelo, y con las circulaciones correspondientes al año 2007.

Los resultados que se presentan no responden a mediciones de niveles de ruido *in situ* y, por lo tanto, en este sentido los valores de inmisión calculados presentan una cierta indeterminación técnica al no abarcar la aleatoriedad del proceso real de la inmisión acústica.

Sin embargo, los resultados obtenidos permiten definir los ámbitos donde se debe iniciar la gestión estratégica del ruido en el marco de la legislación vigente.

ÍNDICE

1. OBJETIVOS
2. DESCRIPCIÓN GENERAL
3. NORMATIVA
4. DEFINICIÓN DE LOS MAPAS DE RUIDO
5. METODOLOGÍA
6. CÁLCULO DE ISÓFONAS
7. MAPAS Y SUS EXPRESIONES
8. SUPERFICIES
9. VIVIENDAS
10. POBLACIÓN
11. RESULTADOS
12. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

1. OBJETIVOS

1) El presente documento tiene por objeto presentar y dar cumplimiento a la Directiva europea 2002/49/CE sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental, el RD 1513/2005 que desarrolla la Ley de ruido 37/2003 y la Ley 16 / 2002, de 28 de junio, de protección contra la contaminación acústica en cuanto a la elaboración de las expresiones que conforman los mapas estratégicos de ruido de los ferrocarriles de titularidad de la Generalitat de Catalunya que alcanzan circulaciones superiores a 60.000 trenes / año (línea Barcelona - Vallès y línea Llobregat - Anoià, entre Barcelona y Martorell Enllaç).

Las expresiones de los mapas estratégicos se han calculado a una altura de 4 m sobre el terreno. Se han analizado en dos fases diferenciadas de acuerdo con el criterio de definición de los datos de entrada utilizadas.

Fase A: Mapas estratégicos básicos, a escala 1:25.000

Se ha determinado que esta escala de trabajo es poco adecuada para la elaboración de las expresiones de los mapas (líneas de Metro sin circulaciones a altas horas de la noche), ya que su concreción diferencia muy poca información.

Fase B: Mapas estratégicos de detalle, a escala 1:5.000 de toda la zona de estudio

Dado el desistimiento realizado durante la fase A, el estudio de las expresiones que conforman los mapas estratégicos se ha desarrollado a escala 1:5.000 a lo largo de toda la zona de estudio en las zonas concretas seleccionadas en función de la población del entorno del ferrocarril.

2) Calcular por aplicación de algoritmos de simulación de la distancia respecto a la vía a la que se sitúan las isófonas de los indicadores de la legislación vigente.

3) Estimar para diferentes tramos de las líneas de ferrocarril la población y los diferentes niveles que la Directiva Europea sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental y el Departamento de Medio Ambiente y Vivienda (DMAV) prevén los diferentes indicadores.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1 Ámbito de estudio

Las líneas de FGC que pertenecen al ámbito de estudio son: la totalidad de la línea Barcelona - Vallès y la línea Llobregat - Anoia entre Barcelona y Martorell Enllaç. Ambas líneas responden básicamente a las de un metro que conecta Barcelona con su corona urbana.

2.1.1 Línea Barcelona – Vallès o metro del Vallès

Esta línea transcurre por la ciudad de Barcelona y por el Vallès Occidental por su paso por Sant Cugat del Vallès, Rubí, Sant Quirze del Vallès, Terrassa, Cerdanyola y Sabadell.

La orografía moldea el tren en los sectores entre Les Planes y Sant Cugat del Vallès, Bellaterra y Sant Quirze, mientras que entre Sant Quirze y Sabadell se abre a la llanura vallesana. La velocidad del aire en estos ámbitos es tranquilo, no supera habitualmente los 0,2 m / s, dado el apantallamiento orográfico natural de buena parte del recorrido y el suave descenso hacia la llanura.

En el sector comprendido entre Sant Cugat del Vallès y Terrassa el trazado aprovecha el valle de la riera de Rubí la que canaliza el aire en sentido de terral las mañanas y de marinada por las tardes, siguiendo la dirección del trazado.

Está formada por 6 líneas de ancho internacional. Todas tienen origen en la estación de plaza Catalunya y conectan Barcelona con Terrassa, Sabadell, Rubí, Sant Cugat del Vallès y el campus de la Universidad Autónoma de Bellaterra. Las líneas están numeradas por una letra, un número y un color. Así, la letra "S" se utiliza para líneas con un servicio suburbano, mientras que la letra "L" indica que la línea es de carácter urbano.

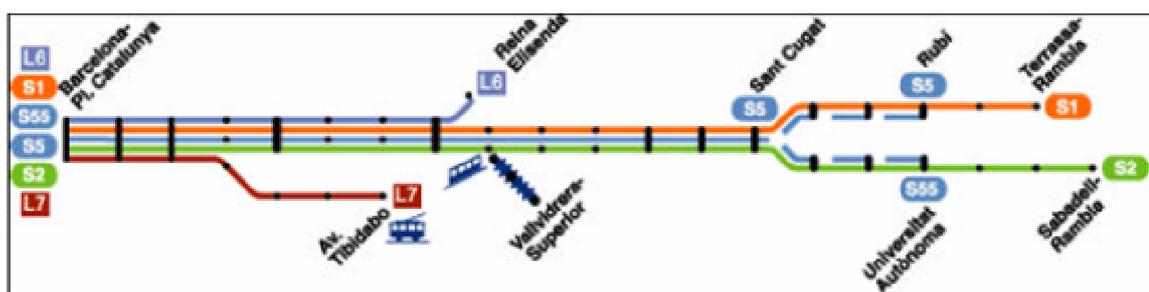


Figura 2.1 Línea Barcelona Vallès o metro del Vallès

LA LÍNEA SE HA DIVIDIDO EN TRAMOS CON CARACTERÍSTICAS HOMOGÉNEAS DE TRÁFICO Y CONDICIONES DE CIRCULACIÓN QUE SE DEFINEN EN LA TABLA SIGUIENTE:

| LÍNEA BARCELONA - VALLÈS o metro del Vallès | | | | |
|--|-------------------|----------|-----------------|----------|
| | PK INICIAL | | PK FINAL | |
| | x | y | x | y |
| Tramo 1: Barcelona - Valldoreix E. | 0426903 | 04583940 | 0422482 | 04590214 |
| Tramo 2: Valldoreix E. - Sant Cugat E. | 0422482 | 04590214 | 0423115 | 04591462 |
| Tramo 3: Sant Cugat E. – Rubí E. | 0423115 | 04591462 | 0419466 | 04593265 |
| Tramo 4: Rubí E. - Túnel Terrassa | 0419342 | 04593440 | 0417579 | 04600049 |
| Tramo 5: Sant Cugat E.- Bellaterra E. | 0423115 | 04591462 | 0424198 | 04594455 |
| Tramo 6: Bellaterra E. - UAB E. | 0424198 | 04594455 | 0425195 | 04595172 |
| Tramo 7: UAB E.- Sabadell E. | 0425195 | 04595172 | 0425079 | 04599099 |

| LÍNEA BARCELONA - VALLÈS | v (km/h) | n día | n tarde | n noche |
|----------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Recorrido común | | | | |
| Tramo 1: Barcelona - Valldoreix | 39 | 296 | 94 | 44 |
| Tramo 2: Valldoreix - Sant Cugat | 23 | 296 | 94 | 44 |
| Línea S1 | | | | |
| Tramo 3: Sant Cugat - Rubí | 41 | 126 | 54 | 22 |
| Tramo 4: Rubí - Terrassa | 62 | 112 | 28 | 22 |
| Línea S2 | | | | |
| Tramo 5: Sant Cugat - Bellaterra | 36 | 170 | 40 | 22 |
| Tramo 6: Bellaterra - UAB | 28 | 170 | 40 | 22 |
| Tramo 7: UAB - Sabadell | 56 | 146 | 40 | 22 |
| DATOS GENERALES | T día (s) | T tarde (s) | T noche (s) | |
| | 43200 | 14400 | 28800 | |

Tabla 2.1

2.1.2 Línea Llobregat – Anoia entre Barcelona y Martorell Enllaç

Transcurre por el Barcelonès y el Baix Llobregat pasando por Barcelona, Cornellà, Sant Joan Despí, Sant Boi de Llobregat, Santa Coloma de Cervelló, Sant Vicenç dels Horts, Pallejà, Corbera de Llobregat, Sant Andreu de la Barca, Martorell y Castellbisbal. El cañón del río Llobregat señala el trazado entre Cornellà y Martorell.

Está formada por 6 líneas de anchura métrica, una de ellas, la L8, con una prolongación durante las horas punta, la S33. Utiliza un código análogo en la línea Barcelona - Vallès pero añadiendo la letra "R" para referirse a servicios de cercanías o regionales. El origen de las líneas se encuentra en la plaza de España.

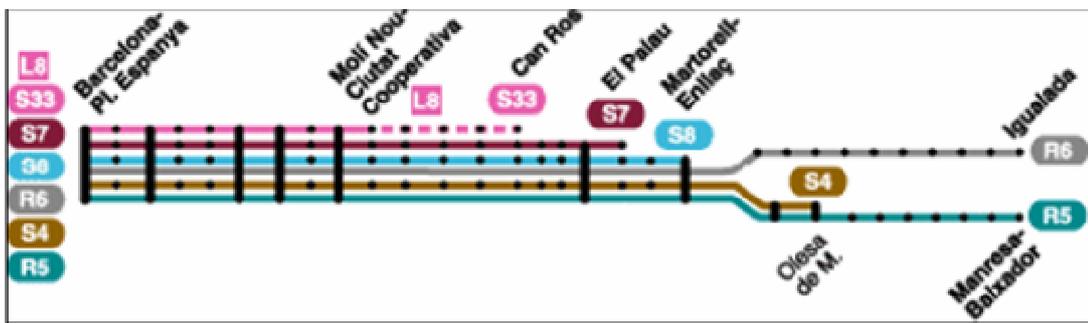


Figura 2.2 Línea Llobregat - Anoia

CADA LÍNEA SE HA DIVIDIDO EN TRAMOS CON CARACTERÍSTICAS HOMOGÉNEAS DE TRÁFICO Y CONDICIONES DE CIRCULACIÓN QUE SE DEFINEN EN LA TABLA SIGUIENTE:

| LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA. BARCELONA – MARTORELL ENLLAÇ | | | | |
|---|------------|----------|----------|----------|
| | PK INICIAL | | PK FINAL | |
| | x | y | x | y |
| Tramo 1: Bcn/Cornellà - Molí Nou | 0421336 | 04578490 | 0419451 | 04579149 |
| Tramo 2: Molí Nou/CC - Can Ros | 0419472 | 04579172 | 0416970 | 04583062 |
| Tramo 3: Can Ros - El Palau | 0416970 | 04583062 | 0413095 | 04590011 |
| Tramo 4: El Palau - Martorell Enllaç | 0413095 | 04590011 | 0490760 | 04593301 |
| | | | | |

| LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA (viajeros) | v (km/h) | n día | n tarde | n noche |
|--------------------------------------|----------|-------|---------|---------|
| Tramo1: Barcelona – Molí Nou/CC | 31 | 248 | 76 | 52 |
| Tramo 2: Molí Nou/CC - Can Ros | 35 | 160 | 48 | 26 |
| Tramo 3: Can Ros - El Palau | 46 | 148 | 48 | 24 |
| Tramo 4: El Palau - Martorell Enllaç | 41 | 148 | 48 | 24 |
| | | | | |

| LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA (mercancías) | v (km/h) | n día | n tarde | n noche |
|--------------------------------------|----------|-------|---------|---------|
| Barcelona - Sant Boi | 40 | 0 | 0 | 0 |
| Sant Boi - Martorell Enllaç | 40 | 3 | 1 | 0 |
| | | | | |

| DATOS GENERALES | T día (s) | T tarde (s) | T noche (s) |
|-----------------|-----------|-------------|-------------|
| | 43200 | 14400 | 28800 |

Tabla 2.2

2.1.3 Parámetros fundamentales de las líneas

La línea Llobregat - Anoia entre Barcelona y Martorell Enllaç y la línea Barcelona - Vallès se caracterizan en función de tres parámetros fundamentales:

- la longitud,
- la velocidad y
- el número de circulaciones diarias de los trenes.

Los dos primeros parámetros dependen directamente del trazado de la línea y del tipo de trenes que se utilizan. El tercer parámetro depende de las demandas de explotación y es fijado por la gestión de FGC.

La velocidad de los trenes y su longitud está directamente relacionada con el tipo de trenes utilizados en la explotación de las líneas. La velocidad también depende del trazado ya que, según discorra la vía, el tren alcanzará más o menos velocidad.

2.2 El trazado

Es uno de los elementos que afecta al tipo y magnitud del ruido provocado por los trenes. Se describen los factores del trazado determinantes en el ruido ferroviario en cuyos tramos la vía transcurre en pendiente o en rampa, terraplén o trinchera o sobre puentes de hormigón o acero.

2.2.1 El trazado de la línea Barcelona – Vallès o metro del Vallès.

La línea Barcelona - Vallès, tiene una anchura de vía de 1.435 mm, está totalmente electrificada (1.500 Vcc) y es de vía doble.

El tráfico de esta línea es exclusivamente de trenes de viajeros. Su trazado se bifurca en Sant Cugat del Vallès, de donde salen dos ramales, el de la izquierda hacia Rubí y Terrassa, de 14.149 metros de longitud total, y el de la derecha hacia Bellaterra y Sabadell, de 12.237 metros, resultando un total de 41.701 metros de líneas si se añade el tramo que es común hasta Sant Cugat del Vallès.

La velocidad máxima de circulación es de 60 km / h en el recorrido común (entre Barcelona y Sant Cugat) y puntualmente se pueden alcanzar los 90 km / h en lugares de los otros tramos de la línea. Estas velocidades, sin embargo, no se pueden llegar a alcanzar en la práctica por motivos de trazado, técnicos y de explotación comercial. La velocidad considerada en el trabajo de 40 km / h responde a los requerimientos de explotación.

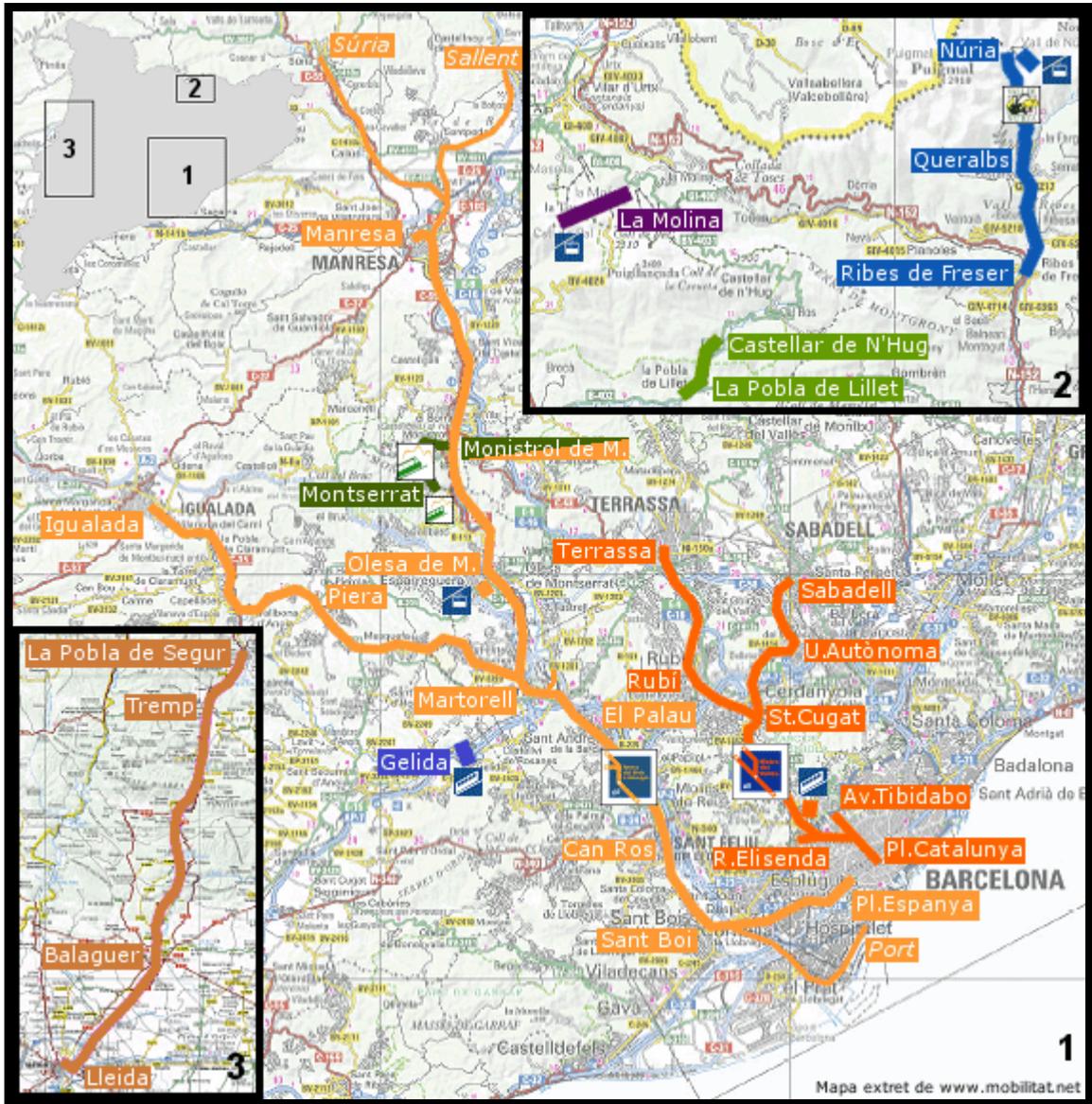


Figura 2.3 Mapa general de FGC

En la figura siguiente se muestra el trazado general de los dos ramales de esta línea sobre el territorio que atraviesan.

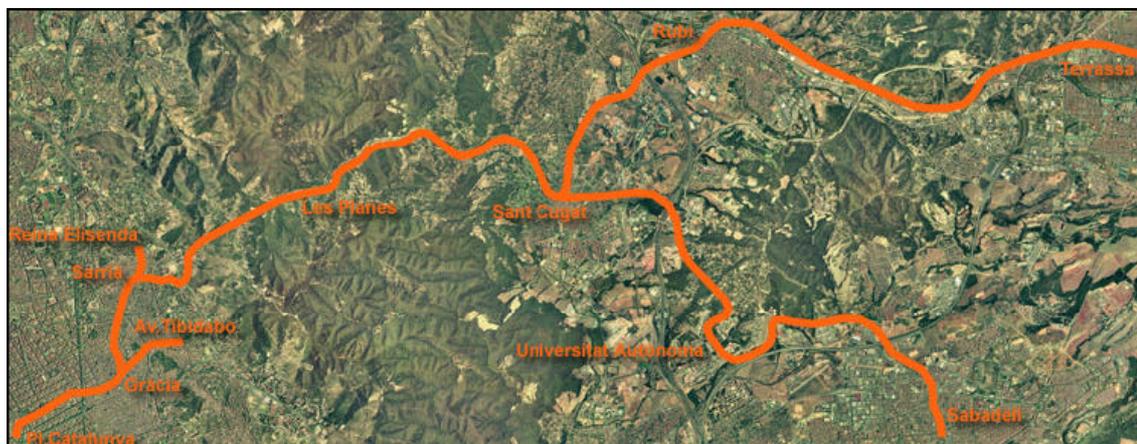


Figura 2.4 Mapa del trazado de la línea Barcelona – Vallès

A continuación se hace la descripción detallada de los diferentes tramos de este trazado.

2.2.1.1 De plaza Catalunya a Sarrià / Reina Elisenda y av. Tibidabo

Este primer tramo discurre en su totalidad por túnel y, por lo tanto, no es objeto de este trabajo. De todos modos, se describe ya que las vibraciones son también una manifestación de la contaminación acústica.

Su origen es la estación de plaza Catalunya. Justo dejar atrás esta estación, emprendemos una cerrada curva a la derecha para tomar la calle Balmes. El trazado es rectilíneo y pasamos por debajo de la línea L1 del Metro, la línea Pl. Catalunya - Sants y la línea Barcelona-Tarragona de la red de vía ancha. Además, también pasamos por encima de la línea L2 del metro de Barcelona. Después de remontar un buen tramo de la calle Balmes, llegamos a la estación de Provenza. A la salida de esta estación, pasamos por encima de la línea L5 del Metro y, mediante una suave curva a la derecha y luego a la izquierda, enfilamos el subsuelo de la vía Augusta y llegamos a la estación de Gracia. Salimos de esta estación siguiendo la misma vía Augusta y describiendo una curva suave a la izquierda. Pasamos por debajo de la vía descendente de la línea de Avinguda Tibidabo y llegamos al pequeño apeadero de Sant Gervasi, situado en plena curva. Siguiendo, pronto llegaremos a Muntaner, describiendo una ligera curva a la derecha. El recorrido sigue ahora en trazado casi rectilíneo hacia La Bonanova y Les Tres Torres. La entrada en la estación de Sarrià se hace mediante una fuerte rampa y una curva a la derecha. El ramal de Reina Elisenda sale una vez pasado Sarrià, situado en el subsuelo de la vía Augusta. Mediante una larga curva a la izquierda y tras dejar atrás los antiguos talleres, llegamos a Reina Elisenda que está en el subsuelo del paseo de la Reina Elisenda de Montcada. Por otra parte, el ramal de la línea de Balmes en avenida Tibidabo empieza en Gràcia y, mediante dos túneles independientes situados a cada lado de la línea de Sarrià y una rampa considerable, llegamos a la estación de plaza Molina, tras describir una curva a la derecha. A partir de aquí, el trazado sube muy sinuoso, siguiendo el trazado de la calle Balmes, pasa por la estación de Padua y llega la estación de El Putxet. Desde aquí hasta Avinguda Tibidabo, la línea tiene una fuerte rampa en línea recta. La línea termina en esta estación, situada a bastante profundidad en el subsuelo de la plaza John Fitzgerald Kennedy.

El hecho de encontrar fuertes rampas y curvas pronunciadas junto con la proximidad de las estaciones entre sí hace que en este tramo no se puedan alcanzar las velocidades máximas técnicas que permiten los trenes.

2.2.1.2 De Sarrià a Les Planes

En este tramo es donde los trenes empiezan a circular al aire libre y donde se empiezan a transmitir los niveles de ruido frente a posibles receptores. En concreto, el túnel urbano acaba poco después de la estación de Sarrià. Al salir de esta parada, nos encontramos una curva a la derecha seguida por otra a la izquierda para, a continuación, salir al exterior y enfilarse hacia el Vallès.



Figura 2.5 Estación de Gràcia

El túnel urbano no es el único de la línea, ya que poco después se pasa por un primer túnel de 356 metros de largo, se sigue por un corto tramo a cielo abierto y se encuentra otro tramo cubierto de 172 metros. Más adelante, la línea recorre un tramo en trinchera y llega a la estación del Peu del Funicular. El tramo de línea entre Sarrià y Peu del Funicular es uno de los que tienen unas rampas más importantes. A continuación, se encuentra otro túnel que pasa por debajo de la sierra de Collserola y es el más largo de la línea (aparte de los urbanos) con 1.625 metros, en trazado rectilíneo en rampa. Justo a la salida, está el Baixador de Vallvidrera.



Figura 2.6 Salida túnel de Vallvidrera

A partir de aquí, hay menos restricciones que en la zona plenamente urbana y la línea sigue con un perfil más fácil y con una suave pendiente hacia la estación de Les Planes.

2.2.1.3 De Les Planes a Sant Cugat

Este tramo sigue siendo relativamente suave y poco sinuoso excepto en su parte final. La salida de Les Planes se hace en suave rampa, encontrándonos un conjunto de curvas y contracurvas muy seguido y dotado de contracarril. Después, la línea sigue por un tramo que se hizo como variante a principios de los años noventa debido a la construcción de la autopista de los Túneles de Vallvidrera. Esta variante, de unos centenares de metros, hace una suave curva a la derecha, ahorrando antiguas curvas y contracurvas bastante cerradas. La línea sigue y, antes de llegar al túnel de La Floresta, de 180 metros de longitud, el trazado describe alguna curva más. La estación de La Floresta se encuentra poco después de la salida de este túnel. La vía sigue entre suaves rampas, una larga curva a la izquierda, un tramo recto y otra larga curva a la derecha hacia la estación de Valldoreix, situada justamente en esta última curva. Para llegar a Sant Cugat, siempre en pendiente desde La Floresta, hay un largo tramo de recta que acaba repentinamente con una cerrada curva a la izquierda que marca la entrada en la estación de Sant Cugat del Vallès.



Figura 2.7 Estación de Les Planes

2.2.1.4 De Sant Cugat del Vallès a Rubí

En Sant Cugat del Vallès, la línea se divide en dos partes: un ramal hacia Terrassa y el otro hacia Sabadell. La salida de Sant Cugat a Terrassa se realiza mediante una cerradísima curva a la izquierda, dejando a la derecha el ramal de Sabadell. Una vez superada la curva, la vía sigue un trazado bastante rectilíneo hacia el apeadero de Mira-sol. El trazado no se complica al pasar el apeadero y sigue siendo rectilíneo, describiendo una curva a la derecha y otra curva a la izquierda, de radio bastante notable. Llegamos a la estación del Hospital General. El recorrido sigue hacia Rubí, primero pasando por encima de la línea de RENFE de El Papiol - Mollet y luego bajo la autopista A-7. La vía sigue en línea recta y a la izquierda está el gran Centro de Operaciones de Rubí (COR) que es el depósito y taller central de la línea Barcelona - Vallès. Entraremos en Rubí mediante una suave curva a la izquierda con pendiente pronunciada y cubierta recientemente.



Figura 2.8 Llegada a Rubí. Centro de Operaciones de Rubí

2.2.1.5 De Rubí a Terrassa

La salida de la estación de Rubí se hace mediante una rampa importante para que la vía pase por encima de la riera de Rubí, curso que seguirá hasta Terrassa. El trazado es muy rectilíneo, especialmente hasta el apeadero de Les Fonts donde lo único destacable son dos suaves curvas a la derecha y una suave curva a la izquierda, justo antes de la estación. Para llegar hasta Terrassa, la vía asciende describiendo una ligera curva a la izquierda y otra a la derecha. A partir de aquí, el trazado será muy recto ya hasta el final de la línea. El recorrido pasa por debajo de la autopista C-58 se adentra hacia el entramado urbano de Terrassa mediante un túnel puesto en servicio a mediados de los años ochenta. La estación de Terrassa - Rambla se sitúa bajo la rambla de Egara. La vía finaliza, de momento, a la cola de maniobras de la estación, a la altura de la calle Iscle Soler.

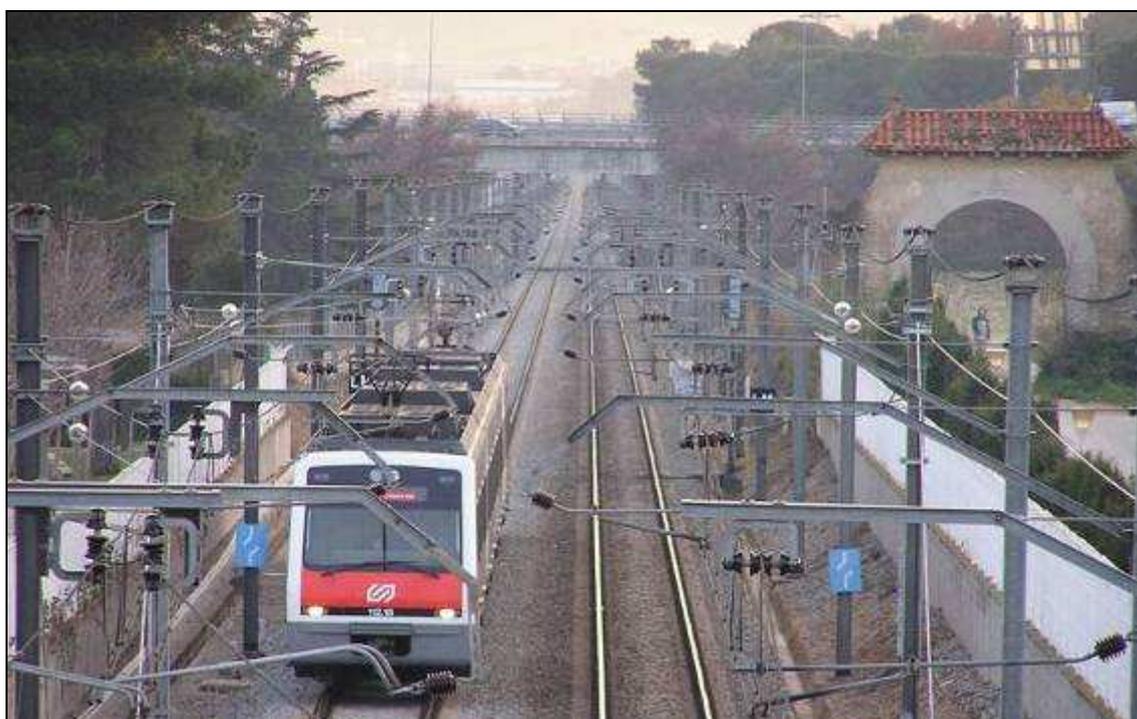


Figura 2.9 Tramo recto próximo a Les Fonts

2.2.1.6 De Sant Cugat del Vallès a Universidad Autónoma

La salida del ramal de Sabadell desde Sant Cugat se hace en recta, dejando a la izquierda la línea de Terrassa. En trazado bastante rectilíneo, pasaremos por un pequeño tramo con triple vía (donde la central termina en tope), para seguir pasando por encima de la línea de RENFE, El Papiol - Mollet y por encima de la autopista AP-7. A continuación, se llega al apeadero de Sant Joan. La línea sigue por una trinchera y bosques hasta la estación de Bellaterra. Desde aquí, la vía, desde los años noventa, sigue hacia la Universidad Autónoma (antiguamente lo hacía directamente hacia Sant Quirze) mediante una curva y contracurvas con fuerte pendiente.

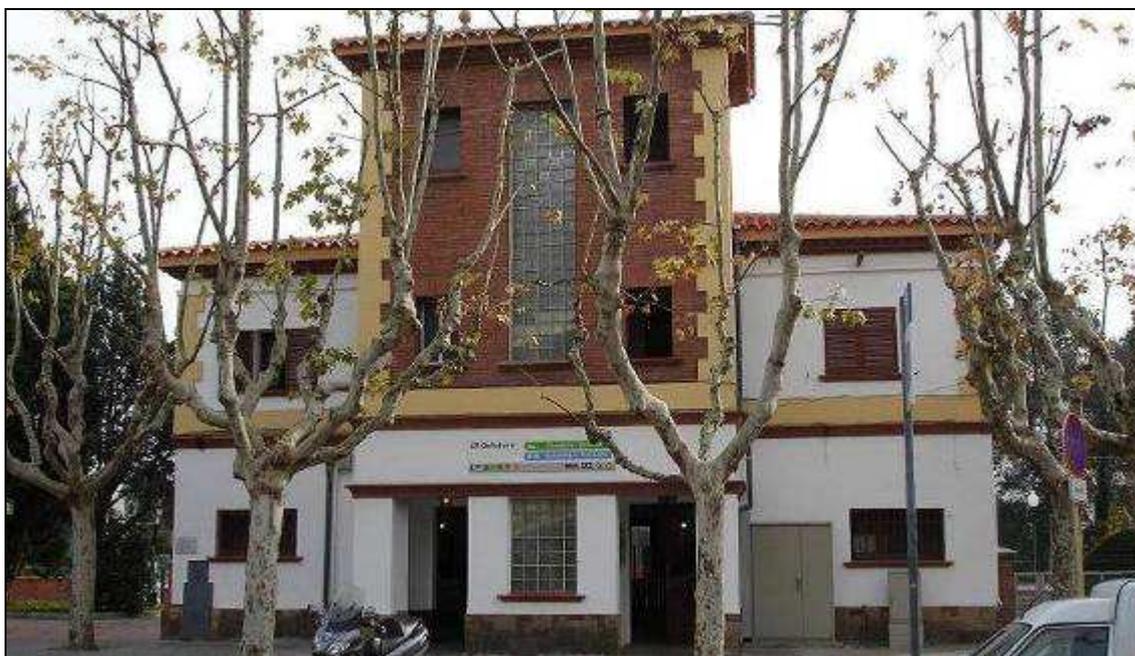


Figura 2.10 Bellaterra - Estación

2.2.1.7 De la Universidad Autónoma a Sabadell

Saliendo de la estación de la Universidad Autónoma, pasamos por un túnel, a la salida del cual podemos ver la autopista C-58 y la ciudad de Badia del Vallès. Pasando otro túnel, el trazado recupera la traza original para llegar a Sant Quirze en unos cientos de metros. Hasta Sabadell, el trazado es bastante rectilíneo; pasamos por debajo de la autopista C-58 y nos adentramos en el tejido urbano de Sabadell hasta llegar a Sabadell - Estación. En este punto, se acaba la doble vía y sigue un túnel pequeño y estrecho en vía única hasta el centro de la ciudad, en Sabadell - Rambla.

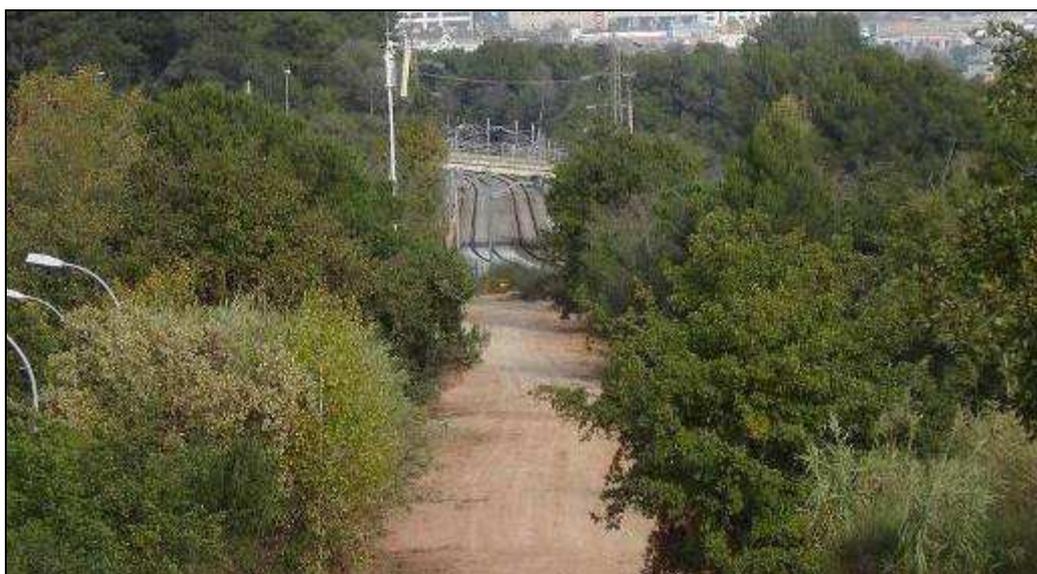


Figura 2.11 Trazado antiguo de la vía, convertido en un camino

2.2.2 El trazado de la línea Llobregat – Anoia entre Barcelona y Martorell Enllaç

La línea Llobregat - Anoia tiene una anchura de vía de 1.000 mm y está totalmente electrificada. La parte de la línea correspondiente al tramo entre Barcelona y Olesa de Montserrat se conoce también como el metro del Baix Llobregat.

Esta línea se bifurca en Martorell con un ramal hacia Manresa de 32.896 metros y otro hacia Igualada de 27.812 metros. Añadiendo el tramo común de 28.696 metros se tienen un total de 89.404 metros de trazado. La línea es de doble vía entre Barcelona y Quatre Camins y entre Sant Andreu de la Barca y El Palau, y de vía única en el resto de la línea. En un futuro próximo la línea será de vía doble hasta Olesa de Montserrat, ya que los tramos de vía única que hay hasta Olesa están en obras. Esta línea no es sólo de viajeros sino que también soporta un tráfico de trenes de sal y potasa. Existen los ramales destinados a esta finalidad entre Sallent y Súria, la factoría Solvay en Martorell y el puerto de Barcelona. También se utiliza la red de viajeros entre Manresa, Martorell y Sant Boi.

En la figura siguiente se muestra un plano del trazado antes de describir los tramos:



Figura 2.12 Mapa del trazado de la línea Llobregat – Anoia

2.2.2.1 De Barcelona plaza España a Cornellà

La línea Llobregat - Anoia comienza en la estación de plaza España. A la salida de la estación, mediante un complejo entramado de vías, se enlazan las vías de la nave antigua y las de la nave nueva para seguir bajo la Gran Vía y desembocar en la estación de Magòria - La Campana. El trazado sigue en línea recta con túneles independientes para cada vía hasta poco antes de la estación de Ildefons-Cerdà. La línea, de momento, no se separa de la Gran Vía, siguiendo recta hasta antes de la estación de Gornal, donde el trazado hace una cerrada curva a la derecha que va a parar a Gornal. Entre Ildefons-Cerdà y Gornal, próximamente estará la nueva estación de Europa | Fira (Amadeu Torner), donde se enlazará con la también nueva línea L9 del metro. A la salida de Gornal el trazado describe una doble curva de radios muy cerrados que pasa por debajo de la línea Barcelona - Vilanova i acaba en el apeadero de Sant Josep. Justo antes de llegar a Sant Josep, a la derecha, hay un pequeño tramo tapiado por el que la línea salía a la superficie cuando el soterramiento se limitaba el tramo entre el apeadero de Sant Josep y Sant Boi. La línea sigue ahora por debajo de la avenida Carrilet sin demasiadas dificultades hasta L'Hospitalet, pasando por debajo de la línea L1 del Metro de Barcelona. La salida de la estación de L'Hospitalet se hace por el subsuelo de la avenida Carrilet la que

se sigue en trazado bastante fácil hasta la estación de Almeda. El trazado se adentra en Cornellà donde se encuentra la estación de Cornellà - Riera situada bajo la calle Amadeu Vives.



Figura 2.13 Estación Europa|Fira

2.2.2.2 De Cornellà a Molí Nou

En unos cientos de metros, la línea sale a la superficie mediante una larga rampa parcialmente cubierta con vigas. Entre huertos, las vías pasan por debajo de la ronda litoral para unirse poco después con la línea de mercancías que el puerto de Barcelona. Inmediatamente, cruza por encima del río Llobregat mediante el puente de Sant Boi, formado por once tramos independientes, y construido con vigas pretensadas de hormigón. Este puente, construido en 1971, sustituyó uno de metálico el año 1912 que era de vía única. Pasado el puente, la vía hace una cerrada curva a la derecha para entrar en la estación de Sant Boi. Saliendo de la estación de Sant Boi hay un tramo de recta con cuatro vías, además de tener a nuestra izquierda cuatro vías más para estacionamiento de trenes. Una vez pasamos por debajo de la carretera BV - 2002, las cuatro vías se convierten en dos para seguir por un nuevo trazado puesto en servicio el año 2000 hacia la estación de Molí Nou, siguiendo el canal de la derecha del Llobregat. Este tramo describe una curva a la derecha y luego a la izquierda.



Figura 2.14 Salida hacia la superficie de la vía

2.2.2.3 De Molí Nou a Can Ros

Saliendo de Molí Nou, hay una vía muerta situada entre las dos generales para que los trenes de la línea L8 hagan el cambio de sentido.

Las vías ahora describen una recta para luego hacer una curva a la derecha y una a la izquierda hasta llegar a la colonia Güell. Saliendo de la estación, el recorrido pasa por un largo paso bajo una rotonda de la carretera de la BV-2002, vial que ahora se situará en la banda derecha de las vías. La línea sigue ahora pegada a la citada carretera hasta Santa Coloma de Cervelló, estación situada en una curva a la derecha.

Entre polígonos industriales, la vía sigue en trazado bastante rectilíneo dirección Martorell. Ya cerca de Sant Vicenç dels Horts hay un tramo de triple vía en el que se pueden hacer anticipos de trenes, sobre todo de mercancías. Estas tres vías pasan también por el puente sobre la riera de Torrelles para, a continuación y de nuevo en vía doble, entrar en Sant Vicenç dels Horts describiendo una curva a la izquierda.

El trazado entre Sant Vicenç y Can Ros entre las casas de esta población, primero en un tramo sobre terraplén y después aproximadamente al mismo nivel de la calle. La vía describe una curva a la derecha y una izquierda hasta Can Ros.

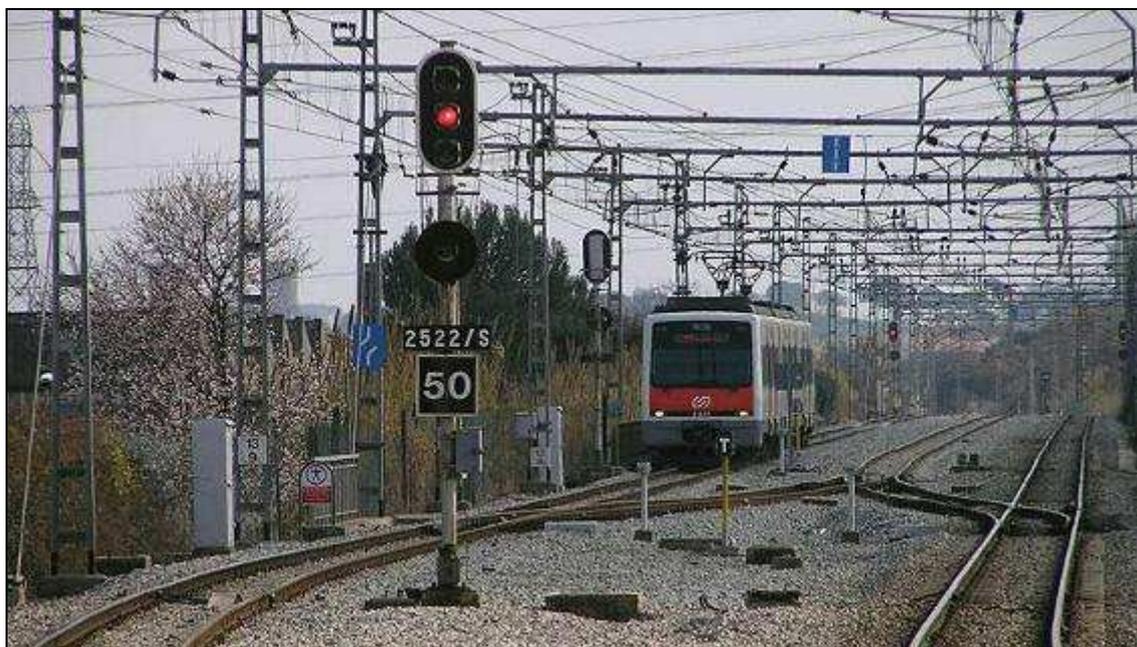


Figura 2.15 Desde la andana de Sant Vicenç dels Horts

2.2.2.4 De Can Ros al Palau

Saliendo del apeadero, hay una vía muerta entre las vías generales para los trenes de la línea S33 que tengan que cambiar el sentido. Poco después, se pasa un puente sobre la riera de Cervelló y luego otro por encima de la antigua N-340 para entrar en la estación de Quatre Camins. La salida de la estación de Quatre Camins se hace mediante una curva a la derecha y con cuatro vías. Poco después, se acaba la cuádruple vía y unos metros más allá se acaba de momento también la doble vía. Así pues, a partir de Quatre Camins, el trazado es en vía única y pasa inmediatamente por debajo de la autovía B-24. El trazado se adentra en la trama urbana de Pallejà, de momento en superficie, pero ya se están haciendo las obras para soterrar y además pasarlo a doble vía. Entrando en Pallejà, encontramos un primer paso a nivel para, a continuación, pasar por un puente de hormigón sobre una calle de la ciudad. A partir de ahí, empieza un desvío provisional del trazado debido a las obras de soterramiento y pronto llegaremos a la estación provisional de Pallejà, donde hay dos vías para permitir cruces de trenes. A la salida de la estación, de nuevo en vía única, mediante una curva a la derecha y otra izquierda la vía sigue entre las casas, todo este tramo en obras a su alrededor y para trazado provisional. A la salida del núcleo urbano de Pallejà por el lado de Sant Andreu, hay otra nueva variante de trazado. Seguidamente, la vía única se vuelve a convertir en doble, que será así hasta El Palau. Pasamos por el túnel de la Roca de Droc. Pasado este túnel seguimos el trazado de la N - Y para llegar a Sant Andreu de la Barca, en pendiente para entrar en el túnel urbano de esta ciudad. Una vez pasada la estación soterrada de Sant Andreu de la Barca, mediante dos túneles independientes pero paralelos, seguimos hacia la estación de El Palau, donde llegaremos después de volver a salir a la superficie y trazado rectilíneo en rampa suave.

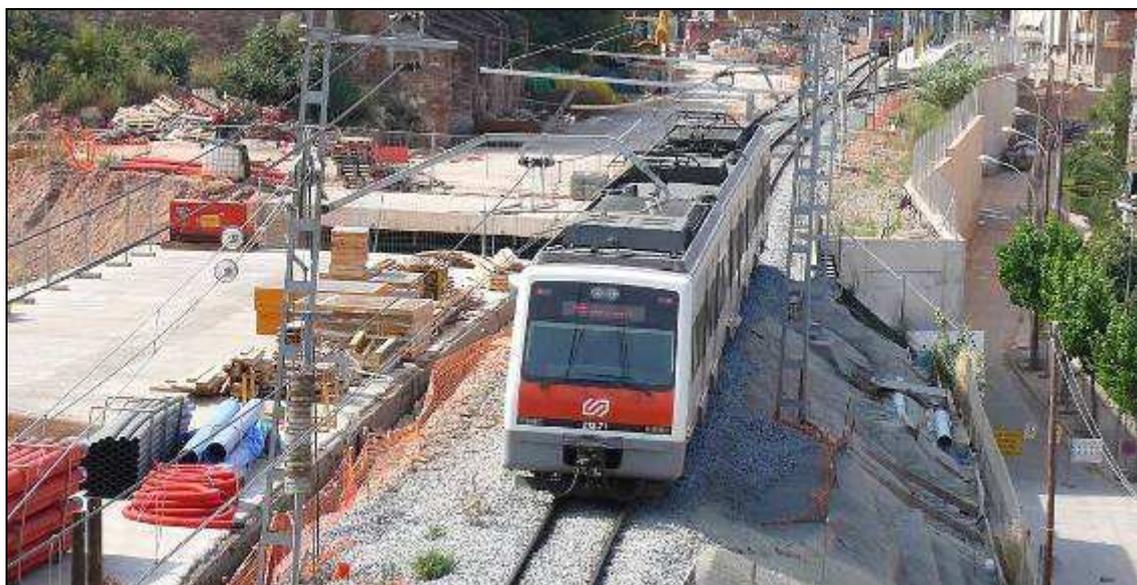


Figura 2.16 Tramo en obras de Pallejà

2.2.2.5 De El Palau a Martorell Enllaç

Saliendo de la estación de El Palau, las vías pasan por encima de la riera de Palau, mediante un puente de hormigón. Siguen entre varias naves industriales hasta describir una curva a la derecha, de manera que se pasa por debajo de la NO-Y para seguir con una curva a la izquierda. Las vías siguen yendo entre polígonos industriales pero muy pronto llegan al puente de la Presa, que salva el río Llobregat por segunda vez viniendo desde Barcelona. El trazado se abre paso por el desfiladero de Martorell, entre la autopista AP-7 y la autovía A-2. Justo antes de Martorell - Vila, las vías giran a la derecha en una curva muy cerrada, dejando a la izquierda el famoso Pont del Diable y pasando por debajo de la autovía A-2. Una vez pasada la estación de Martorell - Vila, el trazado sigue en recta, pasando por debajo de la carretera C-243c y después por encima de la línea de ferrocarril de vía ancha de Barcelona a Vilafranca. Hasta el año 2005, a partir de aquí el trazado seguía directamente hacia Martorell - Enllaç, teniendo como obra realmente muy significativa el puente metálico de Santa Llúcia sobre el río Llobregat. El paso de la línea de alta velocidad hizo modificar este trazado.

Así pues, actualmente, después del puente sobre la línea de vía ancha comienza la variante de Martorell con una curva a la izquierda que pasa por debajo de la carretera BV-1201 y a continuación bajo la autovía A-2. Inmediatamente, la línea cruza el río Llobregat por un puente de hormigón de seis tramos y el ramal a Solvay, tanto de FGC como de RENFE. La doble vía se separa, ya que entre éstas hay dos vías muertas, y en pendiente baja hasta Martorell - Central, no sin antes juntarse con una vía en cada sentido que va a la Solvay. Saliendo de Martorell - Central la vía pasa por debajo de la nueva avenida Montserrat y sigue el trazado hacia Martorell - Enllaç, pasando por un puente de hormigón sobre el torrente de Els Llops. Justo antes de Martorell - Enllaç las vías pasan por encima de la futura línea de alta velocidad Lleida - Barcelona y se reencuentran con el trazado existente hasta el año 2005. En Martorell está ubicado el depósito y los talleres de la línea Llobregat-Anoia



Figura 2.17 Potasero en la estación de Martorell – Vila

A partir de Martorell, el trazado de la línea es bastante sinuoso con rampas considerables y gran cantidad de puentes y túneles, ya sea en el ramal con dirección a Manresa o Igualada.

2.2.2.6. De Martorell - Enllaç a Olesa de Montserrat

La salida de la estación de Martorell Enllaç dirección Manresa se realiza mediante una serie de desvíos que hacen una curva a la derecha. A la izquierda queda la línea de Igualada y a la derecha el depósito y talleres de Martorell. Seguimos en un tramo recto donde hay dos vías, si bien no se usa como vía doble de momento. Casi al final de la recta la vía vuelve a ser única y pasa por debajo de la autovía A-2. Mediante una curva a la derecha y otra a la izquierda, la vía sigue hacia Abrera entre campos de cultivo. Después de un tramo de recta y una suave curva a la derecha, se llega a la estación de Abrera. Pasada esta estación y hasta Olesa, se está procediendo a la construcción de doble vía, que también se prolongará de Abrera a Martorell. Después de la estación de Abrera, la vía pasa por debajo de un puente que comunica el núcleo con la urbanización de Sant Hilari. La línea sigue en trinchera por el lado del cementerio para, a continuación, pasar por el puente sobre la riera de Magarola. Un centenar de metros más allá, cruza el río Llobregat de nuevo por el puente de Olesa. Pronto se llega a la estación olesana pero antes pasaremos por encima del vial de acceso a la villa.

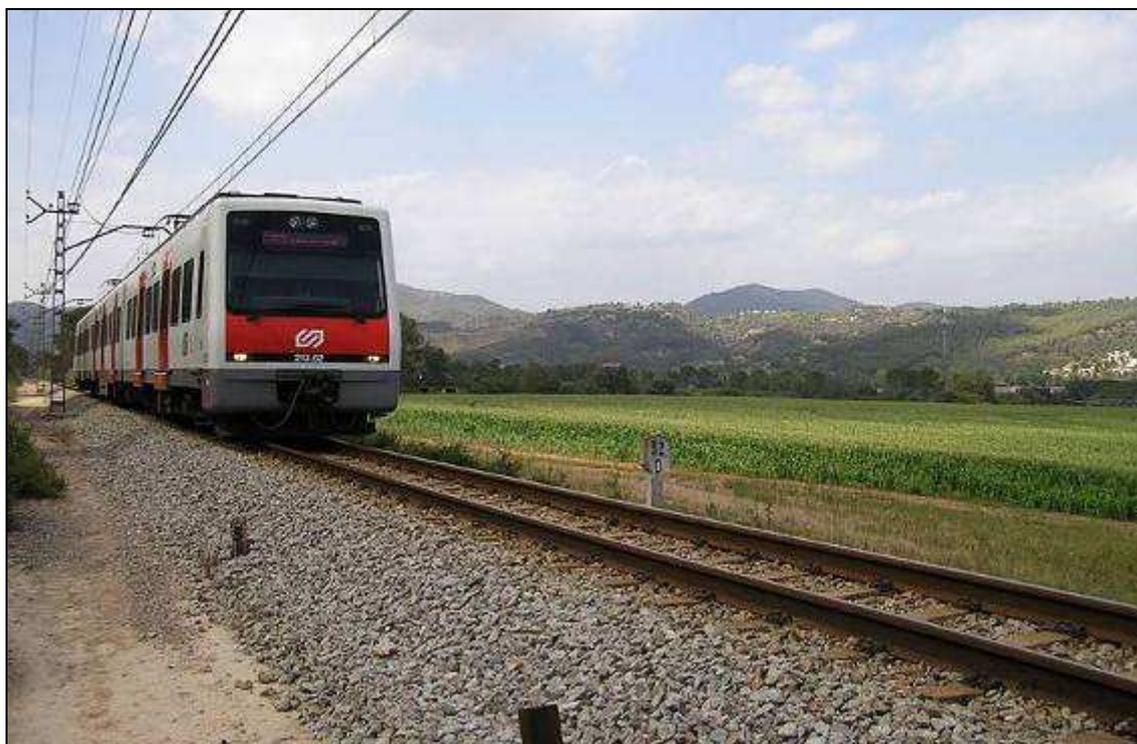


Figura 2.18 Entorno con campos de cultivo

2.3 Trenes

El estudio de los tipos de trenes con los que se explotan estas dos líneas es esencial para caracterizar como mínimo la longitud y la velocidad. Otros aspectos como el trazado o el número de viajes y la gestión aplicada son variables para aplicar la metodología de cálculo.

Las características principales de los modelos de trenes que se utilizan en las líneas de FGC y que se describen a continuación serán necesarias para determinar los valores representativos que deberán utilizarse en los cálculos de los mapas estratégicos.

2.3.1 Línea Barcelona - Vallès o Metro del Vallès

UT 111

El modelo UT 111 se utiliza principalmente dentro del núcleo urbano de Barcelona que corresponde a las líneas que van hasta Reina Elisenda (L6) y Av. Tibidabo (L7). Es un modelo formado por tres coches.

La composición de esta unidad está constituida por dos coches motores con cabina situados en los extremos y un remolque intermedio modelo 181 (Mc-R-Mc). Cada Mc tiene una longitud de 19.400 mm mientras que el R tiene 19.300 mm, resultando una longitud total de la unidad de 58.100 mm.

A esta longitud se debe añadir la separación entre las cajas de los distintos coches y la longitud de los topes. Estas longitudes son 540 y 675 mm respectivamente y dejan un total de 59.180 mm.

Su velocidad máxima es de 90 km / h. La cantidad de trenes de este modelo es de 20 unidades y entre todos recorren un total de 1.269.107 km al año. Las características técnicas del conjunto 111-181-111 se resumen en la tabla 10.5.

| CONJUNTO 111-181-111 | | | |
|--|--------------------------------------|----------------|--------------|
| Características | Coche motor1 | Coche remolque | Coche motor2 |
| Longitud de la caja (mm) | 19.400 | 19.300 | 19.400 |
| Ancho de la caja (mm) | 2.748 | 2.748 | 2.748 |
| Altura del carril al techo (mm) | 3.573 | 3.573 | 3.573 |
| Altura del carril al piso (mm) | 1.070 | 1.070 | 1.070 |
| Distancia entre pivotes de bogie (mm) | 13.200 | 13.200 | 13.200 |
| Distancia entre ejes de bogie, empat (mm) | 2.200 | 2.200 | 2.200 |
| Peso en vacío (kg) | 39.100 | 28.250 | 37.700 |
| Carga máxima (kg) | 14.280 | 15.510 | 14.280 |
| Capacidad de pasajeros | Sentados | 56 | 56 |
| | De pie (6 personas/m ²) | 134 | 134 |
| Motores de tracción | 2 (1/bogie) | — | 2 (1/bogie) |
| Velocidad del motor nominal (rpm) | 1.700 | — | 1.700 |
| Velocidad del motor máxima de servicio (rpm) | 3.310 | — | 3.310 |
| Potencia nominal (KW) | 276 | — | 276 |
| Bogie | Longitud (mm) | 4.033 | 4.033 |
| | Anchura (mm) | 2.628 | 2.628 |
| | Peso (kg) | 8.300 | 5.300 |
| Ancho de la llanta (mm) | 135 | 135 | 135 |

Taula 2.4 Características modelo UT 111

UT 112

El modelo UT 112 consta de cuatro coches: dos coches motores con cabina a los extremos, un coche motor sin cabina (modelo 122) y un remolque en medio (modelo 182). Usando la misma nomenclatura del caso anterior resulta un conjunto Mc-MR-Mc. La longitud de los Mc es de 19.111, mientras que la de los M y R es de 19.068. La longitud total de este modelo, añadiendo como antes las separaciones entre cajas y los topes (ahora de 732 mm), es de 77.978 mm.

Su velocidad máxima es de 90 km / h. Hay 22 unidades que recorren, entre todas, 3.099.036 km al año y con las que se explotan las líneas interurbanas, es decir, las que van hasta Sant Cugat y Rubí (S5), Terrassa (S1), Universidad Autónoma (S55) y Sabadell (S2). Este será por tanto el modelo de tren que utilizaremos para realizar los cálculos del trabajo correspondientes en la línea Barcelona - Vallès.



Figura 2.19 Modelo UT 111

| CONJUNTO 112-122-182-111 | | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------|----------------|---------------|
| Características | Coche motor 1 | Coche motor sin cabina | Coche remolque | Coche motor 2 |
| Longitud de la caja (mm) | 19.111 | 19.068 | 19.068 | 19.111 |
| Ancho de la caja (mm) | 2.750 | 2.750 | 2.750 | 2.750 |
| Altura del carril al techo (mm) | 3.570 | 3.570 | 3.570 | 3.570 |
| Altura del carril al piso (mm) | 1.070 | 1.070 | 1.070 | 1.070 |
| Distancia entre pivotes de bogie (mm) | 13.200 | 13.200 | 13.200 | 13.200 |
| Distancia entre ejes de bogie, empat (mm) | 2.200 | 2.200 | 2.200 | 2.200 |
| Peso en vacío (kg) | 39.195 | 36.280 | 28.435 | 39.045 |
| Carga máxima (kg) | 12.750 | 14.400 | 14.400 | 12.750 |
| Capacidad de pasajeros | Sentados | 52 | 64 | 64 |
| | De pie (6 personas/m ²) | 118 | 128 | 128 |
| Motores de tracción | 4 (2/bogie) | 4 (2/bogie) | — | 4 (2/bogie) |
| Velocidad del motor nominal (rpm) | 1.759 | 1.759 | — | 1.759 |
| Velocidad del motor máxima del servicio (rpm) | 3.884 | 3.884 | — | 3.884 |
| Potencia nominal (KW) | 180 | 180 | — | 180 |
| Bogie | Longitud (mm) | 3.780 | 3.780 | 3.780 |
| | Peso (Kg) | 7.500 | 7.500 | 5.072 |
| Ancho de la llanta (mm) | 135 | 135 | 135 | 135 |

Taula 2.5 Características modelo UT 112



Figura 2.20 Modelo UT 112

2.3.2 Línea Llobregat – Anoia, tramo Barcelona – Martorell - Enllaç

2.3.2.1 Trenes de viajeros

UT 211

El modelo UT 211 es muy parecido al modelo UT 111, pero los coches son algo más cortos. Los hay de dos coches y de tres coches con las composiciones de coche motor con cabina y remolque con cabina (Mc-Rc) y coche motor con cabina, remolque intermedio (modelo 281) y remolque con cabina (modelo 282), es decir, Mc-R-Rc respectivamente. El modelo de dos coches que miden 36.692 mm y el de tres de 54.434 mm. Este modelo permite hacer composiciones mixtas entre los modelos de dos coches y los de tres, dando lugar a composiciones de cuatro coches, resultado de la unión de dos modelos de dos coches, y composiciones de cinco, debido a la unión de un modelo de dos coches con otro de tres.

El modelo UT 211 nunca circula con una composición de dos coches, siempre lo hace con composiciones de tres, cuatro o cinco coches. En total hay 10 trenes de este modelo, 3 de dos coches y 7 de tres, pero sólo circulan 8 trenes: 6 de tres coches, 1 de cuatro y 1 de cinco. Las longitudes de estas composiciones son de 54.434 mm, 73.384 mm y 91.126 mm respectivamente. La velocidad máxima de este modelo es de 90 km / h.

El modelo UT 211 recorre las líneas que van hasta Molí Nou - Ciutat Cooperativa (L8), Can Ros (S33), El Palau (S7), Martorell - Enllaç (S8) y Olesa de Montserrat (S4). En total, los kilómetros recorridos al año por el modelo de dos coches son 94.930 y por el modelo de tres coches son 544.553 kilómetros. Este último será el que utilizaremos como referencia para los cálculos del trabajo correspondientes a la línea Llobregat - Anoia, cuando estemos hablando de transporte de viajeros.

| CONJUNTO 211-281-282 | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Características | Coche motor | Coche remolque intermedio | Coche remolque con cabina |
| Longitud de la caja (mm) | 17.200 | 17.200 | 17.200 |
| Ancho de la caja (mm) | 2.548 | 2.548 | 2.548 |
| Altura del carril al techo (mm) | 3.573 | 3.573 | 3.573 |
| Altura del carril al piso (mm) | 1.070 | 1.070 | 1.070 |
| Distancia entre pivotes de bogie (mm) | 11.700 | 11.700 | 11.700 |
| Distancia entre ejes de bogie (mm) | 2.200 | 2.200 | 2.200 |
| Peso en vacío (kg) | 36.420 | 26.280 | 29.700 |
| Carga máxima (kg) | 12.000 | 12.825 | 12.000 |
| Capacidad de pasajeros | Sentados | 34 | 31 |
| | De pie (6 personas/m ²) | 126 | 134 |
| Motores en tracción | 2 (1/bogie) | — | — |
| Velocidad del motor nominal (rpm) | 1.700 | — | — |
| Velocidad del motor máxima de servicio (rpm) | 3.310 | — | — |
| Potencia nominal (KW) | 276 | — | — |
| Bogie | Longitud (mm) | 3.750 | 3.750 |
| | Ancho (mm) | 1.750 | 1.750 |
| | Peso (kg) | 8.100 | 5.200 |
| Ancho de la llanta (mm) | 135 | 135 | 135 |

Tabla 2.25 Características del modelo UT 211



Figura 2.4 Modelo UT 211

UT 213

El modelo UT 213 está formado por tres coches: dos coches motores con cabina a los extremos y un remolque en medio (modelo 283), resultando un conjunto Mc-R-Mc. La longitud de esta unidad es de 51.980 mm y tiene una velocidad máxima de 90 km / h.

El número de unidades de este modelo son 20 y recorren durante un año 3.454.309 kilómetros. El modelo UT 213 da servicio a las poblaciones más lejanas que corresponden a las líneas que llegan hasta Manresa - Baixador (R5) e Igualada (R6).

| CONJUNTO 213-283-213 | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------|----------------|--------------|
| Características | | Coche motor1 | Coche remolque | Coche motor2 |
| Longitud de la caja (mm) | | 16.323 | 16.196 | 16.323 |
| Ancho de la caja (mm) | | 2.750 | 2.750 | 2.750 |
| Altura del carril al techo (mm) | | 3.570 | 3.570 | 3.570 |
| Altura del carril al piso (mm) | | 1.070 | 1.070 | 1.070 |
| Distancia entre pivotes de bogie (mm) | | 10.960 | 10.960 | 10.960 |
| Distancia entre ejes de bogie (mm) | | 2.200 | 2.200 | 2.200 |
| Peso en vacío (kg) | | 39.100 | 28.250 | 37.700 |
| Carga máxima (kg) | | 14.280 | 15.510 | 14.280 |
| Capacidad de pasajeros | Sentados | 48 | 36 | 44 |
| | De pie (6 personas/m ²) | 94 | 181 | 94 |
| Motores de tracción | | 4 (2/bogie) | — | 4 (2/bogie) |
| Velocidad del motor nominal (rpm) | | 1.759 | — | 1.759 |
| Velocidad del motor máxima de servicio (rpm) | | 3.584 | — | 3.584 |
| Potencia nominal (KW) | | 180 | — | 180 |
| Bogie | Longitud entre ejes (mm) | 2.200 | 2.200 | 2.200 |
| | Peso (kg) | 7.185 | 4.570 | 7.185 |
| Ancho de la llanta (mm) | | 135 | 135 | 135 |

Taula 2.27 Características modelo UT 213



Figura 2.22 Modelo UT 213

2.3.2.2 Trenes de mercancías

Locomotora 254

Puesta en servicio en 1990, son diesel y están destinadas a remolcar los trenes de mercancías de la línea Llobregat-Anoia, trenes de sal y de potasa de Súria y Sallent a Solvay y al puerto de Barcelona. Las locomotoras son del tipo Co-Co DE, con tres ruedas para bogie. Tienen un motor diesel de 1.600 H.P. a 900 rpm y seis motores eléctricos. Pueden remolcar hasta 22 vagones tapados de la serie 62.000 (potasa) y hasta 40 vagones descubiertos de la serie 63.000 (sal). FGC dispone de tres de estas locomotoras que tienen un peso de 82.000 kg, una velocidad máxima de 90km/h y recorren unos 119.560 km/año.



Figura 2.23 Locomotora 254

Locomotora 700/1000

Las locomotoras de la serie 700 y 1.000 (o serie 251) provienen de antiguas adquisiciones que se utilizaron para remolcar tanto trenes de viajeros como de mercancías. La aparición de automotores las fue convirtiendo en locomotoras sólo de mercancías.

Estas son del tipo BB, tienen un motor diesel de 4 tiempos que ofrece una potencia nominal de 850 CV y un esfuerzo de tracción de 10.300 kg. Desarrollan una velocidad máxima de hasta 90 km / h, tienen una longitud de 11.174 m y un peso en orden de marcha de 44.000 kg. Han quedado eclipsadas por las potentes 254 y recorren cada año unos 12.800 km en tareas auxiliares de los trenes de mercancías. Muy raramente hacen servicios completos de remolque de vagones en plena línea, más bien hacen de ayuda para maniobras de trenes, sobre todo a Solvay y el puerto de Barcelona.



Figura 2.24 Locomotora 700/1000

Vagones de mercancías 62.000

FGC cuenta con 94 vagones de mercancías de la serie 62.000. Son vagones tolva de bogies, que pesan en vacío unos 18.000 kg, admiten una carga de potasa de hasta 42.000 kg y recorren 1.020.519 km al año. Suelen circular entre Sallent y Súria hasta el puerto de Barcelona y en algunos casos hasta las vías de estacionamiento de Ares en Sant Vicenç de Castellet.



Figura 2.25 Modelo 62000

Vagones de mercancías 63.000

Se dispone de 86 vagones de este tipo. Son de bordes medios, de dos ejes, con una tara de 7.500 kg, una carga de sal de hasta 22.500 kg y recorren 1.648.900 km cada año. Suelen circular entre las minas de Súrria y la factoría Solvay, situada en Martorell.

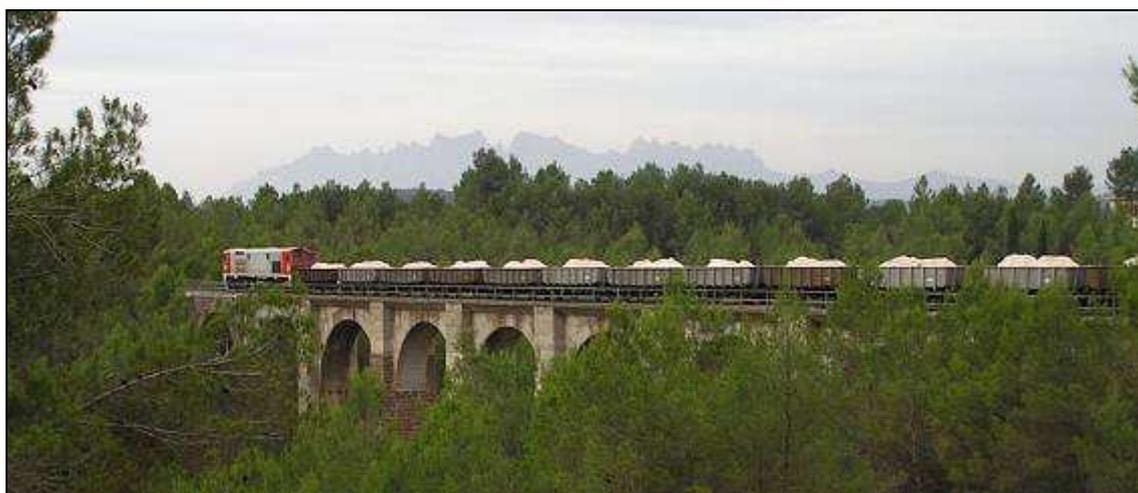


Figura 2.26 Modelo 63.000

3. NORMATIVA

El procedimiento de elaboración correspondiente a las expresiones de los mapas estratégicos (1:25.000 y 1:5.000) se ha hecho atendiendo a las especificaciones de la Directiva europea 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, contemplando la **Ley 16 / 2002, de 28 de junio, de protección contra la contaminación acústica** y la **Ley 37/2003 del ruido**.

Desde el punto de vista legislativo estatal la **Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido** y el **Real decreto 1513/2005, de 16 de diciembre** transponen al derecho español la Directiva de evaluación y gestión del ruido ambiental.

- La Ley 16/2002 de protección contra la contaminación acústica, de 12 de junio de 2002, a pesar de ser aprobada antes de que la Directiva contemple conceptualmente idénticas disposiciones en cuanto a los mapas estratégicos de las infraestructuras ferroviarias.

Su ámbito de aplicación comprende las infraestructuras ferroviarias, la delimitación del territorio en zonas de sensibilidad acústica en función de objetivos de calidad y la regulación de las zonas de ruido.

El anexo 1 de la Ley regula la inmisión de la infraestructura ferroviaria. Los niveles límite de inmisión fijados que se aplican en Cataluña los ferrocarriles son los de la tabla siguiente:

| Zona de sensibilidad | Valores límite de inmisión L_{Ar} (dBA) | |
|----------------------|---|-------|
| | Día | Noche |
| A, alta | 60 | 50 |
| B, moderada | 65 | 55 |
| C, baja | 70 | 60 |

La evaluación se realiza durante un periodo de tiempo representativo, entre lunes y viernes, siempre y cuando no sean festivos ni víspera de festivos. Concretamente, se calcula separadamente para los periodos siguientes:

- El horario diurno, periodo comprendido entre las 7 h y las 23 h (960 min)
- El horario nocturno, periodo comprendido entre las 23 h y las 7 h (480 min).

Por último, este anexo también establece cómo calcular el nivel de evaluación L_{Ar} .

- Respecto a los ámbitos municipales de la zona de estudio todos los municipios disponen de mapa de capacidad acústica y consecuentemente de zonificación acústica.

3.1 Directiva europea 2002/49/CE

El ámbito de aplicación de la Directiva 2002/49/CE es el ruido ambiental, es decir, el ruido que genera en nuestro caso el tráfico de los ferrocarriles y que se percibe en las viviendas, los hospitales, las escuelas, etc.

Las principales medidas establecidas en la Directiva son:

- Fijar los indicadores y métodos más idóneos para evaluar correctamente el nivel de ruido.
- Elaborar mapas de ruido a partir de unos indicadores, métodos de evaluación y criterios de adaptación de la cartografía.

- Potenciar la difusión de la información a la población y el intercambio de ésta entre los estados miembros.
- Adoptar planes de acción a partir de los resultados obtenidos en los mapas de ruido estratégicos, teniendo en cuenta los valores límite que deberá marcar cada estado miembro.
- Promover consultas a la población y estudiar sus resultados para conocer el grado de conocimiento y preocupación de la gente.

Respecto a la elaboración de mapas de ruido y planes de acción, se determina que es obligatoria, como en nuestro caso, para los grandes ejes ferroviarios.

Antes del año 2008 debe haberse elaborado y aprobado las primeras expresiones de los mapas de ruido estratégicos correspondientes a grandes ejes ferroviarios con tráfico superior a 60.000 trenes / año. La revisión de estos mapas se deberá realizar cada cinco años y antes del 30 de junio de 2012 se realizarán los mapas estratégicos correspondientes a un tráfico superior a 30.000 trenes / año.

3.1.1 Orientaciones

Posteriormente y como consecuencia de la Directiva, la Comisión Europea aprobó el 6 de agosto de 2003 la Recomendación relativa a las orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados por el ruido del tráfico ferroviario y los datos de emisión correspondientes.

En ella se recomienda a los estados miembros sin método de cálculo o con voluntad de cambiarlo la adopción de métodos de cálculo provisionales para la determinación de los indicadores Lden y Ln.

Se contemplan las isófonas de 55, 60, 65, 70 y 75 dB (A) para el indicador Lden y las isófonas de 50, 55, 60, 65 y 70 dB (A) para el indicador Ln.

En el caso del ruido del tráfico ferroviario, recomienda la adopción del método nacional de cálculo de los Países Bajos.

3.2 Normativa sectorial

La definición de infraestructura ferroviaria queda recogida en la Ley del sector ferroviario " publicada el mismo día que la Ley de protección contra la contaminación acústica del ruido, e incluye no sólo las vías, sino también las estaciones y terminales de carga.

A falta de una definición concreta sobre límites y áreas se puede tomar como referencia el Real decreto 1211/1990 sobre la ordenación de los transportes terrestres. Según esta disposición, toda línea de ferrocarril que forme parte de la red ferroviaria de interés general "tiene fijada una zona de dominio público, una zona de servidumbre, otra de afección y un límite de edificación".

La zona de dominio público comprende los terrenos ocupados por las líneas de ferrocarril y una franja de terreno de 8 metros a cada lado de la plataforma, medida en horizontal y perpendicularmente al eje de la vía, desde la arista exterior de la explanada. Esta arista exterior de la explanada es la intersección del talud del desmonte, del terraplén o de los muros de sostenimiento colindantes con el terreno natural.

La zona de servidumbre consiste en dos franjas de terreno a ambos lados de la línea ferroviaria, delimitadas interiormente por la zona de dominio público, y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación, a una distancia de 20 metros.

La zona de afección de las líneas de ferrocarril consiste en una franja de terreno a cada lado de las líneas ferroviarias delimitada interiormente por la zona de servidumbre definida anteriormente y exteriormente por dos líneas paralelas situadas a 50 metros de las aristas exteriores de la explanada.

En suelo clasificado como urbano, consolidado por el correspondiente planeamiento urbanístico, las distancias establecidas anteriormente serán de 5 metros para la zona de dominio público, de 8 metros para la zona de servidumbre, y de 25 metros para la zona de afección, medidas en todos los casos desde las aristas exteriores de la explanada.

El límite de edificación se sitúa a una distancia de 50 metros desde la arista exterior más próxima de la plataforma, medida horizontalmente a partir de la mencionada arista. Esta distancia podrá ser inferior en función de las características de las líneas ferroviarias y del planeamiento urbanístico.

4. DEFINICIÓN DE LOS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO

Los mapas estratégicos de ruido y más concretamente sus expresiones son una de las herramientas de gestión para llegar mediante planes de acción a compatibilizar las infraestructuras ferroviarias con su entorno.

Este apartado da una visión de sus expresiones y definiciones.

La "Ley del ruido de 2003, mediante el Real decreto 1513/2005 publicado en el BOE el 17 de diciembre de 2005, define las condiciones que deben cumplir los mapas estratégicos. En nuestro caso, se ha convertido en necesario interpretar las instrucciones dadas en este Real decreto, para mejorar la aplicabilidad de la Ley y poder dar una respuesta a la finalidad esperada.

Los mapas estratégicos se definen en la Ley como la representación de los datos relativos a alguno de los siguientes aspectos:

- Situación acústica existente expresada en función de un índice de ruido.
- Superación de unos valores límites de inmisión.
- Número estimado de viviendas, colegios y hospitales, en una zona dada, que están expuestos a valores específicos de un índice de ruido.
- Número estimado de personas situadas en una zona expuesta al ruido.

Los mapas o sus expresiones permiten mostrar los niveles de ruido emitidos por la infraestructura y a la que está sometida la población de su entorno.

4.1 Escala de trabajo

La Ley establece que la representación gráfica de estos datos se puede realizar a escala 1:25.000 para estudios generales del territorio y 1:5.000 para estudios más detallados de puntos concretos que presenten alguna situación problemática.

Durante el trabajo realizado se ha detectado que estas escalas no permiten realizar el análisis del impacto acústico de las líneas de FGC con la finalidad que pretende la Ley.

Así pues, la escala de 1:25.000 no permite ni siquiera realizar un estudio general de la contaminación acústica en el territorio causada por los trenes de las líneas de FGC, dadas las características de explotación de las líneas y que las distancias a las isófonas no permiten su discriminación.

Del mismo modo, la escala de 1:5.000, designada por la ley con el objetivo de realizar el estudio en detalle, no permite cumplir con la tarea para la que ha sido elegida, ya que, a esta escala, las distancias entre las isófonas correspondientes a los diferentes niveles sonoros no aportan la información de un estudio de detalle.

Por lo tanto, trabajamos con la escala 1:5.000, para el estudio general y, si no es suficiente, definiremos una nueva escala de trabajo.

4.1 Indicadores y elementos

Tras esta descripción más general, se explican dos de los rasgos fundamentales para hacer los mapas: los indicadores a utilizar y los elementos que definen las expresiones del cartografiado.

La Ley española, de acuerdo con la Directiva europea 2002/49/CE, establece que los indicadores que se aplicarán en la elaboración de mapas estratégicos de ruido son el L_{den} (indicador de ruido que pondera las 24 horas) y el L_n (indicador de ruido para el periodo nocturno). Además, de forma adicional, se pueden presentar también por separado los resultados correspondientes a los indicadores L_d (indicador de ruido para el periodo de día) y L_e (indicador de ruido para el periodo de noche).

La definición de estos tres periodos mencionados se realiza en el anexo II del Real decreto y la Unión Europea permite que cada país defina en función de sus costumbres y forma de vida. En nuestro caso los diferenciamos en los intervalos siguientes:

- Día: periodo comprendido entre las 7 y las 19 horas (12 horas).
- Tarde: periodo comprendido entre las 19 y las 23 horas (4 horas).
- Noche: periodo comprendido entre las 23 y las 7 horas (8 horas).

La Ley también establece que los mapas de las líneas por las que circulan más de 60.000 trenes al año deberán estar finalizados y aprobados el año 2007.

La información que define las expresiones de los mapas estratégicos y la metodología debe seguir en su elaboración, que indiquen:

- Como mínimo las zonas correspondientes a los niveles de inmisión $L_{den} > 55$ dB y $L_n > 50$ dB, ya que son aquellas susceptibles de estudios más profundos para decidir qué medidas se pueden tomar en futuros planes de acción.
- Las distancias desde las vías hasta las líneas isófonas que delimitan los rangos siguientes: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, > 75 , expresados en términos de L_{den} en dBA.
- Las distancias desde las vías hasta las líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, > 70 , expresados en términos de L_n en dBA.
- Gráficos donde se indiquen los datos de superficies totales (en km^2), expuestos en valores de L_{den} superiores a 55, 65, y 75 dB, respectivamente.
- Número total estimado de viviendas (en centenares), y el número total estimado de personas (en centenares) que viven en cada una de las zonas mencionadas.

De la normativa se extrae que el cartografiado estratégico puede consistir en mapas o en gráficos, tablas u otros tipos de documentos donde se expongan las viviendas y personas al alcance de los niveles sonoros.

Es decir, cuando hablamos de cartografiado estratégico no hablamos sólo del tradicional significado de un plano como representación a escala del terreno, estamos hablando de una herramienta de gestión y de evaluación de la contaminación acústica que se puede presentar de diferentes formas que permiten alcanzar el mismo objetivo.

Terminadas las expresiones de los mapas deberán remitirse a las instancias superiores correspondientes para su revisión y aprobación definitiva antes de la fecha límite del año 2007. La Ley también prevé que antes del 30 de junio de 2012, y después cada 5 años, se elaborarán mapas

estratégicos de ruido sobre la situación del año natural anterior. Es una medida encaminada a ir actualizando los datos que se van recopilando. Del mismo modo, los estudios realizados deberán ponerse a disposición de la población mediante los medios que se consideren oportunos (Internet, publicidad institucional, etc.).

Además, en los diferentes artículos del Real decreto se especifican las normas de colaboración cuando el eje ferroviario de estudio atraviesa territorios que son competencia de distintas administraciones. Se intenta así señalar una metodología eficiente de trabajo que elimine duplicidades innecesarias y posibles datos o conclusiones contradictorias.

4.1 Planes de acción

Otro aspecto destacable de la Ley es que en aquellas zonas del territorio donde, según los mapas estratégicos o sus expresiones, se produzca un ruido excesivo se deberá redactar un plan de acción. Su objetivo debe ser poner solución al problema mediante las medidas más adecuadas.

Los requisitos y contenidos mínimos a cumplir por estos planes se definen a continuación:

- Descripción de la infraestructura ferroviaria o fuente de ruido.
- Autoridades responsables.
- Contexto jurídico.
- Valores límite de inmisión marcados por las normativas de aplicación.
- Resumen de los resultados del cartografiado estratégico o de su expresión.
- Evaluación del número de personas expuestas y de los problemas y situaciones a resolver.
- Recopilación de las alegaciones y observaciones recibidas por las autoridades competentes durante el periodo de información pública establecida en el artículo 22 de la "Ley del ruido".
- Medidas y proyectos aplicados para reducir el ruido existente en la zona. Las medidas pueden actuar fundamentalmente sobre la fuente de ruido y su transmisión, sobre el tráfico o sobre el territorio.
- Actuaciones previstas por las autoridades, incluidas las medidas para proteger las zonas tranquilas.
- Disposiciones previstas para analizar los efectos y resultados de las medidas aplicadas.
- Estimaciones sobre la reducción del número de personas.
- Estrategias ambientales a largo plazo.
- Información económica: presupuestos, análisis coste - beneficios, análisis coste - eficacia, etc.

5. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este estudio, de un ámbito formado por dos líneas ferroviarias de poco kilometraje, para elaborar las expresiones de los mapas estratégicos, se basa en la utilización del método de cálculo de referencia del Estado francés para el ruido ferroviario CERTU.

Para cada tramo se han asignado los parámetros del tráfico ferroviario que incide en la emisión, diferenciando los periodos de día, tarde y noche, a partir de datos elaborados por FGC y de las modificaciones que se derivan del trabajo de campo y de la discusión de gabinete realizada.

En primera instancia se ha utilizado la cartografía de ortofotomapas a escala 1:25.000 y vista su poca eficiencia para las características intrínsecas de estas líneas se ha pasado a la escala 1:5.000 para la definición de todas las expresiones de los mapas estratégicos que corresponderían a este trabajo. La cartografía utilizada, toda ella, ha sido del Instituto Cartográfico de Cataluña.

La elaboración de las expresiones de los mapas estratégicos ha demandado cinco fases básicas de trabajo a realizar en el orden siguiente y son:

- 1) Cálculo de las distancias desde la vía de tren que se estudia hasta las diferentes líneas isófonas que se han de dibujar sobre los mapas.
- 2) Elaboración de los mapas. Definir o dibujar la línea de alcance sobre el terreno cartografiado teniendo en cuenta las características del trazado, el terreno y las vías.
- 3) Medida de la superficie del territorio para cada intervalo sonoro definido por las leyes.
- 4) Estudio de las viviendas que quedan dentro de cada zona de ruido.
- 5) Estimación de la cantidad de personas por rangos sonoros.

Los cálculos para la obtención de la distancia se han hecho mediante el método CERTU y por simulación con el método de cálculo NMPBJG (Mithra / cADN).

Las condiciones ambientales contempladas han sido con un viento no superior a 0,2 m / s, humedad del 70% y temperatura variable.

El número de viviendas y edificaciones tipo escuelas, hospitales, ... se ha realizado sobre trabajo de campo a lo largo de todo el recorrido de las dos líneas de FGC, sobre los vuelos en 3D comarcales del ICC y los mapas parcelarios.

La estimación de la exposición de la población se ha hecho a escala 1:5.000 para todos los tramos y de acuerdo con la información del IDESCAT.

De forma detallada el método se desarrolla en los apartados 6, 7, 8, 9 y 10 que vienen a continuación.

6. CALCULO DE LAS ISÓFONAS

Las distancias a las isófonas se calculan en este trabajo de acuerdo con el método del CERTU pero en el camino inverso de la fórmula de trabajo, dado que nuestra incógnita es precisamente la distancia a la que se produce un nivel sonoro.

6.1 Obtención de datos

La aplicación del método requiere fijar y determinar toda una serie de datos necesarios en el cálculo. Algunos de estos datos se toman del método. Otros se han definido de forma específica para este trabajo, ya que hacen referencia a las características de los trenes catalanes y de las vías y terreno por donde circulan.

6.1.1 Características de los trenes

Los tres primeros parámetros hacen referencia directa a las características de los trenes que circulan por la línea de estudio: longitud, velocidad y número de circulaciones. Para determinar el nivel sonoro habitual y diario se han tomado valores medios.

El cuarto parámetro, otra característica de los trenes que el método requiere determinar, es a cuál de las cuatro categorías definidas por el CERTU pertenecen los trenes de las líneas Barcelona - Vallès y Llobregat - Anoia (Barcelona - Martorell Enllaç).

Categoría de los trenes

Los trenes de la línea Barcelona - Vallès pertenecen todos a la misma categoría: trenes de cercanías ligeros y metros, ya que no circulan trenes de larga distancia ni de mercancías. El tráfico de mecanismos aislados (mantenimiento, inspección, etc.). Por su baja incidencia no se considera respecto al tráfico principal.

Por lo que respecta a la línea Llobregat - Anoia, sí se pueden distinguir dos categorías: trenes de cercanías y de mercancías.

Longitud de los trenes L

Por la línea Barcelona - Vallès circulan los modelos UT 111 y 112. El primero circula por la zona de túnel urbano hasta el Tibidabo y Reina Elisenda y el segundo cubre la parte que llega hasta Sabadell y Terrassa ya a cielo abierto. Obviamente, será este último el que nos interesará y determinará el valor que buscamos. La composición más habitual de este tren es la de cuatro coches con una longitud media total de 78 metros.

Los trenes de viajeros que circulan por el trayecto Barcelona - Martorell Enllaç son la UT 211. Los más comunes son los formados por tres coches, que tienen una longitud total de 54 m. En lo referente a trenes de mercancías, hemos considerado un tren de referencia compuesto de una locomotora modelo 254 con 40 vagones de sal y 22 de potasa, un total de 370 metros.

| LÍNEA | TIPOS DE TREN | LONGITUD MEDIA DEL TREN (m) |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Barcelona - Vallès | Transporte de viajeros | 78 |
| Llobregat - Anoia | Transporte de viajeros | 54 |
| | Transporte de mercancías | 370 |

Tabla 6.1 Longitud de los trenes

Velocidad de los trenes v

La velocidad de los trenes se ha calculado considerando la longitud y el tiempo de viaje de cada tramo. Como se observa en las tablas que se adjuntan a continuación, las velocidades reales de circulación son bastante inferiores a las máximas técnicas que permiten los vehículos ferroviarios. Haciendo un cálculo *in situ* de la velocidad se obtienen resultados parecidos a los calculados numéricamente. Los datos se han obtenido de FGC.

| LÍNEA BARCELONA – VALLÈS O METRO DEL VALLÈS | | | |
|--|---------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Recorrido común | | | |
| Tramo | Longitud (m) | Tiempo viaje (min) | Velocidad media (km/h) |
| Barcelona - Valldoreix | 13.990 | 21,5 | 39 |
| Valldoreix – Sant Cugat | 1.325 | 3,5 | 23 |
| Línea S1 | | | |
| Tramo | Longitud (m) | Tempo viaje (min) | Velocidad media (km/h) |
| Sant Cugat – Rubí | 4.809 | 7 | 41 |
| Rubí - Terrassa | 9.340 | 9 | 62 |
| Línea S2 | | | |
| Tramo | Longitud (m) | Tempo viaje (min) | Velocidad media (km/h) |
| Sant Cugat - Bellaterra | 4.499 | 7,5 | 36 |
| Bellaterra - UAB | 1.175 | 2,5 | 28 |
| UAB - Sabadell | 6.563 | 7 | 56 |

| LÍNEA LLOBREGAT – ANOIA. BARCELONA – MARTORELL ENLLAÇ | | | |
|--|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Transporte de viajeros | | | |
| Tramo | Longitud (m) | Tiempo del viaje (min) | Velocidad media (km/h) |
| Barcelona - Molí Nou /CC | 10.245 | 20 | 31 |
| Molí Nou/CC - Can Ros | 5.229 | 9 | 35 |
| Can Ros - El Palau | 7.691 | 10 | 46 |
| El Palau - Martorell Enllaç | 5.531 | 8 | 41 |

| LÍNEA LLOBREGAT – ANOIA. SANT BOI – MARTORELL ENLLAÇ | |
|---|-------------------------------|
| Transporte de mercancías | |
| Tramo | Velocidad media (km/h) |
| Sant Boi - Martorell Enllaç | 40 |

Tabla 6.2 Velocidad de los trenes

En el caso del tráfico de mercancías, teniendo en cuenta que los trenes circulan durante los periodos de día y noche y por lo tanto están sometidos a las velocidades de trenes de viajeros, se tomará como velocidad media del tráfico de mercancías la velocidad media del tráfico de viajeros en el tramo Barcelona - Martorell: 40 km / h.

Número de circulaciones n

Se consideran tres periodos:

| PERIODO DEL DÍA | DURACIÓN | |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| Día | 12 horas | 43.200 segundos |
| Tarde | 4 horas | 14.400 segundos |
| Noche | 8 horas | 28.800 segundos |

Tabla 6.3 Periodos del día

Cada uno de los periodos presenta un volumen y características del tráfico de pasajeros y por tanto el número de trenes no es uniforme a lo largo del día. El mayor porcentaje de trenes circula durante los días, especialmente a primera hora de la mañana (viajes al trabajo), entre las 13 y 15 horas (hora de comer) y entre las 17 y 20 horas (salidas del trabajo).

| LÍNEA BARCELONA – VALLÈS O METRO DEL VALLÈS | | | | |
|--|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Recorrido común | | | | |
| Tramo | n día | n tarde | n noche | n total |
| Barcelona - Valldoreix | 296 | 94 | 44 | 434 |
| Valldoreix - Sant Cugat | 296 | 94 | 44 | 434 |
| Línea S1 | | | | |
| Tramo | n día | n tarde | n noche | n total |
| Sant Cugat - Rubí | 126 | 54 | 22 | 202 |
| Rubí - Terrassa | 112 | 28 | 22 | 162 |
| Línea S2 | | | | |
| Tramo | n día | n tarde | n noche | n total |
| Sant Cugat - Bellaterra | 170 | 40 | 22 | 232 |
| Bellaterra - UAB | 170 | 40 | 22 | 232 |
| UAB - Sabadell | 146 | 40 | 22 | 208 |

| LÍNEA LLOBREGAT – ANOIA. BARCELONA - MARTORELL ENLLAÇ (VIAJEROS) | | | | |
|---|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Tramo | n día | n tarde | n noche | N total |
| Barcelona - Molí Nou/CC | 248 | 76 | 52 | 376 |
| Molí Nou/Ciutat Cooperativa - Can Ros | 160 | 48 | 26 | 234 |
| Can Ros - El Palau | 148 | 48 | 24 | 220 |
| El Palau - Martorell enllaç | 148 | 48 | 24 | 220 |

| LÍNEA LLOBREGAT – ANOIA. SANT BOI – MARTORELL ENLLAÇ (MERCANCIAS) | | | | |
|--|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Tramo | n día | n tarde | n noche | n total |
| Sant Boi - Martorell | 3 | 1 | 0 | 4 |

Tabla 6.4 Número de circulaciones

6.1.2 Constantes: Kd y K

La primera constante tiene en cuenta la directividad y la segunda los efectos de absorción del aire y la longitud de los trenes. Estos valores responden a estudios experimentales y se consideran los valores propuestos por el CERTU. En concreto, en los trenes de viajeros se tomarán valores de $K = 17$ y $K_d = 0$ y para tráfico de mercancías valores de $K = 14$ y $K_d = 0$, teniendo en cuenta que los trenes de mercancías del tramo de estudio no son demasiado largos.

6.1.3 Valores de referencia de los trenes: L0, v0 y d0

Estos son los valores característicos de los trenes que circulan por una línea dada de estudio y a partir de los cuales se puede obtener el nivel sonoro a otra distancia y velocidad. El ETSECCPB estudió estos parámetros mediante el correspondiente trabajo de campo y definió como valores de referencia los que se muestran en la tabla siguiente:

| TIPOS DE TRANSPORTE | d_0 (m) | L_0 | v_0 (km/h) |
|--------------------------|-----------|-------|--------------|
| Transporte de viajeros | 7,5 | 78 | 60 |
| | 15 | 74 | |
| | 25 | 71 | |
| Transporte de mercancías | 7,5 | 92 | 80 |
| | 15 | 88 | |
| | 25 | 85 | |

Tabla 6.5 Valores de referencia de los trenes de FGC (ETSECCPB)

6.2 Fórmula de trabajo

Para obtener la fórmula que nos permita calcular la distancia deseada partiremos de las tres fórmulas básicas del método francés del CERTU.

$$L_{Am\grave{a}x} = L_0 - K \cdot \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + 30 \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right) - K_d \quad (8.1)$$

$$L_{Aeq(1tren)} = 10 \cdot \log\left(\frac{t_e}{T} \cdot 10^{\frac{L_{Am\grave{a}x}}{10}}\right) \quad (8.4)$$

$$L_{Aeq(ntrens)} = L_{Aeq(1tren)} + 10 \cdot \log(n) \quad (8.8)$$

En condiciones habituales, cuando se busca obtener el nivel sonoro, estas fórmulas se usan en el orden que aquí se ha mostrado. Nosotros, para obtener una distancia, tendremos que seguir un proceso inverso. Es decir, fijaremos un nivel sonoro en la fórmula 8.8 y obtendremos el valor para un tren ($L_{Aeq(1tren)}$).

$$L_{Aeq(1tren)} = L_{Aeq(ntrens)} - 10 \cdot \log(n) \quad (12.1)$$

A continuación introduciremos este valor en la fórmula 8.4 y aislaremos el valor del nivel máximo medido al paso de un tren ($L_{Am\grave{a}x}$).

$$L_{Am\grave{a}x} = 10 \cdot \log\left(\frac{T}{t_e} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq(1tren)}}{10}}\right) \quad (12.2)$$

Hay que tener en cuenta que el tiempo de exposición (t_e) también depende de la distancia a la que se hace la medida, nuestra incógnita. Esta dependencia se ve en la fórmula 8.6.

$$t_e = \frac{l}{v} + \frac{6d}{100} \quad (8.6)$$

Esta relación entre el tiempo de exposición y la distancia complicará la expresión resultante como se verá a continuación.

Por último, introducimos el valor de $L_{Am\grave{a}x}$ en la fórmula 8.1. En este punto ya tenemos una expresión que permite obtener la distancia (d), ya que el resto de parámetros son conocidos. La expresión a la que se llega finalmente es la siguiente (12.3):

$$10 \cdot \log \left(\frac{T}{3,6 \cdot \frac{l}{v} + 0,06 \cdot d} \cdot 10^{\frac{Leq(ntrens) - 10 \log(n)}{10}} \right) + K \cdot \log \left(\frac{d}{d_0} \right) - L_0 - 30 \cdot \log \left(\frac{v}{v_0} \right) + K_d = 0$$

Como se observa en esta expresión, el carácter logarítmico de las fórmulas de las que se parte no permite aislar de forma directa el valor de la distancia.

Esta expresión es la que resulta más cómoda de tratar, ya que si se intenta ir más allá en su manipulación se puede complicar bastante el cálculo. Por lo tanto, se presentan básicamente dos formas de resolver el problema:

- a) Por iteración. Es decir, introducir la fórmula en una hoja de cálculo e ir evaluando la función en diferentes valores de la distancia (d) hasta obtener aquel que da cero en la fórmula.
- b) Encontrando el cero de la función. Para hacerlo así, se debe elaborar un algoritmo y ejecutarlo en algún programa matemático más avanzado.

Las dos maneras permiten llegar al resultado, pero presentan ventajas e inconvenientes. La primera es mucho más fácil de programar, pero resulta más lento llegar a la solución (deben ir probando diferentes valores) y es difícil encontrar la solución de forma precisa. La segunda requiere una programación más elaborada, pero, una vez hecha, da la solución con un error despreciable dado el origen experimental de todo el razonamiento. El punto de partida común a las dos maneras de trabajar será contar con una aproximación inicial.

La solución adoptada finalmente consiste en buscar una aproximación inicial mediante una iteración. Esto resulta relativamente rápido, ya que no hay mucha precisión y se ve fácilmente cuando la solución empieza a tender a cero. Una vez hecho este paso, se utiliza esta aproximación para implementar el algoritmo creado y obtener la solución exacta.

El primer paso, la iteración, se ha hecho con una página de cálculo Excel mientras que el cero de la función se ha encontrado con el programa Matlab.

Al trabajar con la fórmula que se ha obtenido se están asumiendo las hipótesis del método del CERTU. Estas condiciones se recuerdan a continuación:

- Circulaciones a campo abierto sobre carriles soldados y continuos y vías con traviesas de hormigón y sujeciones clásicas.
- Distancias no superiores a 250 m de la vía.
- Velocidades superiores a 40 km / h y inferiores a 200 km / h.
- Terreno llano y acústicamente reflectante.
- Vía rectilínea e infinitamente larga.
- Inexistencia de grupos de edificios u otros elementos reflectantes.

Las dos primeras hipótesis se pueden considerar completas sin ninguna restricción de importancia. Se toma esta libertad para ser más fiel a las características de los trenes circulantes por la línea de

estudio. Las condiciones que afectan a la vía y el terreno se suponen ciertas dado que dejan del lado seguro ya que el terreno llano es la situación más desfavorable para la gente que puede vivir en los alrededores de las vías. Por lo que respecta a la última hipótesis, la explicación sería la misma dado que la presencia de edificios, a pesar de aumentar la molestia de los situados más cerca, apantallará las viviendas situadas a sus espaldas

6.3 Cálculo

Encontrada la fórmula de trabajo y fijados de forma razonada los datos que deben utilizarse en el proceso, se establece una metodología para realizar los cálculos de las distancias de las isófonas correspondientes a los diferentes niveles sonoros.

Pero es necesario hacer una diferenciación entre las dos líneas de estudio: en la línea Barcelona - Vallès circulan sólo trenes de viajeros, mientras que en la línea Llobregat - Anoia hay dos categorías de trenes: de viajeros y de mercancías. Esto hará que la metodología de cálculo de la segunda línea sea más compleja.

6.3.1 Metodología de cálculo para los tramos con una sola categoría de trenes

La metodología se ha establecido de acuerdo con un estudio previo en uno de los tramos de la línea Barcelona - Vallès: Sant Cugat - Bellaterra. Los datos del cálculo son las siguientes:

| DATOS GENERALES | | | | |
|-----------------|----|-----------|-------------|-------------|
| do (m) | Kd | T día (s) | T tarde (s) | T noche (s) |
| 25 | 0 | 43.200 | 14.400 | 28.800 |

| LÍNEA BARCELONA - VALLÈS | | | |
|--------------------------|-----------|-------|----|
| Lo | vo (km/h) | l (m) | K |
| 71 | 60 | 78 | 17 |

| TRAMO SANT CUGAT - BELLATERRA | | | |
|-------------------------------|-------|---------|---------|
| v (km/h) | n día | n tarde | n noche |
| 36 | 170 | 40 | 22 |

Tabla 6.6 Datos del cálculo del tramo Sant Cugat - Bellaterra

En primer lugar, siguiendo el orden convencional del método del CERTU, hemos encontrado el perfil transversal del nivel sonoro en este tramo. Se parte de diferentes distancias (d) y, mediante las fórmulas 8.1, 8.4, 8.6, 8.8 y 4.5, se encuentran los niveles sonoros asociados (L_{den} = nivel corregido medio día - tarde - noche).

| d (m) | L_{Amax} (dBA) | L_d (1tren) | L_e (1tren) | L_n (1tren) | L_d (n trenes) | L_e (n trenes) | L_n (n trenes) | L_{den} (dBA) |
|-------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| 0,2 | 99,99 | 62,56 | 67,34 | 64,33 | 84,87 | 83,36 | 77,75 | 86,69 |
| 0,5 | 93,23 | 55,81 | 60,58 | 57,57 | 78,11 | 76,60 | 70,99 | 79,93 |
| 1 | 88,11 | 50,71 | 55,48 | 52,47 | 73,01 | 71,50 | 65,89 | 74,83 |
| 5 | 76,23 | 38,96 | 43,73 | 40,72 | 61,26 | 59,75 | 54,14 | 63,08 |
| 10 | 71,11 | 34,00 | 38,77 | 35,76 | 56,30 | 54,79 | 49,18 | 58,12 |

| d (m) | L _{Amax} (dBA) | L _d (1tren) | L _e (1tren) | L _n (1tren) | L _d (n trenes) | L _e (n trenes) | L _n (n trenes) | L _{den} (dBA) |
|-------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| 15 | 68,12 | 31,16 | 35,93 | 32,92 | 53,46 | 51,95 | 46,34 | 55,28 |
| 20 | 65,99 | 29,18 | 33,95 | 30,94 | 51,48 | 49,97 | 44,36 | 53,30 |
| 25 | 64,34 | 27,67 | 32,45 | 29,44 | 49,98 | 48,47 | 42,86 | 51,79 |

 Tabla 6.7 L_{den} asociado a una determinada distancia

Se puede realizar el gráfico siguiente, donde se representan las relaciones distancia - nivel sonoro equivalente durante los periodos de día, tarde y noche y también la relación distancia - L_{den}, utilizando la notación "24 horas", ya que corresponde al resultado medio de todo el día.

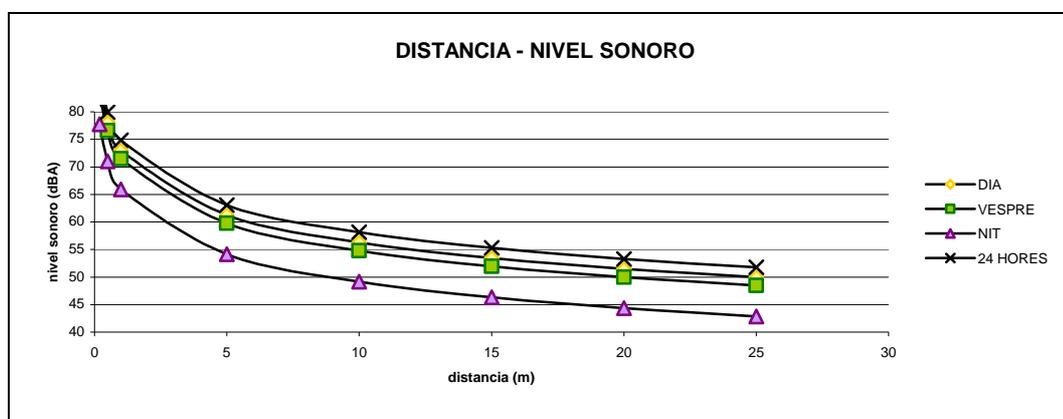


Figura 6.1 Relación entre el nivel sonoro y la distancia

Los resultados obtenidos son lógicos: L_{den} es superior a los L_{aeq}, ya que, en la fórmula para calcularlo, se introduce una penalización horaria de 5 y 10 dBA en las franjas de la tarde y la noche.

Si se estudian los resultados, se puede observar que las diferencias entre L_{den} y los tres L_{aeq} (día, tarde y noche) son siempre constantes, sea cual sea la distancia:

| L _{den} - L _d (dBA) | L _{den} - L _e (dBA) | L _{den} - L _n (dBA) |
|---|---|---|
| 1,82 | 3,33 | 8,94 |

 Tabla 6.8 Diferencia entre L_{den} y L_{aeq} (día, tarde y noche)

Así pues, a la hora de elegir los L_{aeq}, correspondientes a cada L_{den}, que hay que introducir en la fórmula 12.2 para obtener la distancia asociada, utilizaremos estas diferencias. En el caso del tramo Sant Cugat - Bellaterra:

| L _{den} (dBA) | L _d (dBA) | L _e (dBA) | L _n (dBA) |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 50 | 48,18 | 46,67 | 41,06 |
| 55 | 53,18 | 51,67 | 46,06 |
| 60 | 58,18 | 56,67 | 51,06 |
| 65 | 63,18 | 61,67 | 56,06 |
| 70 | 68,18 | 66,67 | 61,06 |
| 75 | 73,18 | 71,67 | 66,06 |

 Tabla 6.9 L_{Aeq} (día, tarde y noche) asociados a cada L_{den}

Con estos valores ya podemos calcular las distancias. Utilizando el algoritmo de cero de funciones en Matlab, se obtienen los resultados siguientes:

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L_d | 48,18 | 53,18 | 58,18 | 63,18 | 63,18 | 73,18 |
| Distancia (m) | 32,82 | 15,61 | 7,67 | 3,83 | 1,93 | 0,98 |

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L_e | 46,67 | 51,67 | 56,67 | 61,67 | 66,67 | 71,67 |
| Distancia (m) | 32,82 | 15,61 | 7,67 | 3,83 | 1,93 | 0,98 |

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L_n | 41,06 | 46,06 | 51,06 | 56,06 | 61,06 | 66,06 |
| Distancia (m) | 32,82 | 15,61 | 7,67 | 3,83 | 1,93 | 0,98 |

Tabla 6.10 Distancias asociadas a cada L_{Aeq} (día, tarde y noche)

Como puede verse, si se calculan las distancias con los diferentes L_{Aeq} (día, tarde y noche) correspondientes a un determinado L_{den} , se obtienen los mismos valores de la distancia. Estos resultados son lógicos y nos permiten establecer una relación Nivel Sonoro – Distancia:

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| L_d (dBA) | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
| Distancia (m) | 32,82 | 15,61 | 7,67 | 3,83 | 1,93 | 0,98 |

Tabla 6.11 Distancia asociada a un determinado L_{den} fijado por la ley

Para comprobar que la metodología establecida es correcta, podemos comparar estos resultados con los obtenidos mediante el método del CERTU:

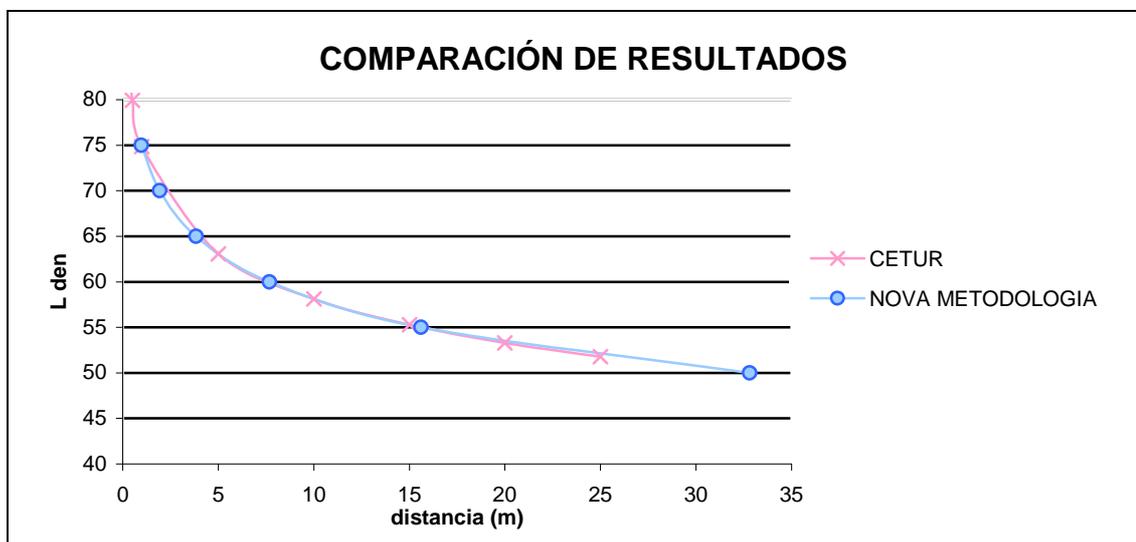


Figura 6.2 Comparación entre los resultados del CERTU y la nova metodología

Vemos que los perfiles transversales de ruido coinciden. Así, pues, podemos dar por correcta esta metodología de cálculo. A continuación, resumimos los pasos:

- 1) Partiendo de una distancia cualquiera, encontramos: L_{Aeq} día, L_{Aeq} tarde, L_{Aeq} noche i L_{den}
- 2) Calcularemos una de las tres distancias: $L_{den} - L_{Aeq}$ día o $L_{den} - L_{Aeq}$ tarde o $L_{den} - L_{Aeq}$ noche (no es necesario calcularlas las tres porque sólo utilizaremos una). Por ejemplo, $L_{den} - L_{Aeq}$ día.

3) Encontramos los L_{aeq} día asociados a cada L_{den} los fijados por la ley: 50, 55, 60, 65, 70 y 75, utilizando la diferencia anterior.

4) Introduciendo estos L_{aeq} día en la fórmula 12.3, encontraremos las distancias correspondientes a los niveles sonoros definidos por la ley.

6.3.2. Metodología de cálculo para los tramos con más de una categoría de trenes

En la línea Llobregat - Anoia, tenemos dos categorías de tren: de viajeros y de mercancías. Para establecer la metodología de cálculo a aplicar en estas circunstancias, se ha hecho un estudio previo en el tramo Molí Nou / Ciutat Cooperativa - Can Ros.

Los datos de cálculo son los siguientes:

| DATOS GENERALES | | | | |
|-----------------|----|-----------|-------------|-------------|
| do (m) | Kd | T día (s) | T tarde (s) | T noche (s) |
| 25 | 0 | 43.200 | 14.400 | 28.800 |

| LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA | Lo | vo (km/h) | l (m) | K |
|--------------------------|----|-----------|-------|----|
| Transporte de viajeros | 71 | 60 | 54 | 17 |
| Transporte de mercancías | 85 | 80 | 370 | 14 |

| TRAMO MOLÍ NOU/CIUTAT COOPERATIVA – CAN ROS | | | | |
|---|----------|-------|---------|---------|
| TIPO DE TREN | v (km/h) | n día | n tarde | N noche |
| Transporte de viajeros | 35 | 160 | 48 | 26 |
| Transporte de mercancías | 40 | 3 | 1 | 0 |

Tabla 6.12 Datos del cálculo del tramo Molí Nou – Can Ros

Primero de todo, partiendo de unas distancias, encontramos: por un lado, los L_{Amax} , $L_{Aeq(1tren)}$ y $L_{Aeq(ntrens)}$ correspondientes al transporte de viajeros y, por otro lado, los mismos parámetros correspondientes al transporte de mercancías. Para hacerlo, utilizamos las fórmulas:

$$L_{Amax} = L_0 - K \cdot \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + 30 \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right) - K_d \quad (8.1)$$

$$L_{Aeq(1tren)} = 10 \cdot \log\left(\frac{t_e}{T} \cdot 10^{\frac{L_{Amax}}{10}}\right) \quad (8.4)$$

$$t_e = \frac{l}{v} + \frac{6d}{100} \quad (8.6)$$

$$L_{Aeq(ntrens)} = L_{Aeq(1tren)} + 10 \cdot \log(n) \quad (8.8)$$

| TRANSPORTE DE VIAJEROS | | | | | | | |
|------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Distancia (m) | L_{Amax} | $L_d(1tren)$ | $L_e(1tren)$ | $L_n(1tren)$ | $L_d(n trenes)$ | $L_e(n trenes)$ | $L_n(n trenes)$ |
| 0,2 | 99,62 | 60,73 | 65,50 | 62,49 | 82,77 | 82,31 | 76,64 |
| 0,5 | 92,86 | 53,97 | 58,75 | 55,74 | 76,02 | 75,56 | 69,89 |
| 1 | 87,74 | 48,88 | 53,65 | 50,64 | 70,92 | 70,46 | 64,79 |
| 5 | 75,86 | 37,18 | 41,95 | 38,94 | 59,22 | 58,76 | 53,09 |

| TRANSPORTE DE VIAJEROS | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Distancia (m) | L _{Amax} | L _d (1tren) | L _e (1tren) | L _n (1tren) | L _d (n trenes) | L _e (n trenes) | L _n (n trenes) |
| 10 | 70,74 | 32,28 | 37,05 | 34,04 | 54,32 | 53,86 | 48,19 |
| 15 | 67,75 | 29,49 | 34,26 | 31,25 | 51,53 | 51,08 | 45,40 |
| 20 | 65,62 | 27,57 | 32,34 | 29,33 | 49,61 | 49,15 | 43,48 |
| 25 | 63,98 | 26,11 | 30,88 | 27,87 | 48,15 | 47,69 | 42,02 |

| TRANSPORTE DE MERCANCIAS | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Distancia (m) | L _{Amax} | L _d (1tren) | L _e (1tren) | L _n (1tren) | L _d (n trenes) | L _e (n trenes) | L _n (n trenes) |
| 0,2 | 105,33 | 74,20 | 78,97 | 75,96 | 78,97 | 78,97 | 0,00 |
| 0,5 | 99,75 | 68,63 | 73,40 | 70,39 | 73,40 | 73,40 | 0,00 |
| 1 | 95,54 | 64,42 | 69,19 | 66,18 | 69,19 | 69,19 | 0,00 |
| 5 | 85,75 | 54,66 | 59,43 | 56,42 | 59,43 | 59,43 | 0,00 |
| 10 | 81,54 | 50,49 | 55,26 | 52,25 | 55,26 | 55,26 | 0,00 |
| 15 | 79,07 | 48,06 | 52,83 | 49,82 | 52,83 | 52,83 | 0,00 |
| 20 | 77,33 | 46,35 | 51,12 | 48,11 | 51,12 | 51,12 | 0,00 |
| 25 | 75,97 | 45,03 | 49,80 | 46,79 | 49,80 | 49,80 | 0,00 |

 Tablas 6.13 L_{Aeq} (día, tarde y noche) asociados a una determinada distancia

 Partiendo de los L_{Aeq (ntrenes)} de los diferentes tipos de trenes, hacemos la suma logarítmica:

$$L_{AeqCOMBINAT} = Suma_{log\ arit\ mica} = 10 \log(10^{\frac{L_{AeqVIATGERS}}{10}} + 10^{\frac{L_{AeqMERCADERIES}}{10}})$$

| L _d (n trenes) VIAJEROS | L _d (n trenes) MERCANCIAS | L _d (n trenes) COMBINADO |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 82,77 | 78,97 | 84,28 |
| 76,02 | 73,40 | 77,91 |
| 70,92 | 69,19 | 73,15 |
| 59,22 | 59,43 | 62,34 |
| 54,32 | 55,26 | 57,83 |
| 51,53 | 52,83 | 55,24 |
| 49,61 | 51,12 | 53,44 |
| 48,15 | 49,80 | 52,06 |

| L _e (n trenes) VIAJEROS | L _e (n trenes) MERCANCIAS | L _e (n trenes) COMBINADO |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 82,31 | 78,97 | 83,96 |
| 75,56 | 73,40 | 77,62 |
| 70,46 | 69,19 | 72,88 |
| 58,76 | 59,43 | 62,12 |
| 53,86 | 55,26 | 57,63 |
| 51,08 | 52,83 | 55,05 |
| 49,15 | 51,12 | 53,26 |
| 47,69 | 49,80 | 51,88 |

| L _n (n trenes) VIAJEROS | L _n (n trenes) MERCANCIAS | L _n (n trenes) COMBINADO |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 82,31 | 78,97 | 83,96 |
| 75,56 | 73,40 | 77,62 |
| 70,46 | 69,19 | 72,88 |
| 58,76 | 59,43 | 62,12 |
| 53,86 | 55,26 | 57,63 |
| 51,08 | 52,83 | 55,05 |
| 49,15 | 51,12 | 53,26 |
| 47,69 | 49,80 | 51,88 |

| L_n (n trenes) VIAJEROS | L_n (n trenes) MERCANCÍAS | L_n (n trenes) COMBINADO |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 76,64 | 0,00 | 76,64 |
| 69,89 | 0,00 | 69,89 |
| 64,79 | 0,00 | 64,79 |
| 53,09 | 0,00 | 53,09 |
| 48,19 | 0,00 | 48,19 |
| 45,40 | 0,00 | 45,40 |
| 43,48 | 0,00 | 43,48 |
| 42,02 | 0,00 | 42,02 |

 Tablas 6.14 L_{Aeq} COMBINADO (día, tarde y noche).

Una vez tenemos estos valores de L_{Aeq} (n trenes) COMBINADOS, ya podemos encontrar L_{den} COMBINADO, mediante la fórmula:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{24} \left(t_d \cdot 10^{\frac{L_{Aeq}(d)}{10}} + t_e \cdot 10^{\frac{L_{Aeq}(e)+5}{10}} + t_n \cdot 10^{\frac{L_{Aeq}(n)+10}{10}} \right) \right) \quad (4.5)$$

| Distancia (m) | L_d (n trenes) COMBINADO | L_e (n trenes) COMBINADO | L_n (n trenes) COMBINADO | L_{den} COMBINADO |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 0,2 | 84,28 | 83,96 | 76,64 | 86,22 |
| 0,5 | 77,91 | 77,62 | 69,89 | 79,73 |
| 1 | 73,15 | 72,88 | 64,79 | 74,86 |
| 5 | 62,34 | 62,12 | 53,09 | 63,79 |
| 10 | 57,83 | 57,63 | 48,19 | 59,18 |
| 15 | 55,24 | 55,05 | 45,40 | 56,55 |
| 20 | 53,44 | 53,26 | 43,48 | 54,72 |
| 25 | 52,06 | 51,88 | 42,02 | 53,32 |

 Tabla 6.15 L_{den} COMBINADO asociado a una determinada distancia

Podemos representar el perfil transversal del nivel sonoro en este tramo:

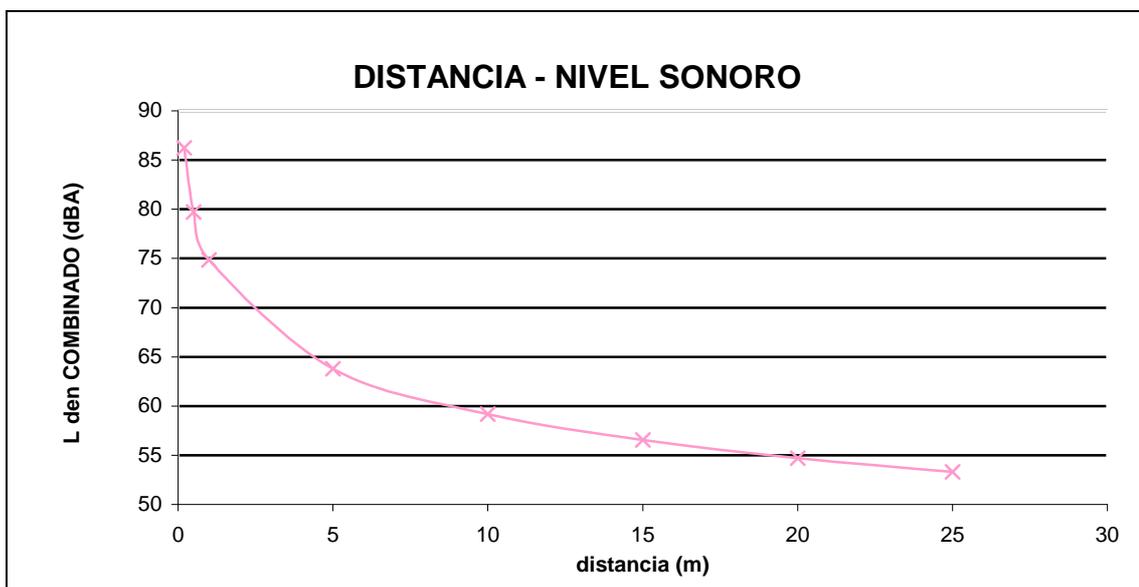


Figura 6.3 Relación entre el nivel sonoro y la distancia

Si hacemos un estudio de la relación $L_{den\ COMBINADO} - L_{Aeq\ COMBINADO}$ (por el día, tarde y noche), nos damos cuenta de que mantienen una relación aproximadamente lineal:

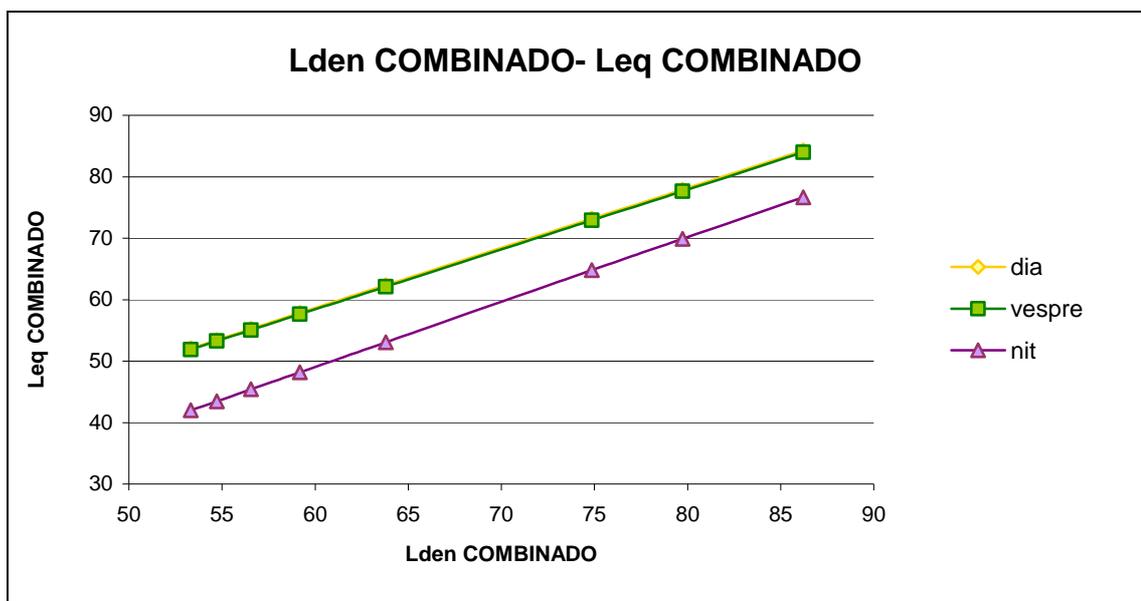


Figura 6.4 Relación entre $L_{den\ COMBINADO}$ y los $L_{Aeq\ COMBINADO}$ (para día, tarde y noche)

Entonces, podemos aproximar estas rectas para poder encontrar, posteriormente, los $L_{Aeq\ COMBINADOS}$ correspondientes a L_{den} definidos por la ley (50, 55, 60, 65, 70 y 75).

Se obtienen las rectas siguientes:

DÍA:
$$L_{AeqCOMBINADODía} = -0.2290 + 0.9808 L_{denCOMBINADODía}$$

TARDE:
$$L_{AeqCOMBINADOvespre} = -0.2039 + 0.9770 L_{denCOMBINADOvespre}$$

NOCHE:
$$L_{AeqCOMBINADONit} = -13.9944 + 1.0516 L_{denCOMBINADONit}$$

En la práctica, sólo utilizamos una de estas ecuaciones, elegimos por ejemplo la recta correspondiente al periodo de día.

| $L_{den\ combinado}$ | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $L_d\ combinado$ | 48,81 | 53,71 | 58,62 | 63,52 | 68,43 | 73,33 |

Tabla 6.16 $L_{Aeq\ COMBINADO\ día}$ asociados a los L_{den} fijados por la ley

También podemos hacer un estudio de la relación $L_{Aeq\ día\ COMBINADO} - L_{Aeq\ día}$ (para viajeros y mercancías). Observamos que esta relación también es aproximadamente lineal:

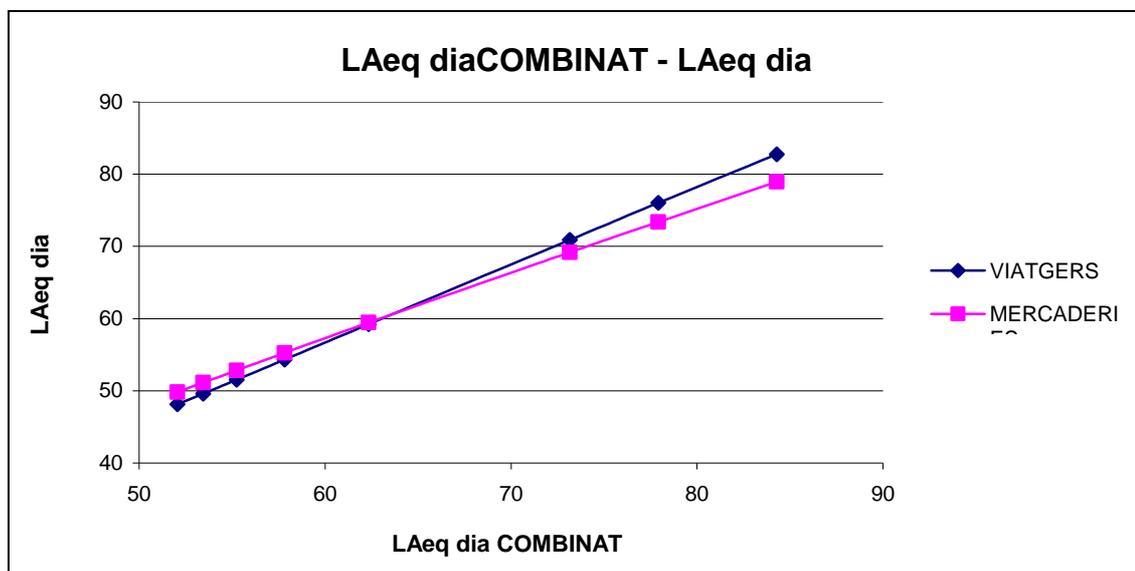


Figura 6.5 Relación entre $L_{Aeq\ día\ COMBINADO}$ y los $L_{Aeq\ día}$ (para viajeros y mercancías)

Podemos aproximar estas rectas. No hay, sin embargo, encontrarlas las dos, porque en la práctica, en Matlab, encontraremos las distancias a partir de uno de los dos parámetros, o $L_{Aeq\ día\ VIAJEROS}$ o $L_{Aeq\ día\ MERCANCIAS}$. Decidimos encontrar la recta correspondiente a viajeros

$$L_{Aeq\ VIAJEROS\ día} = -7.6192 + 1.0722L_{Aeq\ COMBINADO\ día}$$

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| L_d combinado | 48,8108 | 53,7148 | 58,6189 | 63,5230 | 68,4270 | 73,3311 |
| L_d viajeros | 44,7152 | 49,9736 | 55,2319 | 60,4902 | 65,7485 | 71,0068 |

Tabla 6.17 $L_{Aeq\ día\ VIAJEROS}$ asociados a cada $L_{Aeq\ COMBINADO\ día}$

Introduciendo estos valores de $L_{Aeq\ día}$ en el programa de Matlab, es decir, aplicando la fórmula 12.3, con los datos correspondientes a transporte de viajeros, se obtienen los resultados siguientes:

| | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L_d viajeros | 44,72 | 49,97 | 55,23 | 60,49 | 65,75 | 71,01 |
| Distancia (m) | 43,34 | 18,92 | 8,78 | 4,19 | 2,03 | 0,99 |

Tabla 6.18 Distancia asociada a cada $L_{Aeq\ día\ VIAJEROS}$

Si comparamos estos resultados con los obtenidos con el proceso habitual del CERTU, vemos que coinciden:

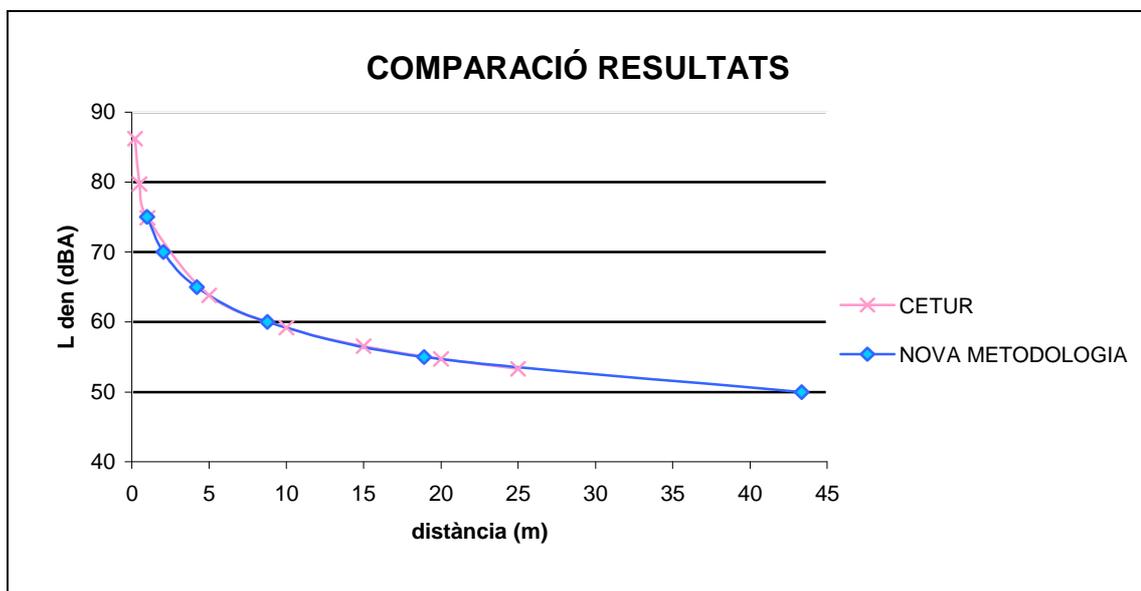


Figura 6.6 Comparació entre els resultats del CERTU i la nova metodologia

Entonces, podemos dar por correcta esta metodología de cálculo, que nos permite establecer una relación L_{den} -Distancia:

| L_{den} combinado | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|---------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| Distancia (m) | 43,44 | 18,92 | 8,78 | 4,19 | 2,03 | 0,99 |

Taula 6.19 Distància associada a cada L_{den} de los fijados por la ley

A partir de este estudio previo, podemos describir la metodología:

- 1) Partiendo de unas distancias cualquiera, encontraremos: L_{aeq} día, L_{aeq} tarde y L_{aeq} noche tanto para el transporte de viajeros como para el de mercancías.
- 2) Haremos la suma energética de los parámetros correspondientes a las dos categorías de trenes, para cada uno de los periodos del día. Obtendremos: L_{aeq} día COMBINADO, L_{aeq} tarde COMBINADO y L_{aeq} noche COMBINADO.
- 3) Calcularemos L_{den} COMBINADO mediante la fórmula 4.5.
- 4) Encontraremos las rectas L_{den} COMBINADO - L_{aeq} día COMBINADO (R1) y L_{aeq} día COMBINADO - L_{aeq} día VIAJEROS (R2).
- 5) Calcularemos los L_{aeq} COMBINADO día correspondientes a los L_{den} marcados por la normativa: 50, 55, 60, 65, 70 y 75, mediante la función R1.
- 6) Calcularemos los L_{aeq} día VIAJEROS asociados a L_{aeq} COMBINADO día encontrados en 5, a la función R2.
- 7) Introduciendo estos L_{aeq} día VIAJEROS (y los datos asociados a transporte de viajeros) en la fórmula 12.3, mediante el algoritmo de Matlab, encontraremos las distancias correspondientes a los niveles sonoros definidos por la ley.

6.4 Distancia de las isófonas

El cálculo de la distancia de las isófonas en la vía es el paso previo al cartografiado estratégico.

Se realizará el cálculo para los niveles sonoros límite entre los valores de L_{den} 50, 55, 60, 65, 70 y 75 dBA. Esto permitirá posteriormente estimar la población sometida a cada uno de los niveles.

Por otra parte, se calcularán las distancias asociadas a los valores de 50, 55, 60, 65, 70 y 75 dBA correspondientes a L_{noche} , L_{tarde} y $L_{día}$ ya que la Ley española, de acuerdo con la Directiva europea 2002/49/CE, también las requiere.

Como ya se ha visto en el apartado de obtención de datos y como se verá a continuación, el cálculo se ha realizado dividiendo la línea de estudio en una serie de tramos de forma que sus características sean lo suficientemente homogéneas como para considerar que la circulación de los trenes no sufre grandes variaciones de velocidad o de trazado a lo largo de su longitud.

La línea Barcelona - Vallès ha quedado dividida en siete tramos de estudio diferentes:

1. Barcelona - Valldoreix
2. Valldoreix - Sant Cugat
3. Sant Cugat - Rubí
4. Rubí - Terrassa
5. Sant Cugat - Bellaterra
6. Bellaterra - Universidad Autónoma de Barcelona
7. Universidad Autónoma de Barcelona - Sabadell

Por otra parte, el trayecto Barcelona - Martorell lo hemos dividido en cuatro tramos, cada uno con unas características concretas:

1. Barcelona - Molí Nou / Ciutat Cooperativa
2. Molí Nou / Ciutat Cooperativa - Can Ros
3. Can Ros - El Palau
4. El Palau - Martorell - Enllaç

Los rasgos característicos de cada tramo son los datos que se han introducido en la fórmula 12.3 para encontrar las distancias.

De cada tramo se muestran, mediante tablas, las distancias en metros a las que se producen los niveles sonoros mencionados, junto con las distancias en centímetros correspondientes a la escala de trabajo elegida (1:5.000).

6.4.1 Línea Barcelona – Vallès o metro del Vallès

Utilizando los datos de longitud de los trenes, velocidad, número de circulaciones, periodo de estudio de día, constantes y valores de referencia considerados en este mismo capítulo, y aplicando la metodología establecida para calcular los tramos con una sola categoría de trenes, los resultados de la aplicación de la expresión 12.3 para esta línea son los siguientes:

Recorrido común

| TRAMO 1: BARCELONA – VALLDOREIX | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Ruido (dBA) | L _{den} | | L _d | | L _e | | L _n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 60,36 | 1,21 | 40,63 | 0,81 | 39,29 | 0,79 | 15,18 | 0,30 |
| 55 | 27,21 | 0,54 | 18,95 | 0,38 | 18,38 | 0,37 | 7,45 | 0,15 |
| 60 | 13,02 | 0,26 | 9,23 | 0,18 | 8,96 | 0,18 | 3,72 | 0,07 |
| 65 | 6,42 | 0,13 | 4,59 | 0,09 | 4,46 | 0,09 | 1,87 | 0,04 |
| 70 | 3,21 | 0,06 | 2,31 | 0,05 | 2,24 | 0,04 | 0,95 | 0,02 |
| 75 | 1,62 | 0,03 | 1,16 | 0,02 | 1,13 | 0,02 | 0,48 | 0,01 |

Tabla 6.20 Isófonas tramo Barcelona – Valldoreix

| TRAMO 2: VALLDOREIX – SANT CUGAT | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Ruido (dBA) | L _{den} | | L _d | | L _e | | L _n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 27,49 | 0,55 | 19,40 | 0,39 | 18,83 | 0,38 | 7,78 | 0,16 |
| 55 | 13,46 | 0,27 | 9,60 | 0,19 | 9,32 | 0,19 | 3,91 | 0,08 |
| 60 | 6,71 | 0,13 | 4,81 | 0,10 | 4,67 | 0,09 | 1,97 | 0,04 |
| 65 | 3,38 | 0,07 | 2,43 | 0,05 | 2,36 | 0,05 | 1,00 | 0,02 |
| 70 | 1,71 | 0,03 | 1,23 | 0,02 | 1,19 | 0,02 | 0,51 | 0,01 |
| 75 | 0,87 | 0,02 | 0,62 | 0,01 | 0,61 | 0,01 | 0,26 | 0,01 |

Tabla 6.21 Isófonas tramo Valldoreix – Sant Cugat

Línea S1

| TRAMO 3: SANT CUGAT - RUBÍ | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Ruido (dBA) | L _{den} | | L _d | | L _e | | L _n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 39,98 | 0,80 | 24,64 | 0,49 | 29,10 | 0,58 | 10,52 | 0,21 |
| 55 | 18,60 | 0,37 | 11,82 | 0,24 | 13,84 | 0,28 | 5,21 | 0,10 |
| 60 | 9,05 | 0,18 | 5,84 | 0,12 | 6,80 | 0,14 | 2,61 | 0,05 |
| 65 | 4,49 | 0,09 | 2,92 | 0,06 | 3,40 | 0,07 | 1,32 | 0,03 |
| 70 | 2,26 | 0,05 | 1,47 | 0,03 | 1,71 | 0,03 | 0,67 | 0,01 |
| 75 | 1,14 | 0,02 | 0,75 | 0,01 | 0,87 | 0,02 | 0,34 | 0,01 |

Tabla 6.22 Isófonas tramo Sant Cugat – Rubí

| TRAMO 4: RUBÍ - TERRASSA | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 71,45 | 1,43 | 43,59 | 0,87 | 35,27 | 0,71 | 18,48 | 0,37 |
| 55 | 29,84 | 0,60 | 19,37 | 0,39 | 16,01 | 0,32 | 8,81 | 0,18 |
| 60 | 13,75 | 0,28 | 9,21 | 0,18 | 7,69 | 0,15 | 4,33 | 0,09 |
| 65 | 6,65 | 0,13 | 4,52 | 0,09 | 3,80 | 0,08 | 2,17 | 0,04 |
| 70 | 3,30 | 0,07 | 2,26 | 0,05 | 1,90 | 0,04 | 1,09 | 0,02 |
| 75 | 1,66 | 0,03 | 1,14 | 0,02 | 0,96 | 0,02 | 0,55 | 0,01 |

Tabla 6.23 Isófonas tramo Rubí - Terrassa

Línea S2

| TRAMO 5: SANT CUGAT - BELLATERRA | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 32,82 | 0,66 | 24,92 | 0,50 | 19,92 | 0,40 | 8,91 | 0,18 |
| 55 | 15,61 | 0,31 | 12,03 | 0,24 | 9,71 | 0,19 | 4,44 | 0,09 |
| 60 | 7,67 | 0,15 | 5,96 | 0,12 | 4,83 | 0,10 | 2,23 | 0,04 |
| 65 | 3,83 | 0,08 | 2,99 | 0,06 | 2,43 | 0,05 | 1,13 | 0,02 |
| 70 | 1,93 | 0,04 | 1,51 | 0,03 | 1,23 | 0,02 | 0,57 | 0,01 |
| 75 | 0,98 | 0,02 | 0,76 | 0,02 | 0,62 | 0,01 | 0,29 | 0,01 |

Tabla 6.24 Isófonas tramo Sant Cugat – Bellaterra

| TRAMO 6: BELLATERRA – UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 23,08 | 0,46 | 17,75 | 0,35 | 14,30 | 0,29 | 6,52 | 0,13 |
| 55 | 11,29 | 0,23 | 8,76 | 0,18 | 7,09 | 0,14 | 3,28 | 0,07 |
| 60 | 5,63 | 0,11 | 4,38 | 0,09 | 3,56 | 0,07 | 1,66 | 0,03 |
| 65 | 2,83 | 0,06 | 2,21 | 0,04 | 1,80 | 0,04 | 0,84 | 0,02 |
| 70 | 1,43 | 0,03 | 1,12 | 0,02 | 0,91 | 0,02 | 0,43 | 0,01 |
| 75 | 0,73 | 0,01 | 0,57 | 0,01 | 0,46 | 0,01 | 0,22 | 0,00 |

Tabla 6.25 Isófonas tramo Bellaterra - UAB

| TRAMO 7: UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA - SABADELL | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 66,28 | 1,33 | 44,41 | 0,89 | 38,49 | 0,77 | 15,97 | 0,32 |
| 55 | 28,36 | 0,57 | 19,91 | 0,40 | 17,50 | 0,35 | 7,71 | 0,15 |
| 60 | 13,23 | 0,26 | 9,50 | 0,19 | 8,41 | 0,17 | 3,82 | 0,08 |
| 65 | 6,44 | 0,13 | 4,68 | 0,09 | 4,16 | 0,08 | 1,92 | 0,04 |
| 70 | 3,20 | 0,06 | 2,34 | 0,05 | 2,08 | 0,04 | 0,97 | 0,02 |
| 75 | 1,61 | 0,03 | 1,18 | 0,02 | 1,05 | 0,02 | 0,49 | 0,01 |

Tabla 6.26 Isófonas tramo UAB - Sabadell

6.4.2 Línea Llobregat - Anoia (Tramo Barcelona - Martorell Enllaç)

Utilizando los datos de longitud de los trenes, velocidad, número de circulaciones, periodo de estudio de día, constantes y valores de referencia considerados en este mismo capítulo, y aplicando la metodología establecida de cálculo para los tramos con más de una categoría de trenes, los resultados de la aplicación de la expresión 12.3 para esta línea son los siguientes.

| TRAMO 1: BARCELONA – MOLÍ NOU / CIUTAT COOPERATIVA | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 33,97 | 0,68 | 21,13 | 0,42 | 20,01 | 0,40 | 10,14 | 0,20 |
| 55 | 15,89 | 0,32 | 10,17 | 0,20 | 9,66 | 0,19 | 5,01 | 0,10 |
| 60 | 7,75 | 0,15 | 5,03 | 0,10 | 4,78 | 0,10 | 2,51 | 0,05 |
| 65 | 3,86 | 0,08 | 2,52 | 0,05 | 2,40 | 0,05 | 1,27 | 0,03 |
| 70 | 1,94 | 0,04 | 1,27 | 0,03 | 1,21 | 0,02 | 0,64 | 0,01 |
| 75 | 0,98 | 0,02 | 0,64 | 0,01 | 0,61 | 0,01 | 0,33 | 0,01 |

Tabla 6.27 Isófonas tramo Barcelona – Molí Nou/Ciutat Cooperativa

| TRAMO 2: MOLÍ NOU / CIUTAT COOPERATIVA – CAN ROS | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 43,34 | 0,87 | 35,16 | 0,70 | 34,12 | 0,68 | 7,72 | 0,15 |
| 55 | 18,92 | 0,38 | 15,41 | 0,31 | 14,95 | 0,30 | 3,83 | 0,08 |
| 60 | 8,78 | 0,18 | 7,11 | 0,14 | 6,89 | 0,14 | 1,92 | 0,04 |
| 65 | 4,19 | 0,08 | 3,37 | 0,07 | 3,66 | 0,07 | 0,97 | 0,02 |
| 70 | 2,03 | 0,04 | 1,61 | 0,03 | 1,55 | 0,03 | 0,49 | 0,01 |
| 75 | 0,99 | 0,02 | 0,77 | 0,02 | 0,74 | 0,01 | 0,25 | 0,00 |

Tabla 6.28 Isófonas tramo Molí Nou/Ciutat Cooperativa – Can Ros

| TRAMO 3: CAN ROS – EL PALAU | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 57,83 | 1,16 | 43,16 | 0,86 | 42,72 | 0,85 | 10,52 | 0,21 |
| 55 | 24,02 | 0,48 | 18,36 | 0,37 | 18,17 | 0,36 | 5,13 | 0,10 |
| 60 | 10,94 | 0,22 | 8,42 | 0,17 | 8,34 | 0,17 | 2,55 | 0,05 |
| 65 | 5,21 | 0,10 | 4,00 | 0,08 | 3,96 | 0,08 | 1,28 | 0,03 |
| 70 | 2,54 | 0,05 | 1,94 | 0,04 | 1,92 | 0,04 | 0,65 | 0,01 |
| 75 | 1,25 | 0,02 | 0,95 | 0,02 | 0,93 | 0,02 | 0,33 | 0,01 |

Tabla 6.29 Isófonas tramo Can Ros – El Palau

| TRAMO 4: EL PALAU – MARTORELL ENLLAÇ | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 50,00 | 1,00 | 38,77 | 0,78 | 38,39 | 0,77 | 9,02 | 0,18 |
| 55 | 21,32 | 0,43 | 16,77 | 0,34 | 16,60 | 0,33 | 4,44 | 0,09 |
| 60 | 9,81 | 0,20 | 7,72 | 0,15 | 7,64 | 0,15 | 2,22 | 0,04 |
| 65 | 4,68 | 0,09 | 3,66 | 0,07 | 3,63 | 0,07 | 1,12 | 0,02 |
| 70 | 2,28 | 0,05 | 1,76 | 0,04 | 1,75 | 0,03 | 0,57 | 0,01 |
| 75 | 1,12 | 0,02 | 0,86 | 0,02 | 0,85 | 0,02 | 0,29 | 0,01 |

Tabla 6.30 Isófonas tramo El Palau – Martorell Enllaç

| TRAMO 5: MARTORELL ENLLAÇ - OLESA | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ruido (dBA) | L_{den} | | L_d | | L_e | | L_n | |
| | d (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) | D (m) | d 1:5000 (cm) | d (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 53,20 | 1,06 | 48,61 | 0,97 | 45,97 | 0,92 | 5,92 | 0,12 |
| 55 | 21,40 | 0,43 | 19,50 | 0,39 | 18,29 | 0,37 | 2,94 | 0,06 |
| 60 | 9,41 | 0,19 | 8,53 | 0,17 | 7,91 | 0,16 | 1,48 | 0,03 |
| 65 | 4,32 | 0,09 | 3,87 | 0,08 | 3,55 | 0,07 | 0,75 | 0,01 |
| 70 | 2,02 | 0,04 | 1,79 | 0,04 | 1,62 | 0,03 | 0,38 | 0,01 |
| 75 | 0,95 | 0,02 | 0,84 | 0,02 | 0,75 | 0,01 | 0,19 | 0,00 |

Tabla 6.31 Isófonas tramo Martorell Enllaç - Olesa

Como se ve en las tablas anteriores, correspondientes a las dos líneas de estudio, las distancias resultantes a escala 1:5.000 son muy pequeñas y por lo tanto difíciles de poder dibujar y distinguir en los mapas.

6.5 Tablas resumen de las distancias en metros al: L_{den} , L_n , L_e y L_d .
LÍNEA BARCELONA - VALLÈS

| L_{den} | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|
|-----------|----|----|----|----|----|----|

Recorrido común

| | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| T1: Barcelona - Valldoreix | 60,36 | 27,21 | 13,02 | 6,42 | 3,21 | 1,62 |
| T2: Valldoreix - Sant Cugat | 27,49 | 13,46 | 6,71 | 3,38 | 1,71 | 0,87 |

Línea S1

| | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| T3: Sant Cugat - Rubí | 39,98 | 18,60 | 9,05 | 4,49 | 2,26 | 1,14 |
| T4: Rubí - Terrassa | 71,45 | 29,84 | 13,75 | 6,65 | 3,30 | 1,66 |

Línea S2

| | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| T5: Sant Cugat - Bellaterra | 32,82 | 15,61 | 7,67 | 3,83 | 1,93 | 0,98 |
| T6: Bellaterra - UAB | 23,08 | 11,29 | 5,63 | 2,83 | 1,43 | 0,73 |
| T7: UAB - Sabadell | 66,28 | 28,36 | 13,23 | 6,44 | 3,20 | 1,61 |

LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA

| L_{den} | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|
|-----------|----|----|----|----|----|----|

| | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| T1: Barcelona - Molí Nou/CC | 33,97 | 15,89 | 7,75 | 3,86 | 1,94 | 0,98 |
| T2: Molí Nou/CC - Can Ros | 43,34 | 18,92 | 8,78 | 4,19 | 2,03 | 0,99 |
| T3: Can Ros - El Palau | 57,83 | 24,02 | 10,94 | 5,21 | 2,54 | 1,25 |
| T4: El Palau - Martorell Enllaç | 50,00 | 21,32 | 9,81 | 4,68 | 2,28 | 1,12 |
| T5: Martorell Enllaç - Olesa | 53,20 | 21,40 | 9,41 | 4,32 | 2,02 | 0,95 |

 Tabla 6.32 Distancias, en metros, asociadas a los seis niveles de L_{den} , en dBA.

LÍNEA BARCELONA - VALLÈS

| L_n | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|
|-------|----|----|----|----|----|----|----|

Recorrido común

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| T1: Barcelona - Valldoreix | 32,03 | 15,18 | 7,45 | 3,72 | 1,87 | 0,95 | 0,48 |
| T2: Valldoreix - Sant Cugat | 15,64 | 7,78 | 3,91 | 1,97 | 1,00 | 0,51 | 0,26 |

Línea S1

| | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| T3: Sant Cugat - Rubí | 21,79 | 10,52 | 5,21 | 2,61 | 1,32 | 0,67 | 0,34 |
| T4: Rubí - Terrassa | 41,35 | 18,48 | 8,81 | 4,33 | 2,17 | 1,09 | 0,55 |

Línea S2

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| T5: Sant Cugat - Bellaterra | 18,22 | 8,91 | 4,44 | 2,23 | 1,13 | 0,57 | 0,29 |
| T6: Bellaterra - UAB | 13,12 | 6,52 | 3,28 | 1,66 | 0,84 | 0,43 | 0,22 |
| T7: UAB - Sabadell | 34,82 | 15,97 | 7,71 | 3,82 | 1,92 | 0,97 | 0,49 |

LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA

| L_n | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|---------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| T1: Barcelona - Molí Nou/CC | 21,06 | 10,14 | 5,01 | 2,51 | 1,27 | 0,64 | 0,33 |
| T2: Molí Nou/CC - Can Ros | 15,92 | 7,72 | 3,83 | 1,92 | 0,97 | 0,49 | 0,25 |
| T3: Can Ros - El Palau | 22,46 | 10,52 | 5,13 | 2,55 | 1,28 | 0,65 | 0,33 |
| T4: El Palau - Martorell Enllaç | 18,91 | 9,02 | 4,44 | 2,22 | 1,12 | 0,57 | 0,29 |
| T5: Martorell Enllaç - Olesa | 11,89 | 5,92 | 2,94 | 1,48 | 0,75 | 0,38 | 0,19 |

 Tabla 6.33 Distancias (m) asociadas a los siete niveles de $L_{Aeq\ nit}$ (dBA).

LÍNEA BARCELONA - VALLÈS

| L_e | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|-----------------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| Recorrido común | | | | | | |
| T1: Barcelona - Valldoreix | 39,29 | 18,38 | 8,96 | 4,46 | 2,24 | 1,13 |
| T2: Valldoreix - Sant Cugat | 18,83 | 9,32 | 4,67 | 2,36 | 1,19 | 0,61 |
| Línea S1 | | | | | | |
| T3: Sant Cugat - Rubí | 29,10 | 13,84 | 6,80 | 3,40 | 1,71 | 0,87 |
| T4: Rubí - Terrassa | 35,27 | 16,01 | 7,69 | 3,80 | 1,90 | 0,96 |
| Línea S2 | | | | | | |
| T5: Sant Cugat - Bellaterra | 19,92 | 9,71 | 4,83 | 2,43 | 1,23 | 0,62 |
| T6: Bellaterra - UAB | 14,30 | 7,09 | 3,56 | 1,80 | 0,91 | 0,46 |
| T7: UAB - Sabadell | 38,49 | 17,50 | 8,41 | 4,16 | 2,08 | 1,05 |

LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA

| L_e | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|---------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| T1: Barcelona - Molí Nou/CC | 20,01 | 9,66 | 4,78 | 2,40 | 1,21 | 0,61 |
| T2: Molí Nou/CC - Can Ros | 34,12 | 14,95 | 6,89 | 3,66 | 1,55 | 0,74 |
| T3: Can Ros - El Palau | 42,72 | 18,17 | 8,34 | 3,96 | 1,92 | 0,93 |
| T4: El Palau - Martorell Enllaç | 38,39 | 16,60 | 7,64 | 3,63 | 1,75 | 0,85 |
| T5: Martorell Enllaç - Olesa | 45,97 | 18,29 | 7,91 | 3,55 | 1,62 | 0,75 |

 Tabla 6.34 Distancias (m) asociadas a los seis niveles de $L_{Aeq\ vespre}$ (dBA)

LÍNEA BARCELONA – VALLÈS

| L_d | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Recorrido común | | | | | | |
| T1: Barcelona - Valldoreix | 40,63 | 18,95 | 9,23 | 4,59 | 2,31 | 1,16 |
| T2: Valldoreix - Sant Cugat | 19,40 | 9,60 | 4,81 | 2,43 | 1,23 | 0,62 |
| Línia S1 | | | | | | |
| T3: Sant Cugat - Rubí | 24,64 | 11,82 | 5,84 | 2,92 | 1,47 | 0,75 |
| T4: Rubí – Terrassa | 43,59 | 19,37 | 9,21 | 4,52 | 2,26 | 1,14 |
| Línia S2 | | | | | | |
| T5: Sant Cugat - Bellaterra | 24,92 | 12,03 | 5,96 | 2,99 | 1,51 | 0,76 |
| T6: Bellaterra – UAB | 17,75 | 8,76 | 4,38 | 2,21 | 1,12 | 0,57 |
| T7:UAB – Sabadell | 44,41 | 19,91 | 9,50 | 4,68 | 2,34 | 1,18 |

LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA

| L_d | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T1: Barcelona - Molí Nou/CC | 21,13 | 10,17 | 5,03 | 2,52 | 1,27 | 0,64 |
| T2: Molí Nou/CC - Can Ros | 35,16 | 15,41 | 7,11 | 3,37 | 1,61 | 0,77 |
| T3: Can Ros - El Palau | 43,16 | 18,36 | 8,42 | 4,00 | 1,94 | 0,95 |
| T4: El Palau - Martorell Enllaç | 38,77 | 16,77 | 7,72 | 3,66 | 1,76 | 0,86 |
| T5: Martorell Enllaç - Olesa | 48,61 | 19,50 | 8,53 | 3,87 | 1,79 | 0,84 |

Tabla 6.35 Distancias (m) asociadas a los seis niveles de L_{Aeq día} (dBA)

7. LOS MAPAS Y SUS EXPRESIONES

Dado que el ámbito de las líneas de Barcelona - Vallès y Llobregat - Anoia (Barcelona - Martorell Enllaç) no es muy extenso, se ha preferido para la definición de los mapas y de sus expresiones hacer el cálculo aplicando el CERTU y la revisión de los resultados haciendo la lectura directa en el territorio.

En el trabajo de gabinete se han efectuado comparaciones con el modelo acústico Cadna, validando siempre la opción de trabajo CERTU como mucho más fiable y mucho más laboriosa.

Conocidas las distancias de las líneas isófonas en la vía, se dispone de la herramienta básica para poder definir sus expresiones y dibujar mapas estratégicos.

Aunque en este documento no se presentan gráficamente los mapas estratégicos, se determinan las expresiones que los definen.

Ejemplificamos el proceso en un segmento del trazado, para comprobar cómo quedan representados los resultados sobre mapa y poder valorar si quedan bien definidos y si la escala es la adecuada. El mapa elegido corresponde al tramo Can Ros - El Palau, de la línea Llobregat - Anoia. Se ha elegido este segmento de vía porque permite hacer una interpretación y representación de los resultados obtenidos tanto en zona urbana como en zona interurbana.

El primer punto importante a determinar es la escala. Ya se ha comentado la idoneidad de utilizar la escala de 1:5.000 para realizar el estudio general de contaminación acústica causada por los trenes en el territorio, en lugar de la escala 1:25.000 que marca la ley.

El siguiente paso es elegir cuáles son los datos que se representarán en el mapa estratégico. Según la ley, se deben contemplar como mínimo las zonas correspondientes a los niveles sonoros $L_{den} > 55$ dBA y $L_n > 50$ dBA, ya que son las zonas susceptibles de estudios más profundos a la hora de elaborar futuros planes de acción. Calcularemos todos los intervalos: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, > 75 dBA correspondientes a L_{den} y L_n . En cada caso compararemos los valores de L_{den} 55 y L_n 50 y elegiremos el valor que dé unas distancias más críticas. Destacar que, en este trabajo, los resultados más críticos siempre han correspondido al L_{den} .

Respecto a la interpretación de los resultados, se han hecho las hipótesis siguientes:

Cuando el ruido choca con un edificio, éste lo apantalla y el ruido queda amortiguado. Así pues, nos adaptaremos a las líneas a la edificación. Esta hipótesis no tiene influencia en los tramos a campo abierto, pero sí dentro de los municipios, donde la zona se verá reducida notablemente como consecuencia del apantallamiento de los edificios.

Los tipos de terreno y sección de la vía (plano, terraplén o trinchera) influyen en la propagación del ruido. Una plataforma construida sobre terreno llano es el caso más desfavorable para la propagación del ruido. En terraplén, esta propiedad del sonido es muy parecida pero se produce una zona de sombra al pie del talud que protege al posible receptor. Por otra parte, la sección en trinchera supone una reducción en el avance de las ondas sonoras, ya que son parcialmente absorbidas o reflejadas por los taludes de la sección. Los principales motivos por los que se produce una sección en trinchera a lo largo de la línea son la existencia de puentes o el paso del tren por la ladera de una montaña. Además de las tres secciones fundamentales se han considerado sus posibles combinaciones, ya que en numerosas ocasiones la vía atraviesa terrenos en pendiente que requirieron en su construcción excavar por un lado y rellenar por el otro.

Las estructuras adyacentes a la vía (por ejemplo puentes) también harán variar la distancia de las isófonas en la vía.

No se ha considerado el efecto que tiene sobre las líneas el ruido producido por otras infraestructuras del transporte o fuentes de ruido de otro tipo, ya que nuestra finalidad es conocer la acústica ferroviaria. Además esto no alterará de forma destacable nuestros resultados finales dada la naturaleza logarítmica de la suma de ruidos provenientes de diferentes emisores.

Debemos remarcar que este es un estudio de evaluación de población. Por lo tanto, no se ha considerado el efecto que se produce en los edificios y construcciones no destinados a residencia o vivienda. Las principales edificaciones e infraestructuras de estas características que hemos encontrado a lo largo del trazado de las líneas son básicamente naves industriales o de almacenaje, fábricas, depuradoras, etc. Estos elementos no se han considerado, dado que los niveles sonoros en el interior de los puestos de trabajo tienen criterios de evaluación de acuerdo con los emisores de las actividades.

Centrándonos ya en el tramo elegido (Can Ros - El Palau), las distancias calculadas son las siguientes:

| Nivel sonoro (dBA) | L_{den} | | L_n | |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Distancia (m) | d 1:5000 (cm) | Distancia (m) | d 1:5000 (cm) |
| 50 | 57,83 | 1,16 | 10,52 | 0,21 |
| 55 | 24,02 | 0,48 | 5,13 | 0,10 |
| 60 | 10,94 | 0,22 | 2,55 | 0,05 |
| 65 | 5,21 | 0,10 | 1,28 | 0,03 |
| 70 | 2,54 | 0,05 | 0,65 | 0,01 |
| 75 | 1,25 | 0,02 | 0,33 | 0,01 |

Se puede ver, como ya hemos dicho, que los resultados más críticos corresponden L_{den} y, por lo tanto, serán los que utilizaremos.

7.1 Líneas Isófonas

Utilizando la escala 1:5000, con las hipótesis de trabajo y con los datos de las distancias, hemos realizado un primer mapa estratégico, donde hemos representado las seis líneas isófonas (mapa número 1).



Mapa número 1

Si observamos el mapa nos damos cuenta de que a escala 1:5000 es difícil distinguir cuál es el territorio exacto que queda dentro de cada intervalo. Hay dos soluciones posibles:

- Representar a esta escala lo que llamaremos línea de ámbito, límite entre la inmisión excesiva y el territorio libre de molestias.
- Utilizar una escala mayor para representar las 6 isófonas de cálculo, lo que facilitará la realización de los futuros estudios en detalle (planes de acción, medidas correctoras u otros).

7.1.2 Línea de ámbito

La primera solución a la que se ha llegado es dibujar lo que hemos definido como línea de ámbito.

Esta línea marca la frontera entre el territorio que queda definido por un nivel de ruido determinado con el tiempo y el terreno que queda libre de contaminación acústica procedente del ferrocarril.

A la hora de representar la línea de ámbito tomaremos en englobar los otros isófonas, la distancia correspondiente a $L_{de}n 55$ o $L_n 50$, en función de cuál sea la más crítica.

Cabe destacar que esta línea no corresponde en su trazado únicamente a este nivel de sonido (50 ó 55 dBA) sino que en cada punto puede representar más o menos ruido en función de su distancia a la vía, el tramo en el que nos encontramos, la sección de la vía (plana, terraplén o trinchera) y las edificaciones y estructuras contiguas al trazado.

Operando así obtenemos el mapa núm. 2, el cual no da tanta información como el mapa número 1, donde se representaban los seis niveles sonoros, pero la representación es más clara, comprensible, facilita mejor la gestión ambiental del ruido ferroviario.

El inconveniente de este mapa es que no se pueden identificar a simple vista las viviendas que quedan dentro de cada intervalo sonoro. Aun así, es posible igualmente clasificar las viviendas en función de su nivel de exposición al ruido de los trenes. Efectivamente, una vez dibujada la mencionada línea e identificadas las construcciones que quedan dentro, se podrá medir la distancia exacta a la que están situadas de la vía y así conocer en qué intervalo de ruido se encuentran situadas

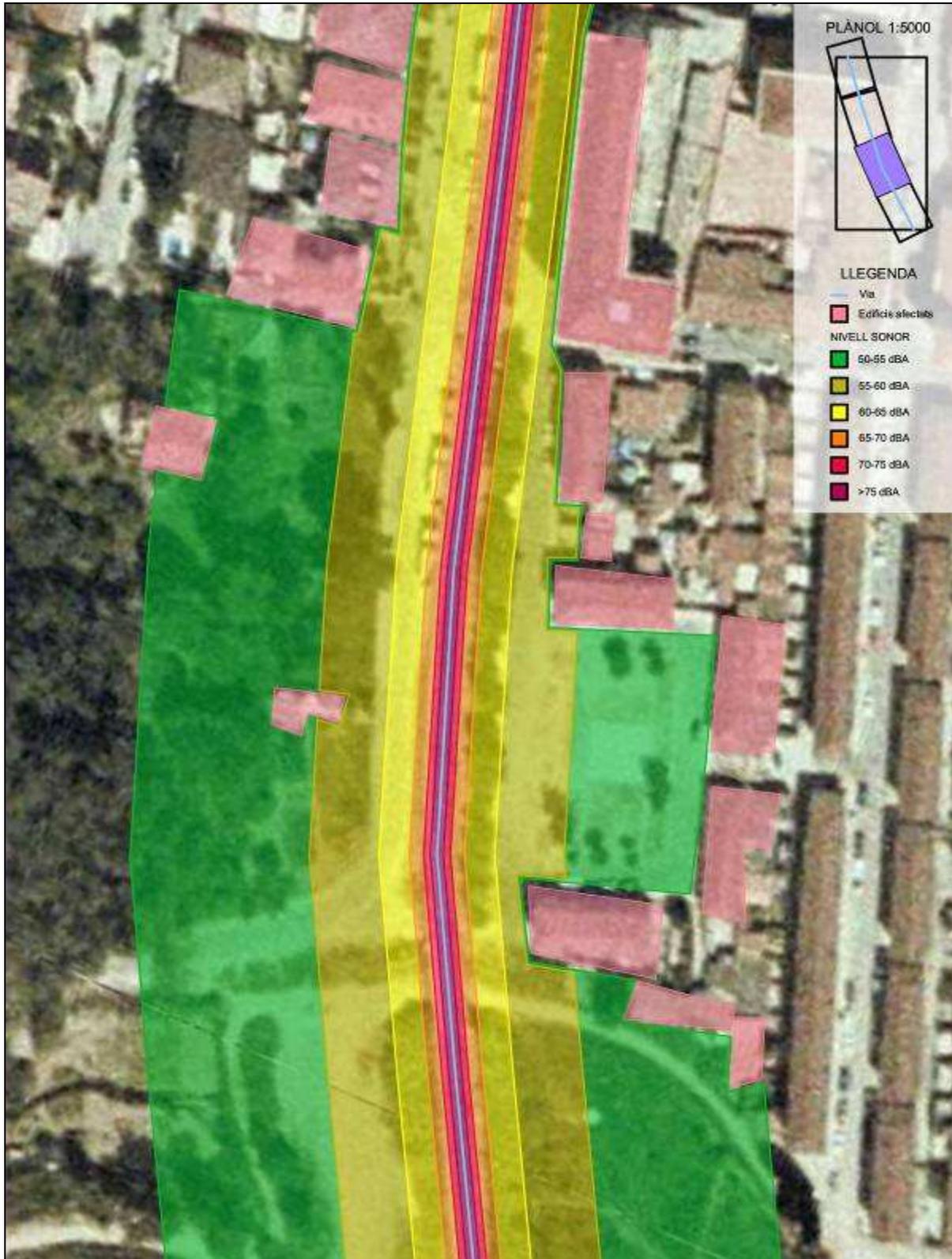


Mapa número 2

7.1.3 Escala

La otra opción para representar adecuadamente las 6 líneas isófonas, teniendo en cuenta que las distancias de la vía a las isófonas oscilan, entre 0 y 100 m, se utilizó una escala de trabajo como la 1:1.000 que nos permitirá observar con el máximo detalle la posible zona.

Así pues, sobre un tramo del mapa anterior obtenemos el mapa núm. 3.



Esta escala permite distinguir la zona que queda dentro de cada intervalo sonoro. Sin embargo, para los planes de acción deberán utilizar escalas mayores para obtener mejor definición.



El análisis realizado en este apartado del trabajo muestra que las escalas elegidas por la Ley del ruido para dibujar el cartografiado estratégico no permiten realizar el análisis del impacto acústico de las líneas de estudio de FGC tal y como pretende la propia ley. Ni siquiera la escala 1:5.000 permite de forma adecuada la gestión del ruido de los ferrocarriles de FGC.

La finalidad de la realización del cartografiado estratégico, sin embargo, no son los propios mapas, sino la expresión de la población, en tablas, gráficos u otros.

8. ESTUDIO DE LA SUPERFICIE

Conocida la distancia (d) de las líneas isófonas a la vía férrea se puede calcular la superficie del territorio para cada nivel sonoro. Siguiendo el criterio establecido para calcular las expresiones de los mapas estratégicos, en primer lugar buscaremos las áreas asociadas al parámetro L_{den} o L_n que son las isófonas que determinan las superficies más críticas

8.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Las distancias alcanzadas en las isófonas generan superficies teóricas, resultado de multiplicar la longitud hasta la isófona escogida de cada tramo por el doble de la distancia, que debe corregirse.

Medidas sobre la cartografía las distancias teóricas y teniendo en cuenta la ocupación del terreno y su modelado éstas se corrigen y se obtienen de forma laboriosa distancias muy próximas a la realidad.

El área asociada a cada nivel sonoro se calcula desde la vía hasta la línea isófona correspondiente. Entonces, si partimos del nivel sonoro más alto (75 dBA) cada área estará incluida dentro de la siguiente y el área asociada a $L_{den}50$ englobará todas las anteriores. En cada caso, la superficie resultante estará a un nivel de ruido igual o superior al que delimita la línea isófona.

Encontraremos estos dos tipos de superficies y haremos la comparación de los resultados para evaluar la necesidad o no de considerar los factores de propagación del ruido, o, dicho de otra manera, de realizar una interpretación técnica adecuada de las distancias calculadas (d) a la hora de realizar los mapas estratégicos.

8.2 SUPERFICIE

Los resultados se pueden presentar de muchas maneras, hemos optado por clasificar las superficies por tramos de gestión ferroviaria, identificando dentro de cada tramo la pertenencia al o a los términos municipales.

Se dan los resultados correspondientes a las seis líneas isófonas: $L_{den}50$, $L_{den}55$, $L_{den}60$, $L_{den}65$, $L_{den}70$ y $L_{den}75$, primero los de la línea Barcelona - Vallès y a continuación los del trayecto Barcelona - Martorell Enllaç de la Línea Llobregat - Anoia.

8.2.1 Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès

En el trayecto Barcelona - Terrassa - Sabadell, el tren de FGC contempla:

- Los siguientes tramos: tramo 1: Barcelona - Valldoreix estación, tramo 2: Valldoreix estación - Sant Cugat estación, tramo 3: Sant Cugat estación - Rubí estación, tramo 4: Rubí estación - Túnel Terrassa, tramo 5: Sant Cugat estación - Bellaterra estación, tramo 6: Bellaterra estación - UAB estación, tramo 7: UAB estación - Sabadell estación.
- Los términos municipales de Barcelona, Sant Cugat del Vallès, Rubí, Sant Quirze del Vallès, Terrassa, Cerdanyola y Sabadell.

De las medidas sobre la cartografía a escala 1:5.000 se derivan las superficies siguientes:

8.2.1.1 L_d (Línea Barcelona – Vallès)
ÁREA hasta el L_d50, el L_d55, el L_d60, el L_d65, el L_d70 i el L_d75.

| Barcelona – Valldoreix estación | Tramo 1 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Barcelona Barcelona – Límite TM Sant Cugat | 2150 | 0,087354 | 0,040742 | 0,019844 | 0,009868 | 0,004966 | 0,002494 |
| TM Sant Cugat Límite TM Barcelona - Valldoreix estación | 4165 | 0,169223 | 0,078926 | 0,038442 | 0,019117 | 0,009621 | 0,004831 |
| Total | 6315 | 0,256577 | 0,119668 | 0,058286 | 0,028985 | 0,014587 | 0,007325 |

| Valldoreix Estación Sant Cugat Estación | Tramo 2 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Valldoreix estación – Sant Cugat estación | 1770 | 0,034338 | 0,016992 | 0,008513 | 0,004301 | 0,002177 | 0,001097 |
| Total | 1770 | 0,034338 | 0,016992 | 0,008513 | 0,004301 | 0,002177 | 0,001097 |

| Sant Cugat Est – Rubí estación | Tramo 3 | Superficies | | | | | |
|--|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Sant Cugat estación – LTM Rubí | 3575 | 0,088088 | 0,042256 | 0,020878 | 0,010439 | 0,005255 | 0,002681 |
| TM Rubí | 3140 | 0,077369 | 0,037114 | 0,018337 | 0,009168 | 0,004615 | 0,002355 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|
| LTM Sant Cugat - Rubí estació | | | | | | | |
| Total | 6715 | 0,165457 | 0,007937 | 0,039215 | 0,113558 | 0,00987 | 0,005036 |

| Rubí estación – Túnel Terrassa | Tramo 4 | Superficies | | | | | |
|---|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Rubí Rubí estación – LTM Sant Quirze | 1555 | 0,067782 | 0,030120 | 0,014321 | 0,007028 | 0,003514 | 0,001772 |
| TM Sant Quirze LTM Rubí - TM Terrassa | 725 | 0,031602 | 0,014043 | 0,006677 | 0,003277 | 0,001638 | 0,000826 |
| TM Terrassa LTM Sant Quirze - Terrassa túnel | 2575 | 0,112244 | 0,049877 | 0,023715 | 0,011639 | 0,005819 | 0,002935 |
| Total | 4855 | 0,211628 | 0,009404 | 0,044713 | 0,021944 | 0,010971 | 0,005533 |

| Sant Cugat Est – Bellaterra estación | Tramo 5 | Superficies | | | | | |
|---|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Sant Cugat estación – LTM Cerdanyola | 2770 | 0,069028 | 0,033323 | 0,016509 | 0,008282 | 0,004182 | 0,002105 |
| TM Cerdanyola LTM Sant Cugat - Bellaterra estación | 1200 | 0,029904 | 0,014436 | 0,007152 | 0,003588 | 0,001812 | 0,000912 |
| Total | 3970 | 0,098932 | 0,047759 | 0,023661 | 0,011870 | 0,005994 | 0,003017 |

| Bellaterra estación – UAB estación | Tramo 6 | Superficies | | | | | |
|---|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Cerdanyola Bellaterra estación – | 1430 | 0,025382 | 0,012526 | 0,006263 | 0,003160 | 0,001601 | 0,000815 |

| | | | | | | | |
|--------------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| UAB estación | | | | | | | |
| Total | 1430 | 0,025382 | 0,012526 | 0,006263 | 0,003160 | 0,001601 | 0,000815 |

| UAB estación – Sabadell estación | Tramo 7 | Superficies | | | | | |
|--|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sabadell UAB Salida túnel – LTM Sant Quirze | 980 | 0,043521 | 0,019511 | 0,009310 | 0,004586 | 0,002293 | 0,001156 |
| TM Sant Quirze LTM Sabadell - LTM Sabadell | 2670 | 0,118574 | 0,053159 | 0,025365 | 0,012495 | 0,006478 | 0,003150 |
| TM Sabadell LTM Sant Quirze - Sabadell estación | 850 | 0,037748 | 0,016923 | 0,008075 | 0,003978 | 0,001989 | 0,001003 |
| Total | 4500 | 0,199843 | 0,089593 | 0,042750 | 0,021059 | 0,010760 | 0,005309 |

8.2.1.2 L_n (Línea Barcelona – Vallès)

ÁREA hasta el L_n50, el L_n55, el L_n60, el L_n65, el L_n70 i el L_n75.

| Barcelona – Valldoreix Estación | Tramo 1 | Superficies | | | | | |
|--|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Barcelona Barcelona – Límite TM Sant Cugat | 2150 | 0,065274 | 0,037995 | 0,018972 | 0,009537 | 0,004845 | 0,002448 |
| TM Sant Cugat Límite TM Barcelona - Valldoreix estación | 4165 | 0,126449 | 0,062058 | 0,030987 | 0,015577 | 0,007913 | 0,003998 |
| Total | 6315 | 0,191723 | 0,100053 | 0,049959 | 0,025114 | 0,012758 | 0,006466 |

| Valldoreix estación Sant Cugat estación | Tramo 2 | Superficies | | | | | |
|--|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Valldoreix estación – Sant Cugat estación | 1770 | 0,027541 | 0,013841 | 0,006973 | 0,003540 | 0,001805 | 0,000920 |
| Total | 1770 | 0,027541 | 0,013841 | 0,006973 | 0,003540 | 0,001805 | 0,000920 |

| Sant Cugat Est – Rubí estación | Tramo 3 | Superficies | | | | | |
|---|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Sant Cugat estación – LTM Rubí | 3575 | 0,075218 | 0,037251 | 0,018661 | 0,009438 | 0,004790 | 0,002431 |
| TM Rubí LTM Sant Cugat - Rubí estación | 3140 | 0,033032 | 0,016359 | 0,008195 | 0,004144 | 0,002103 | 0,001067 |
| Total | 6715 | 0,108250 | 0,053610 | 0,026856 | 0,013582 | 0,006893 | 0,003498 |

| Rubí estación – Túnel Terrassa | Tramo 4 | Superficies | | | | | |
|---|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Rubí Rubí estación – LTM Sant Quirze | 1555 | 0,028736 | 0,013699 | 0,006733 | 0,003374 | 0,001694 | 0,000855 |
| TM Sant Quirze LTM Rubí - TM Terrassa | 725 | 0,026796 | 0,012774 | 0,006278 | 0,003146 | 0,001580 | 0,000797 |
| TM Terrassa LTM Sant Quirze - Terrassa túnel | 2575 | 0,095172 | 0,045371 | 0,022299 | 0,011175 | 0,005613 | 0,002832 |
| Total | 4855 | 0,150704 | 0,071844 | 0,035310 | 0,017695 | 0,008887 | 0,004484 |

| Sant Cugat Est – Bellaterra estación | Tramo 5 | Superficies | | | | | |
|---|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Sant Cugat estación – LTM Cerdanyola | 2770 | 0,048114 | 0,023976 | 0,012042 | 0,006102 | 0,003078 | 0,001566 |
| TM Cerdanyola LTM Sant Cugat - Bellaterra estación | 1200 | 0,021384 | 0,010656 | 0,005352 | 0,002712 | 0,001368 | 0,000696 |
| Total | 3970 | 0,069498 | 0,034632 | 0,017394 | 0,008814 | 0,004446 | 0,002262 |

| Bellaterra estación – UAB estación | Tramo 6 | Superficies | | | | | |
|---|---------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) | A(km ²) |
| TM Cerdanyola Bellaterra estación – UAB estación | 1430 | 0,018647 | 0,009380 | 0,004747 | 0,002402 | 0,001229 | 0,000629 |
| Total | 1430 | 0,018647 | 0,009380 | 0,004747 | 0,002402 | 0,001229 | 0,000629 |

| UAB estación – Sabadell estación | Tramo 7 | Superficies | | | | | |
|--|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sabadell UAB salida túnel – LTM Sant Quirze | 980 | 0,031301 | 0,015111 | 0,007487 | 0,003763 | 0,001901 | 0,000960 |
| TM Sant Quirze LTM Sabadell - LTM Sabadell | 2670 | 0,085279 | 0,041171 | 0,020398 | 0,010252 | 0,005179 | 0,002616 |
| TM Sabadell LTM Sant Quirze - Sabadell estación | 850 | 0,027149 | 0,013107 | 0,006494 | 0,003264 | 0,001649 | 0,000833 |
| Total | 4500 | 0,143729 | 0,069389 | 0,034379 | 0,017279 | 0,008729 | 0,004409 |

8.2.1.3 L_e (Línea Barcelona – Vallès)
ÁREA hasta el L_e50, el L_e55, el L_e60, el L_e65, el L_e70 i el L_e75.

| Barcelona – Valldoreix estación | Tramo 1 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Barcelona Barcelona – Límite TM Sant Cugat | 2150 | 0,084473 | 0,039517 | 0,019264 | 0,009589 | 0,004816 | 0,002429 |
| TM Sant Cugat Límite TM Barcelona - Valldoreix estación | 4165 | 0,163642 | 0,076552 | 0,037318 | 0,018575 | 0,009329 | 0,004706 |
| Total | 6315 | 0,248115 | 0,116069 | 0,056582 | 0,028164 | 0,014145 | 0,007135 |

| Valldoreix estación Sant Cugat estación | Tramo 2 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Valldoreix estación – Sant Cugat estación | 1770 | 0,033329 | 0,016496 | 0,008265 | 0,004177 | 0,002106 | 0,001079 |
| Total | 1770 | 0,033329 | 0,016496 | 0,008265 | 0,004177 | 0,002106 | 0,001079 |

| Sant Cugat Est – Rubí estación | Tramo 3 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Sant Cugat estación – LTM Rubí | 3575 | 0,104032 | 0,049478 | 0,024310 | 0,012155 | 0,006113 | 0,003110 |
| TM Rubí LTM Sant Cugat - Rubí estación | 3140 | 0,091374 | 0,043457 | 0,021352 | 0,010676 | 0,005369 | 0,002731 |
| Total | 6715 | 0,195406 | 0,092935 | 0,045662 | 0,022831 | 0,011482 | 0,005841 |

| Rubí Estación – Túnel Terrassa | Tramo 4 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Rubí Rubí Estación – LTM Sant Quirze | 1555 | 0,054844 | 0,024895 | 0,011957 | 0,005909 | 0,002954 | 0,001492 |
| TM Sant Quirze LTM Rubí - TM Terrassa | 725 | 0,025570 | 0,011607 | 0,005575 | 0,002755 | 0,001377 | 0,000696 |
| TM Terrassa LTM Sant Quirze - Terrassa túnel | 2575 | 0,090820 | 0,041225 | 0,019801 | 0,009785 | 0,004892 | 0,002472 |
| Total | 4855 | 0,171234 | 0,077727 | 0,037333 | 0,018449 | 0,009223 | 0,004666 |

| Sant Cugat Este – Bellaterra estación | Tramo 5 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Sant Cugat estación – LTM Cerdanyola | 2770 | 0,055178 | 0,026896 | 0,013379 | 0,006731 | 0,003407 | 0,001717 |
| TM Cerdanyola LTM Sant Cugat - Bellaterra estación | 1200 | 0,023904 | 0,011652 | 0,005796 | 0,002916 | 0,001476 | 0,000744 |
| Total | 3970 | 0,079082 | 0,038548 | 0,019175 | 0,009647 | 0,004883 | 0,002461 |

| Bellaterra estación – UAB estación | Tramo 6 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Cerdanyola Bellaterra estación – UAB estación | 1430 | 0,020449 | 0,010138 | 0,005090 | 0,002574 | 0,001301 | 0,000657 |
| Total | 1430 | 0,020449 | 0,010138 | 0,005090 | 0,002574 | 0,001301 | 0,000657 |

| UAB estación – Sabadell estación | Tramo 7 | Distancias y superficies | | | | | |
|--|---------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) | A (km ²) | A (km ²) | A (km ²) | A(km ²) | A (km ²) |
| TM Sabadell UAB salida túnel – LTM Sant Quirze | 980 | 0,037720 | 0,017150 | 0,008241 | 0,004076 | 0,002038 | 0,001029 |
| TM Sant Quirze LTM Sabadell - LTM Sabadell | 2670 | 0,102768 | 0,046725 | 0,022454 | 0,011107 | 0,005553 | 0,002803 |
| TM Sabadell LTM Sant Quirze - Sabadell estación | 850 | 0,032716 | 0,014875 | 0,007148 | 0,003536 | 0,001768 | 0,000892 |
| Total | 4500 | 0,173204 | 0,078750 | 0,037843 | 0,018719 | 0,009359 | 0,004724 |

8.2.1.4 L_{den} (Línea Barcelona – Vallès)
ÁREA hasta el L_{den}50, el L_{den}55, el L_{den}60, el L_{den}65, el L_{den}70 i el L_{den}75.

| Barcelona – Valldoreix estación | Tramo 1 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Barcelona | | | | | | | |
| Barcelona – Límite TM Sant Cugat | 2150 | 0,162350 | 0,117003 | 0,059600 | 0,027606 | 0,013803 | 0,006966 |
| TM Sant Cugat | | | | | | | |
| Límite TM Barcelona - Valldoreix estación | 4165 | 0,342500 | 0,226659 | 0,108456 | 0,053478 | 0,026739 | 0,013494 |
| Total | 6315 | 0,504850 | 0,343662 | 0,168056 | 0,081084 | 0,040542 | 0,020460 |

| Valldoreix estación Sant Cugat estación | Tramo 2 | Superficies | | | | | |
|--|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | m del tramo | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Sant Cugat | | | | | | | |
| Valldoreix estación – Sant Cugat estación | 1770 | 0,105000 | 0,047648 | 0,023754 | 0,011965 | 0,006534 | 0,003790 |
| Total | 1770 | 0,105000 | 0,047648 | 0,023754 | 0,011965 | 0,006534 | 0,003790 |

| Sant Cugat Este – Rubí estación | Tramo 3 | Superficies | | | | | |
|------------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Sant Cugat | | | | | | | |
| Sant Cugat estación – LTM Rubí | 3575 | 0,142928 | 0,066495 | 0,064707 | 0,032103 | 0,016159 | 0,008151 |
| TM Rubí | | | | | | | |
| LTM Sant Cugat - Rubí estación | 3140 | 0,125537 | 0,058404 | 0,028417 | 0,014098 | 0,007096 | 0,003579 |
| Total | 6715 | 0,268465 | 0,124899 | 0,093124 | 0,046201 | 0,068686 | 0,011730 |

| Rubí estación – Túnel Terrassa | Tramo 4 | superficies | | | | | |
|---|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Rubí Rubí estación – LTM Sant Quirze | 1555 | 0,111104 | 0,046401 | 0,021381 | 0,010340 | 0,005131 | 0,002581 |
| TM Sant Quirze LTM Rubí - TM Terrassa | 725 | 0,037700 | 0,028818 | 0,019937 | 0,009642 | 0,004785 | 0,002407 |
| TM Terrassa LTM Sant Quirze - Terrassa túnel | 2575 | 0,240175 | 0,153676 | 0,070812 | 0,034247 | 0,016995 | 0,008549 |
| Total | 4855 | 0,388979 | 0,228895 | 0,112130 | 0,054229 | 0,026911 | 0,013537 |

| Sant Cugat Este – Bellaterra estación | Tramo 5 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Sant Cugat Sant Cugat estación – LTM Cerdanyola | 2770 | 0,185650 | 0,086479 | 0,042491 | 0,021218 | 0,010192 | 0,005429 |
| TM Cerdanyola LTM Sant Cugat - Bellaterra estación | 1200 | 0,086300 | 0,037464 | 0,018408 | 0,009192 | 0,004632 | 0,002352 |
| Total | 3970 | 0,271950 | 0,123943 | 0,060899 | 0,030410 | 0,014824 | 0,007781 |

| Bellaterra estación – UAB estación | Tramo 6 | Superficies | | | | | |
|---|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | m del tramo | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Cerdanyola Bellaterra estación – UAB estación | 1430 | 0,168740 | 0,032289 | 0,016101 | 0,008093 | 0,004089 | 0,002087 |
| Total | 1430 | 0,168740 | 0,032289 | 0,016101 | 0,008093 | 0,004089 | 0,002087 |

| UAB estación – Sabadell estación | Tramo 7 | Superficies | | | | | |
|--|---------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) | A (km ²) | A (km ²) | A(km ²) | A(km ²) |
| TM Sabadell UAB Salida túnel – LTM Sant Quirze | 980 | 0,107800 | 0,055585 | 0,025930 | 0,012622 | 0,006272 | 0,003155 |
| TM Sant Quirze LTM Sabadell - LTM Sabadell | 2670 | 0,171660 | 0,121154* | 0,070648 | 0,034389 | 0,017088 | 0,008597 |
| TM Sabadell LTM Sant Quirze - Sabadell estación | 850 | 0,084000 | 0,048212 | 0,022491 | 0,010948 | 0,005440 | 0,002737 |
| Total | 4500 | 0,363460 | 0,224951 | 0,119069 | 0,057959 | 0,028800 | 0,014489 |

8.2.2 Línea Llobregat - Anoia. Barcelona - Martorell Enllaç

En el trayecto Barcelona - Martorell Enllaç, el tren de FGC contempla:

- Los siguientes tramos: tramo 1: Cornellà - Molí Nou / Ciutat Cooperativa, tramo 2: Molí Nou / Ciutat Cooperativa - Can Ros, tramo 3: Can Ros - El Palau y tramo 4: el Palau-Martorell Enllaç.
- Los términos municipales de Cornellà, Sant Joan Despí, Sant Boi de Llobregat, Santa Coloma de Cervelló, Sant Vicenç dels Horts, Pallejà, Corbera de Llobregat, Sant Andreu de la Barca, Martorell y Castellbisbal.

8.2.2.1 L_d (Línea Llobregat – Anoia)
ÁREA hasta el L_d50, el L_d55, el L_d60, el L_d65, el L_d70 i el L_d75.

| Cornellà – Molí Nou / CC | Tramo 1 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Cornellà Salida túnel – LTM Sant Joan Despí | 800 | 0,016904 | 0,008136 | 0,004024 | 0,002016 | 0,001016 | 0,000512 |
| TM Sant Joan Despí LTM Cornellà - LTM Sant Boi LI | 610 | 0,012889 | 0,006203 | 0,003068 | 0,001537 | 0,000774 | 0,000390 |
| TM Sant Boi de LI LTM Sant Joan Despí - Molí Nou / CC | 1580 | 0,033385 | 0,016068 | 0,007947 | 0,003981 | 0,002006 | 0,001011 |
| Total | 2990 | 0,063178 | 0,030407 | 0,015039 | 0,007534 | 0,003796 | 0,001913 |

| Molí Nou / CC – Can Ros | Tramo 2 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Boi LI Molí Nou /CC – LTM Santa Coloma C | 450 | 0,015822 | 0,006934 | 0,003199 | 0,001516 | 0,000724 | 0,000346 |
| TM Santa Coloma C LTM Sant Boi LI - LTM Sant Vicenç H | 2330 | 0,081922 | 0,035905 | 0,016566 | 0,007852 | 0,003751 | 0,001794 |
| TM Sant Vicenç H LTM Sant Coloma C - Can Ros | 2220 | 0,78055 | 0,034210 | 0,015784 | 0,007481 | 0,003574 | 0,001709 |
| Total | 5000 | 0,878294 | 0,077049 | 0,035549 | 0,016849 | 0,007869 | 0,003849 |

| Can Ros – El Palau | Tramo 3 | Superficies | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Vicenç H | | | | | | | |
| Can Ros – LTM Pallejà | 1170 | 0,050497 | 0,021481 | 0,009851 | 0,004680 | 0,002269 | 0,001111 |
| TM Pallejà | | | | | | | |
| LTM Sant Vicenç H - LTM Corbera LI | 3320 | 0,143291 | 0,060955 | 0,027954 | 0,013280 | 0,006440 | 0,003154 |
| TM Corbera de LI | | | | | | | |
| LTM Pallejà - LTM Sant Andreu B | 780 | 0,033664 | 0,014320 | 0,006567 | 0,003120 | 0,001513 | 0,000741 |
| TM Sant Andreu B LTM | | | | | | | |
| Corbera - El Palau | 1500 | 0,064740 | 0,027540 | 0,012630 | 0,006000 | 0,002910 | 0,001425 |
| Total | 6770 | 0,292192 | 0,124296 | 0,057002 | 0,027080 | 0,013132 | 0,006431 |

| El Palau – Martorell Enllaç | Tramo 4 | Distancias y superficies | | | | | |
|--|-------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _d 65 | L _d 70 | L _d 75 |
| | | A (km ²) | A (km ²) | A (km ²) | A (km ²) | A (km ²) | A (km ²) |
| TM Sant Andreu B | | | | | | | |
| El Palau – LTM Martorell | 1090 | 0,042259 | 0,018279 | 0,008414 | 0,003989 | 0,001918 | 0,000937 |
| TM Martorell | | | | | | | |
| LTM Sant Andreu B - LTM Castellbisbal | 630 | 0,024425 | 0,010565 | 0,004863 | 0,002305 | 0,001108 | 0,000541 |
| TM Castellbisbal | | | | | | | |
| LTM Martorell - LTM Martorell | 2025 | 0,078509 | 0,033959 | 0,015633 | 0,007411 | 0,003564 | 0,001741 |
| TM Martorell | | | | | | | |
| LTM Castellbisbal - Martorell Enllaç | 1390 | 0,053890 | 0,023310 | 0,010730 | 0,005087 | 0,002446 | 0,001195 |
| Total | 5135 | 0,199083 | 0,086113 | 0,039640 | 0,018792 | 0,009036 | 0,004414 |

8.2.2.2 L_e (Línea Llobregat – Anoia)
ÁREA hasta el L_e50, el L_e55, el L_e60, el L_e65, el L_e70 i el L_e75.

| Cornellà – Molí Nou / CC | Tramo 1 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Cornellà Salida túnel – LTM Sant Joan Despí | 800 | 0,016008 | 0,007728 | 0,003824 | 0,001920 | 0,000968 | 0,000488 |
| TM Sant Joan Despí LTM Cornellà - LTM Sant Boi LI | 610 | 0,012206 | 0,005892 | 0,002915 | 0,001464 | 0,000738 | 0,000372 |
| TM Sant Boi de LI LTM Sant Joan Despí - Molí Nou / CC | 1580 | 0,031615 | 0,015262 | 0,007552 | 0,003792 | 0,001911 | 0,000963 |
| Total | 2990 | 0,059829 | 0,028882 | 0,014291 | 0,007176 | 0,003617 | 0,001823 |

| Molí Nou / CC – Can Ros | Tramo 2 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Boi LI Molí Nou /CC – LTM Santa Coloma C | 450 | 0,015354 | 0,006727 | 0,003100 | 0,001647 | 0,000697 | 0,000333 |
| TM Santa Coloma C LTM Sant Boi LI - LTM Sant Vicenç H | 2330 | 0,079499 | 0,034833 | 0,016053 | 0,008527 | 0,003611 | 0,001724 |
| TM Sant Vicenç H LTM Sant Coloma C - Can Ros | 2220 | 0,075746 | 0,033189 | 0,015295 | 0,008125 | 0,003441 | 0,001642 |
| Total | 5000 | 0,170599 | 0,074749 | 0,034448 | 0,018299 | 0,007749 | 0,003699 |

| Can Ros – El Palau | Tramo 3 | Superficies | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Vicenç H | | | | | | | |
| Can Ros – LTM Pallejà | 1170 | 0,049982 | 0,021258 | 0,009757 | 0,004633 | 0,002246 | 0,001088 |
| TM Pallejà | | | | | | | |
| LTM Sant Vicenç H - LTM Corbera LI | 3320 | 0,141830 | 0,060324 | 0,027688 | 0,013147 | 0,006374 | 0,003087 |
| TM Corbera de LI | | | | | | | |
| LTM Pallejà - LTM Sant Andreu B | 780 | 0,033321 | 0,014172 | 0,006505 | 0,003088 | 0,001497 | 0,000725 |
| TM Sant Andreu B LTM | | | | | | | |
| Corbera - El Palau | 1500 | 0,064080 | 0,027255 | 0,012510 | 0,005940 | 0,002880 | 0,001395 |
| Total | 6770 | 0,289213 | 0,123009 | 0,056460 | 0,026808 | 0,012997 | 0,006295 |

| El Palau – Martorell Enllaç | Tramo 4 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 | L _e 65 | L _e 70 | L _e 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Andreu B | | | | | | | |
| El Palau – LTM Martorell | 1090 | 0,041845 | 0,018094 | 0,008327 | 0,003956 | 0,001907 | 0,000926 |
| TM Martorell | | | | | | | |
| LTM Sant Andreu B - LTM Castellbisbal | 630 | 0,024185 | 0,010458 | 0,004813 | 0,002286 | 0,001102 | 0,000535 |
| TM Castellbisbal | | | | | | | |
| LTM Martorell - LTM Martorell | 2025 | 0,077739 | 0,033615 | 0,015471 | 0,007350 | 0,003543 | 0,001721 |
| TM Martorell | | | | | | | |
| LTM Castellbisbal - Martorell Enllaç | 1390 | 0,053362 | 0,023074 | 0,010619 | 0,005045 | 0,002432 | 0,001181 |
| Total | 5135 | 0,197131 | 0,085241 | 0,039230 | 0,018637 | 0,008984 | 0,004363 |

8.2.2.3 L_n (Línea Llobregat – Anoia)
ÁREA hasta el L_n50, el L_n55, el L_n60, el L_n65, el L_n70 i el L_n75.

| Cornellà – Molí Nou / CC | Tramo 1 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Cornellà Salida túnel – LTM Sant Joan Despí | 800 | 0,004056 | 0,002004 | 0,001004 | 0,000508 | 0,000256 | 0,000132 |
| TM Sant Joan Despí LTM Cornellà - LTM Sant Boi LI | 610 | 0,012370 | 0,006112 | 0,003062 | 0,001549 | 0,000780 | 0,000402 |
| TM Sant Boi de LI LTM Sant Joan Despí - Molí Nou/ CC | 1580 | 0,032042 | 0,015831 | 0,007931 | 0,004013 | 0,002022 | 0,001042 |
| Total | 2990 | 0,048468 | 0,023947 | 0,011997 | 0,006070 | 0,003058 | 0,001576 |

| Molí Nou / CC – Can Ros | Tramo 2 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Boi LI Molí Nou /CC – LTM Santa Coloma C | 450 | 0,006948 | 0,003447 | 0,001728 | 0,000873 | 0,000441 | 0,000225 |
| TM Santa Coloma C LTM Sant Boi LI - LTM Sant Vicenç H | 2330 | 0,035975 | 0,017847 | 0,008947 | 0,004520 | 0,002283 | 0,001165 |
| TM Sant Vicenç H LTM Sant Coloma C - Can Ros | 2220 | 0,034276 | 0,017005 | 0,008524 | 0,004306 | 0,002175 | 0,001110 |
| Total | 5000 | 0,077199 | 0,038299 | 0,019199 | 0,009699 | 0,004899 | 0,002500 |

| Can Ros – El Palau | Tramo 3 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Vicenç H Can Ros – LTM Pallejà | 1170 | 0,024616 | 0,012004 | 0,005967 | 0,002995 | 0,001521 | 0,000772 |
| TM Pallejà LTM Sant Vicenç H - LTM Corbera LI | 3320 | 0,069852 | 0,034063 | 0,016932 | 0,008499 | 0,004313 | 0,002191 |
| TM Corbera de LI LTM Pallejà - LTM Sant Andreu B | 780 | 0,016411 | 0,008002 | 0,003978 | 0,001996 | 0,001014 | 0,000514 |
| TM Sant Andreu B LTM Corbera - El Palau | 1500 | 0,031560 | 0,015390 | 0,007650 | 0,003840 | 0,001950 | 0,000990 |
| Total | 6770 | 0,142439 | 0,069459 | 0,034527 | 0,017330 | 0,008798 | 0,004467 |

| El Palau – Martorell Enllaç | Tramo 4 | Superficies | | | | | |
|---|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _n 50 | L _n 55 | L _n 60 | L _n 65 | L _n 70 | L _n 75 |
| | | A (km ²) |
| TM Sant Andreu B El Palau – LTM Martorell | 1090 | 0,019663 | 0,009679 | 0,004839 | 0,002441 | 0,001242 | 0,000632 |
| TM Martorell LTM Sant Andreu B - LTM Castellbisbal | 630 | 0,011365 | 0,005594 | 0,002797 | 0,001411 | 0,000718 | 0,000365 |
| TM Castellbisbal LTM Martorell - LTM Martorell | 2025 | 0,036531 | 0,017982 | 0,008991 | 0,004536 | 0,002308 | 0,001174 |
| TM Martorell LTM Castellbisbal - Martorell Enllaç | 1390 | 0,025076 | 0,012343 | 0,006171 | 0,003136 | 0,001584 | 0,000806 |
| Total | 5135 | 0,092635 | 0,045598 | 0,022798 | 0,011524 | 0,005852 | 0,002977 |

8.2.2.4 L_{den} (Línea Llobregat – Anoia)
ÁREA hasta el L_{den}50, el L_{den}55, el L_{den}60, el L_{den}65, el L_{den}70 i el L_{den}75.

| Cornellà – Molí Nou / CC | Tramo 1 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Cornellà Salida túnel – LTM Sant Joan Despí | 800 | 0,051800 | 0,025424 | 0,012400 | 0,006176 | 0,003104 | 0,001568 |
| TM Sant Joan Despí LTM Cornellà - LTM Sant Boi LI | 610 | 0,045450 | 0,019385 | 0,009455 | 0,004709 | 0,002366 | 0,001195 |
| TM Sant Boi de LI LTM Sant Joan Despí - Molí Nou / CC | 1580 | 0,116000 | 0,050212 | 0,024490 | 0,012197 | 0,006130 | 0,003096 |
| Total | 2990 | 0,213250 | 0,095021 | 0,046345 | 0,023082 | 0,011600 | 0,005859 |

| Molí Nou / CC – Can Ros | Tramo 2 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Sant Boi LI Molí Nou /CC – LTM Santa Coloma C | 450 | 0,040250 | 0,017028 | 0,007902 | 0,003721 | 0,001827 | 0,000891 |
| TM Santa Coloma C LTM Sant Boi LI - LTM Sant Vicenç H | 2330 | 0,161700 | 0,088167 | 0,040914 | 0,019525 | 0,009459 | 0,004613 |
| TM Sant Vicenç H LTM Santa Coloma C - Can Ros | 2220 | 0,119400 | 0,084004 | 0,038983 | 0,018603 | 0,009013 | 0,004395 |
| Total | 5000 | 0,321350 | 0,189199 | 0,087799 | 0,041849 | 0,020299 | 0,009899 |

| Can Ros – El Palau | Tramo 3 | Superficies | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Sant Vicenç H | | | | | | | |
| Can Ros – LTM Pallejà | 1170 | 0,053100 | 0,039349 | 0,025599 | 0,012194 | 0,005943 | 0,002925 |
| TM Pallejà | | | | | | | |
| LTM Sant Vicenç H - LTM Corbera LI | 3320 | 0,216950 | 0,116580 | 0,072641 | 0,034594 | 0,016865 | 0,008300 |
| TM Corbera de LI | | | | | | | |
| LTM Pallejà - LTM Sant Andreu B | 780 | 0,077300 | 0,037471 | 0,017066 | 0,008127 | 0,003962 | 0,001950 |
| TM Sant Andreu B LTM | | | | | | | |
| Corbera - El Palau | 1500 | 0,100150 | 0,072060 | 0,032820 | 0,017193 | 0,007620 | 0,003750 |
| Total | 6770 | 0,447500 | 0,265460 | 0,148126 | 0,072108 | 0,034390 | 0,016925 |

| El Palau – Martorell Enllaç | Tramo 4 | Superficies | | | | | |
|--|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (m) | L _{den} 50 | L _{den} 55 | L _{den} 60 | L _{den} 65 | L _{den} 70 | L _{den} 75 |
| | | AR km ² | A (km ²) |
| TM Sant Andreu B | | | | | | | |
| El Palau – LTM Martorell | 1090 | 0,078180 | 0,046747 | 0,021385 | 0,010202 | 0,004970 | 0,002441 |
| TM Martorell | | | | | | | |
| LTM Sant Andreu B - LTM Castellbisbal | 630 | 0,054810 | 0,026863 | 0,012360 | 0,005896 | 0,002872 | 0,001411 |
| TM Castellbisbal | | | | | | | |
| LTM Martorell - LTM Martorell | 2025 | 0,174110 | 0,086346 | 0,039730 | 0,018954 | 0,009234 | 0,004536 |
| TM Martorell | | | | | | | |
| LTM Castellbisbal - Martorell Enllaç | 1390 | 0,123300 | 0,059269 | 0,027271 | 0,013104 | 0,006338 | 0,003136 |
| Total | 5135 | 0,430400 | 0,219225 | 0,100746 | 0,048156 | 0,023414 | 0,115240 |

8.3 SUPERFICIE SEGÚN RANGOS

Hasta ahora hemos calculado la superficie como área entre la vía y la línea isófona asociada a un determinado nivel sonoro (o entre las dos líneas isófonas asociadas a un mismo nivel sonoro, si tenemos en cuenta los dos lados de la vía), siendo la exposición en esta superficie igual o superior al nivel sonoro.

Otra forma de clasificar la superficie es según los rangos utilizados en los mapas estratégicos: 50-55, 55-60, 60-65, 65-70, 70-75 y > 75 dBA.

Así pues, se trata de determinar la superficie que se encuentra entre dos líneas isófonas consecutivas y que, por lo tanto, se verá definida por el rango sonoro que éstas delimiten:

$$A_{n-(n+5)} = A_n - A_{n+5} \quad (8.1)$$

Esta clasificación permite establecer qué porcentaje de territorio está sometido a cada intervalo sonoro y será una herramienta más para gestionar la contaminación acústica del ferrocarril. Trabajaremos con los valores de superficie totales de cada línea.

8.3.1 Línea Barcelona – Vallès

El ruido se distribuye porcentualmente por rangos de la forma siguiente:

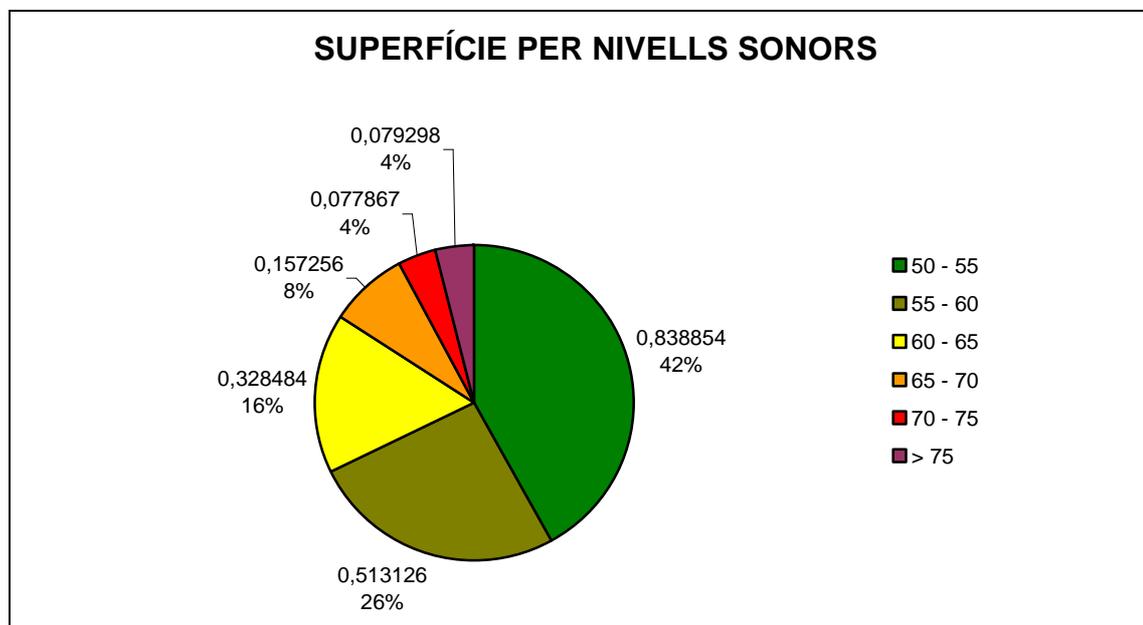


Figura 8.1 Distribución de la superficie según el L_{den} . Línea Barcelona – Vallès

8.3.2 Línea Llobregat – Anoia

El ruido se distribuye porcentualmente por rangos de la forma siguiente:

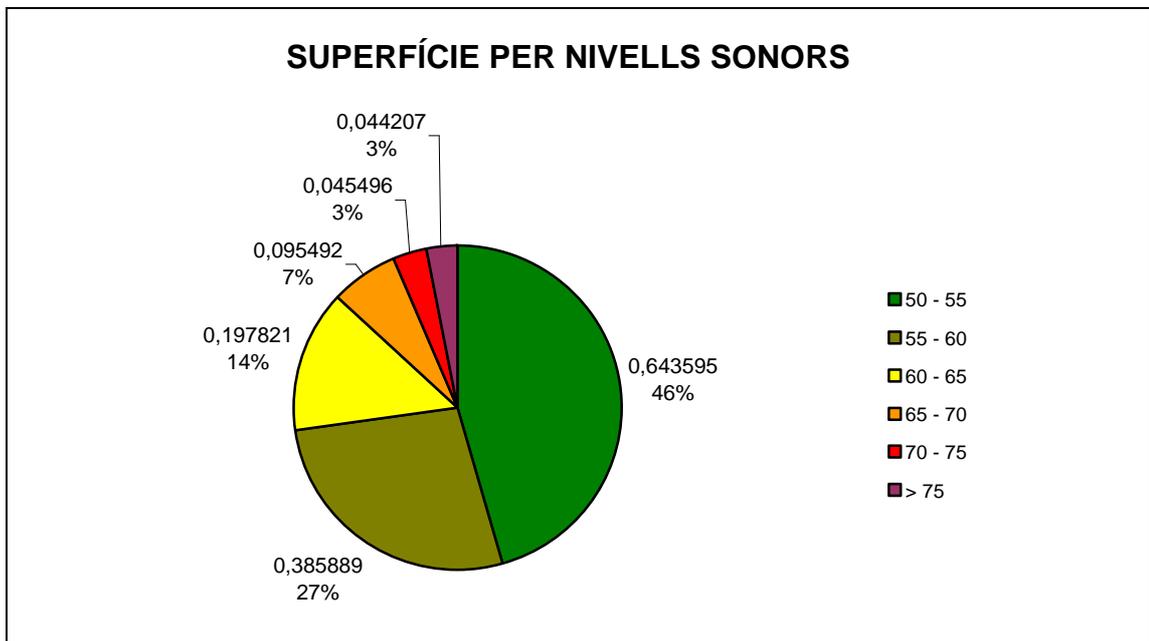


Figura 8.2 Distribución de la superficie según el L_{den}. Línea Llobregat - Anoia

Como se puede observar, el 42% y 46% de la superficie, se encuentra entre un L_{den} de 50 y 55 dBA.

La Ley pide información sobre niveles sonoros superiores a 55 dBA, en el caso que se trabaje con L_{den}, y superiores a 50 dBA si el parámetro de estudio es L_n.

9. ESTIMACIÓN DE LAS VIVIENDAS

La estimación de la cantidad de viviendas se ha realizado sobre el terreno y sobre cartografía, contando las viviendas que están situadas entre la vía del tren y una determinada línea isófona.

Así pues, una vivienda o edificación que esté situada en este espacio soportará un ruido que será igual o superior al valor correspondiente a dicha isófona

9.1 Tipos de viviendas y metodología de cálculo

Se pueden distinguir dos tipos básicos de viviendas:

Viviendas unifamiliares: este caso resultará sencillo de tratar ya que cada una de estas viviendas equivaldrá a una sola familia. Como se puede observar en los mapas, a lo largo del trazado hay bastante número de casas de este tipo, ya que la línea recorre zonas situadas en las afueras de los núcleos urbanos más grandes donde se pueden encontrar tanto pueblos como casas rurales o urbanizaciones residenciales.

El segundo tipo corresponde a los edificios plurifamiliares. Esta tipología se encuentra principalmente en las zonas atravesadas por el trazado donde se tiene una estructura urbana consolidada y en los núcleos urbanos más grandes e importantes. A la hora de contabilizarlos, hemos hecho la suposición siguiente: el edificio tipo tendrá una fachada de 10 metros de largo y se considerará que en cada planta hay dos puertas. Entonces, si el edificio tiene una estructura de planta baja más "n" niveles habitados, el número de viviendas del edificio será 2n.

En las salidas de campo realizadas en las zonas de estudio, se han identificado las alturas de cada uno de los edificios próximos a la vía. Con esta información y la ayuda de la cartografía del ICC se ha hecho el recuento de viviendas sometidas a cada nivel sonoro.

El recuento de viviendas se ha realizado desde la vía férrea hasta la correspondiente línea isófona.

9.2 Viviendas

Presentemos los resultados por tramos y términos municipales.

9.2.1 Línea Barcelona – Vallès o metro del Vallès

Tramo (1) Barcelona – Valldoreix; tramo (2) Valldoreix – Sant Cugat E; tramo (3) Sant Cugat E – Rubí E; tramo (4) Rubí E – Terrassa; tramo (5) Sant Cugat E – Bellaterra E; tramo (6) Bellaterra E – UAB E; tramo (7) UAB E – Sabadell E

| VIVIENDAS. LÍNEA BARCELONA - VALLÈS | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | L _d 50 | L _d 55 | L _d 60 | L _e 50 | L _e 55 | L _e 60 |
| TRAMO (1) | 194 | 105 | 105 | 194 | 105 | 105 |
| TRAMO (2) | 7 | 7 | 7 | 43 | 7 | 7 |
| TRAMO (3) | 187 | - | - | 187 | - | - |
| TRAMO (4) | 61 | - | - | 50 | - | - |
| TRAMO (5) | 206 | 141 | - | 139 | - | - |
| TRAMO (6) | 8 | - | - | 2 | - | - |
| TRAMO (7) | 120 | - | - | 120 | - | - |
| | 783 | 253 | 112 | 735 | 112 | 112 |

| VIVIENDAS. LÍNEA BARCELONA - VALLÈS | | | | | |
|--|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | L_n50 | L_n55 | L_{den}50 | L_{den}55 | L_{den}60 |
| TRAMO (1) | 72 | 62 | 377 | 194 | 105 |
| TRAMO (2) | - | - | 103 | 43 | 7 |
| TRAMO (3) | 21 | - | 396 | 187 | - |
| TRAMO (4) | - | - | 61 | 50 | - |
| TRAMO (5) | - | - | 206 | 141 | - |
| TRAMO (6) | - | - | 8 | - | - |
| TRAMO (7) | 70 | - | 142 | 120 | 64 |
| | 163 | 62 | 1293 | 735 | 176 |

| Viviendas por término municipal y parámetros. LÍNEA BARCELONA - VALLÈS | | | | | | | | |
|---|-----------|------------|------|-------------|----------|------------|----------|-------|
| | Barcelona | Sant Cugat | Rubí | Sant Quirze | Terrassa | Cerdanyola | Sabadell | Total |
| L_d50 | 110 | 354 | 103 | 52 | 13 | 37 | 114 | 783 |
| L_d55 | 84 | 164 | - | - | - | 5 | - | 253 |
| L_d60 | 84 | 28 | - | - | - | - | - | 112 |
| L_e50 | 110 | 349 | 103 | 48 | 6 | 5 | 114 | 735 |
| L_e55 | 84 | 28 | - | - | - | - | - | 112 |
| L_e60 | 84 | 28 | - | - | - | - | - | 112 |
| L_n50 | 70 | 2 | 21 | 6 | - | - | 64 | 163 |
| L_n55 | 62 | - | - | - | - | - | - | 62 |
| L_{den}50 | 189 | 737 | 129 | 74 | 13 | 37 | 114 | 1293 |
| L_{den}55 | 110 | 349 | 103 | 48 | 6 | 5 | 114 | 735 |
| L_{den}60 | 84 | 28 | - | - | - | - | 64 | 176 |

9.2.2 Línea Llobregat – Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç

Tramo (1) Cornellà – Molí Nou/Ciutat Cooperativa; tramo (2) Molí Nou/Ciutat Cooperativa – Can Ros; tramo (3) Can Ros – El Palau; tramo (4) El Palau – Martorell Enllaç.

| VIVIENDAS. LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA | | | | | | |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | L_d50 | L_d55 | L_d60 | L_e50 | L_e55 | L_e60 |
| TRAMO (1) | 16 | - | - | 16 | - | - |
| TRAMO (2) | 287 | - | - | 262 | - | - |
| TRAMO (3) | 1019 | 765 | - | 1019 | 765 | - |
| TRAMO (4) | 8 | 8 | - | 8 | 8 | - |
| | 1330 | 773 | - | 1305 | 773 | - |

| VIVIENDAS. LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA | | | | | |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | L_n50 | L_n55 | L_{den}50 | L_{den}55 | L_{den}60 |
| TRAMO (1) | - | - | 16 | 16 | - |
| TRAMO (2) | 220 | - | 446 | 287 | - |
| TRAMO (3) | 212 | - | 1019 | 765 | - |
| TRAMO (4) | 8 | - | 23 | 8 | - |
| | 440 | - | 1504 | 1076 | - |

| Viviendas por término municipal según parámetros. LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA | | | | | |
|--|----------|-----------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| | Cornellà | Sant Joan Despí | Sant Boi de Llobregat | Santa Coloma de Cervelló | Sant Vicenç dels Horts |
| L_d50 | - | - | 23 | 5 | 715 |
| L_d55 | - | - | - | - | 387 |
| L_d60 | - | - | - | - | - |
| L_e50 | - | - | 23 | 5 | 690 |
| L_e55 | - | - | - | - | 387 |
| L_e60 | - | - | - | - | - |
| L_n50 | - | - | - | - | 384 |
| L_n55 | - | - | - | - | - |
| L_{den}50 | - | - | 32 | 9 | 861 |
| L_{den}55 | - | - | 23 | 5 | 662 |
| L_{den}60 | - | - | - | - | - |

| Viviendas por término municipal según parámetros. LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA | | | | | |
|--|---------|---------|-------------------------|-----------|---------------|
| | Pallejà | Corbera | Sant Andreu de la Barca | Martorell | Castellbisbal |
| L_d50 | 367 | - | 212 | 2 | 6 |
| L_d55 | 258 | - | 120 | 2 | 6 |
| L_d60 | - | - | - | - | - |
| L_e50 | 367 | - | 212 | 2 | 6 |
| L_e55 | 258 | - | 120 | 2 | 6 |
| L_e60 | - | - | - | - | - |
| L_n50 | 48 | - | - | 2 | 6 |
| L_n55 | - | - | - | - | - |
| L_{den}50 | 367 | - | 212 | 4 | 19 |
| L_{den}55 | 258 | - | 120 | 2 | 6 |
| L_{den}60 | - | - | - | - | - |

| Total viviendas por parámetro. LÍNEA LLOBREGAT - ANOIA | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | L_d50 | L_d55 | L_d60 | L_e50 | L_e55 | L_e60 | L_n50 | L_n55 | L_{den}50 | L_{den}55 | L_{den}60 |
| Total | 1330 | 773 | - | 1305 | 773 | - | 440 | - | 1504 | 1076 | - |

10. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN

Hecho el recuento sobre las viviendas por el ruido de los trenes, hacemos una estimación del número de personas (h) expuestas al ruido que viven en una vivienda (H).

10.1 Ocupación media de las viviendas

El número representativo de personas que ocupan una vivienda se realiza de acuerdo con los datos estadísticos oficiales publicados por el Instituto de Estadística de Cataluña: Dimensión media de las viviendas (hogares) (año 2001). Se extraen los valores siguientes:

| DIMENSIÓN MEDIA DE LAS VIVIENDAS | |
|--|---|
| LÍNEA BARCELONA – VALLÈS o metro del Vallès | |
| Municipio | Habitantes por vivienda h /v |
| BARCELONA | 2,6 |
| SANT CUGAT | 3,02 |
| RUBÍ | 2,9 |
| SANT QUIRZE DEL VALLÈS | 3,15 |
| TERRASSA | 2,85 |
| CERDANYOLA | 2,89 |
| SABADELL | 2,78 |
| MEDIA | 2,87 |

| DIMENSIÓN MEDIA DE LAS VIVIENDAS | |
|--|---|
| LÍNEA LLOBREGAT – ANOIA. Barcelona - Martorell Enllaç | |
| Municipio | Habitantes por vivienda h /v |
| BARCELONA | 2,6 |
| CORNELLÀ | 2,76 |
| SANT JOAN DESPÍ | 2,87 |
| SANT BOI DE LLOBREGAT | 2,9 |
| SANTA COLOMA DE CERVELLÓ | 2,78 |
| SANT VICENÇ DELS HORTS | 3,01 |
| PALLEJÀ | 2,89 |
| CORBERA DE LLOBREGAT | 2,88 |
| SANT ANDREU DE LA BARCA | 2,82 |
| MARTORELL | 2,82 |
| CASTELLBISBAL | 2,96 |
| MEDIA | 2,87 |

Tabla 10.1 Dimensión media de las viviendas a lo largo de las líneas de FGC

10.2 Metodología de cálculo

Con los valores de la ocupación media de las viviendas se puede estimar el número de personas expuestas al ruido de la circulación de los trenes. Sólo hay que multiplicar el número de viviendas, por la dimensión media que corresponda según el municipio.

10.3 Resultados: Población

Evaluaremos por separado las dos líneas de estudio y presentaremos los resultados distinguiendo municipios, tramos y niveles sonoros.

10.3.1 Línea Barcelona - Vallès o Metro del Vallès

A partir del número de viviendas y utilizando los valores estimados de dimensión media, se obtienen los resultados siguientes sobre la población:

| | LÍNEA Barcelona – Vallès. Residentes por términos municipales | | | | | | | |
|--------------------------|---|------------|------|-------------|----------|------------|----------|------------------|
| | Barcelona | Sant Cugat | Rubí | Sant Quirze | Terrassa | Cerdanyola | Sabadell | Total residentes |
| L_d50 | 286 | 1009 | 294 | 149 | 38 | 106 | 325 | 2207 |
| L_d55 | 219 | 468 | - | - | - | 15 | - | 702 |
| L_d60 | 219 | 80 | - | - | - | - | - | 299 |
| L_e50 | 286 | 995 | 294 | 137 | 18 | 15 | 325 | 2070 |
| L_e55 | 219 | 80 | - | - | - | - | - | 299 |
| L_e60 | 219 | 80 | - | - | - | - | - | 299 |
| L_n50 | 182 | 6 | 60 | 18 | - | - | 183 | 449 |
| L_n55 | 162 | - | - | - | - | - | - | 162 |
| L_{den}50 | 492 | 2101 | 368 | 211 | 38 | 106 | 325 | 3641 |
| L_{den}55 | 286 | 995 | 294 | 137 | 18 | 15 | 325 | 2070 |
| L_{den}60 | 219 | 80 | - | - | - | - | 183 | 482 |

Tabla 10.2 Residentes por términos municipales (Línea Barcelona – Vallès)

| | Línea Barcelona – Vallès. Residentes por tramos | | | | | | | |
|--------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------|
| | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 | Tramo 5 | Tramo 6 | Tramo 7 | Total residentes |
| L_d50 | 26 | 20 | 533 | 174 | 588 | 23 | 342 | 2206 |
| L_d55 | 279 | 20 | - | - | 402 | - | - | 701 |
| L_d60 | 279 | 20 | - | - | - | - | - | 299 |
| L_e50 | 526 | 123 | 533 | 143 | 397 | 6 | 342 | 2070 |
| L_e55 | 279 | 20 | - | - | - | - | - | 299 |
| L_e60 | 279 | 20 | - | - | - | - | - | 299 |
| L_n50 | 188 | - | 60 | - | - | - | 200 | 448 |
| L_n55 | 162 | - | - | - | - | - | - | 162 |
| L_{den}50 | 1028 | 294 | 1129 | 174 | 588 | 23 | 405 | 3641 |
| L_{den}55 | 526 | 123 | 533 | 143 | 402 | - | 342 | 2069 |
| L_{den}60 | 279 | 20 | - | - | - | - | 183 | 482 |

Tabla 10.3 Residentes por términos municipales (Línea Barcelona – Vallès)

Clave del tramos: tramo1: Barcelona - Valldoreix estación, tramo 2: Valldoreix estación - Sant Cugat estación, tramo 3: Sant Cugat estación - Rubí estación, tramo 4: Rubí estación - Túnel Terrassa, tramo 5: Sant Cugat estación - Bellaterra estación, tramo 6: Bellaterra estación - UAB estación, tramo 7: UAB estación - Sabadell estación.

Los residentes de la tabla 10.3 no se pueden sumar por tramos ya que por ejemplo los residentes que están sometidos a un L_{den} 55 y L_{den}60 también están contados en un L_{den}50. La diferencia observada entre las columnas de los residentes calculados por términos y tramos se debe a los decimales de la media ponderada de los factores de residentes.

10.3.2 Línea Llobregat - Anoia. Barcelona - Martorell Enllaç

A partir del número de viviendas y utilizando los valores estimados de dimensión media, se obtienen los resultados siguientes sobre la población:

| LÍNEA Llobregat – Anoia. Residentes por términos municipales | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|------------------|
| | TM (1) | TM (2) | TM (3) | TM (4) | TM (5) | TM (6) | TM (7) | TM (8) | TM (9) | TM (10) | Total residentes |
| L_d50 | - | - | 67 | 15 | 2053 | 1054 | - | 609 | 6 | 18 | 3822 |
| L_d55 | - | - | - | - | 1111 | 741 | - | 345 | 6 | 18 | 2221 |
| L_d60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| L_e50 | - | - | 67 | 15 | 1981 | 1054 | - | 609 | 6 | 18 | 3750 |
| L_e55 | - | - | - | - | 1111 | 741 | - | 345 | 6 | 18 | 2221 |
| L_e60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| L_n50 | - | - | - | - | 1103 | 138 | - | - | 6 | 18 | 1265 |
| L_n55 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| L_{den}50 | - | - | 92 | 26 | 2472 | 1054 | - | 609 | 12 | 55 | 4320 |
| L_{den}55 | - | - | 92 | 15 | 1900 | 741 | - | 345 | 6 | 18 | 3117 |
| L_{den}60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Clave de términos municipales (TM): (1) Cornellà, (2) Sant Joan Despí, (3) Sant Boi de Llobregat, (4) Santa Coloma de Cervelló, (5) Sant Vicenç dels Horts, (6) Pallejà, (7) Corbera, (8) Sant Andreu de la Barca, (9) Martorell, 10 (Castellbisbal).

| Línea Llobregat – Anoia. Residentes por tramos | | | | | |
|---|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| | Residentes tramo 1 | Residentes tramo2 | Residentes tramo 3 | Residentes tramo 4 | Total residentes |
| L_d50 | 46 | 824 | 2925 | 23 | 3818 |
| L_d55 | - | - | 2196 | 23 | 2219 |
| L_d60 | - | - | - | - | - |
| L_e50 | 46 | 752 | 2925 | 23 | 3746 |
| L_e55 | - | - | 2196 | 23 | 2219 |
| L_e60 | - | - | - | - | - |
| L_n50 | - | 632 | 609 | 23 | 1264 |
| L_n55 | - | - | - | - | - |
| L_{den}50 | 46 | 1281 | 2925 | 67 | 4319 |
| L_{den}55 | 46 | 824 | 2196 | 23 | 3089 |
| L_{den}60 | - | - | - | - | - |

Clave de los Tramos: (1) Barcelona / Cornellà-Molí Nou (Ciudad Cooperativa); (2) Molí Nou (Ciutat Cooperativa) - Can Ros; (3) Can Ros - El Palau; (4) El Palau - Martorell Enllaç.

Los residentes no se pueden sumar por tramos, ya que por ejemplo los residentes que están sometidos a un L_{den} 55 y L_{den}60 también están contados en un L_{den}50. La diferencia observada entre las columnas

de los residentes calculados por términos y tramos se debe a los decimales de la media ponderada de los factores de residentes.

11. RESULTADOS

11.1 Mapas estratégicos (E 1:5.000)

El análisis de los resultados obtenidos de las expresiones de los mapas estratégicos a escala 1:5.000 de las dos líneas de FGC desde el punto de vista de la población se presentan a continuación.

11.1.1 Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès

Clave de los tramos: tramo 1 (T1) Barcelona - Valldoreix estación, tramo 2 (T2): Valldoreix estación - Sant Cugat estación, tramo 3 (T3) Sant Cugat estación - Rubí estación, tramo 4 (T4) Rubí estación - Túnel Terrassa, tramo 5 (T5): Sant Cugat estación - Bellaterra estación, tramo 6 (T6): Bellaterra estación - UAB estación, tramo 7 (T7): UAB estación - Sabadell estación.

| Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès | | | | |
|---|------------|----------|----------|----------|
| | PK INICIAL | | PK FINAL | |
| | x | y | x | y |
| Tramo 1: Barcelona - Valldoreix E. | 0426903 | 04583940 | 0422482 | 04590214 |
| Tramo 2: Valldoreix E. - Sant Cugat E. | 0422482 | 04590214 | 0423115 | 04591462 |
| Tramo 3: Sant Cugat E. - Rubí E. | 0423115 | 04591462 | 0419466 | 04593265 |
| Tramo 4: Rubí E. - Túnel Terrassa | 0419342 | 04593440 | 0417579 | 04600049 |
| Tramo 5: Sant Cugat E.- Bellaterra E. | 0423115 | 04591462 | 0424198 | 04594455 |
| Tramo 6: Bellaterra E. - UAB E. | 0424198 | 04594455 | 0425195 | 04595172 |
| Tramo 7: UAB E.- Sabadell E. | 0425195 | 04595172 | 0425079 | 04599099 |

| Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès | | | | | |
|---|----------------------|----------|----------|----------|----------|
| Zona de estudio | | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 |
| Superficie km ² | L _{den} >50 | 0,504850 | 0,105000 | 0,268465 | 0,388979 |
| | L _{den} >55 | 0,343662 | 0,047648 | 0,124899 | 0,228897 |
| | L _{den} >60 | 0,168056 | 0,023754 | 0,093124 | 0,112130 |
| | L _{den} >65 | 0,081084 | 0,011965 | 0,046201 | 0,054229 |
| | L _{den} >70 | 0,040542 | 0,006534 | 0,068686 | 0,026911 |
| | L _{den} >75 | 0,020460 | 0,003790 | 0,011730 | 0,013537 |

| Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès | | | | |
|---|----------------------|----------|----------|----------|
| Zona d'estudi | | Tramo 5 | Tramo 6 | Tramo 7 |
| Superficie km ² | L _{den} >50 | 0,271950 | 0,168740 | 0,363460 |
| | L _{den} >55 | 0,123943 | 0,032289 | 0,224951 |
| | L _{den} >60 | 0,060899 | 0,016101 | 0,119069 |
| | L _{den} >65 | 0,030410 | 0,008093 | 0,057959 |
| | L _{den} >70 | 0,014824 | 0,004089 | 0,028800 |
| | L _{den} >75 | 0,007781 | 0,002987 | 0,014489 |

| Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès | | | | | | | | |
|---|----------------------|------|-----|------|-----|-----|----|-----|
| Zona d'estudi | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| Población Unitats | L _{den} >50 | 1028 | 294 | 1129 | 174 | 588 | 23 | 405 |
| | L _{den} >55 | 526 | 123 | 533 | 143 | 402 | - | 342 |
| | L _{den} >60 | 279 | 20 | - | - | - | - | 183 |
| | L _{den} >65 | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès | | | | | | | | |
|---|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Zona de estudio | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| Hospitales (similares) | L _{den} >50 | - | - | 1 | - | - | - | - |
| | L _{den} >55 | - | - | - | - | - | - | - |
| | L _{den} >65 | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès. | | | | | | | | |
|--|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Zona de estudio | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| Escuelas | L _{den} >50 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| | L _{den} >55 | - | - | - | - | - | - | - |
| | L _{den} >65 | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - |

 Tabla 11.1 Índice L_{den} de la línea Barcelona – Vallès

11.1.2 Línea Llobregat – Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç

Clave de los tramos de la línea Llobregat - Anoia: tramo 1 (T1) Barcelona / Cornellà - Molí Nou (Ciutat Cooperativa), tramo 2 (T2) Molí Nou (Ciutat Cooperativa) - Can Ros; tramo 3 (T3) Can Ros - El Palau; tramo 4 (T4) El Palau - Martorell Enllaç.

| Línea Llobregat - Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç | | | | | |
|---|--|------------|----------|----------|----------|
| | | PK INICIAL | | PK FINAL | |
| | | x | y | X | y |
| Tramo 1: Bcn/Cornellà - Molí Nou | | 0421336 | 04578490 | 0419451 | 04579149 |
| Tramo 2: Molí Nou/CC - Can Ros | | 0419472 | 04579172 | 0416970 | 04583062 |
| Tramo 3: Can Ros - El Palau | | 0416970 | 04583062 | 0413095 | 04590011 |
| Tramo 4: El Palau - Martorell Enllaç | | 0413095 | 04590011 | 0490760 | 04593301 |

| Línea Llobregat – Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç | | | | | |
|---|----------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 |
| Superficie km2 | L _{den} >50 | 0,213250 | 0,321350 | 0,447500 | 0,430400 |
| | L _{den} >55 | 0,095021 | 0,189199 | 0,265460 | 0,219225 |
| | L _{den} >60 | 0,046345 | 0,087798 | 0,148126 | 0,100746 |
| | L _{den} >65 | 0,023082 | 0,041849 | 0,072108 | 0,048156 |
| | L _{den} >70 | 0,011600 | 0,020299 | 0,034390 | 0,023414 |
| | L _{den} >75 | 0,005959 | 0,009899 | 0,016925 | 0,115240 |

| Línea Llobregat – Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç | | | | | |
|---|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Zona de estudio | | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 |
| Población Unidades | L _{den} >50 | 46 | 1281 | 2925 | 67 |
| | L _{den} >55 | 46 | 824 | 2196 | 23 |
| | L _{den} >60 | - | - | - | - |
| | L _{den} >65 | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - |

| Línea Llobregat – Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç | | | | | |
|---|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Zona de estudio | | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 |
| Hospitales (similares) | L _{den} >50 | 1 | - | - | - |
| | L _{den} >55 | - | - | - | - |
| | L _{den} >65 | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - |

| Línea Llobregat – Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç | | | | | |
|--|----------------------|---------|---------|---------|---|
| Zona de estudio | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 | |
| Escuelas | L _{den} >50 | - | 1 | 3 | - |
| | L _{den} >55 | - | - | - | - |
| | L _{den} >65 | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - |

 Tabla 11.2 Índice L_{den} de la línea Llobregat - Anoia

11.1.3 Línea Barcelona – Vallès o metro del Vallès. Población por tramos en los índices L_{den} y L_n.

Clave de los tramos: tramo 1 (T1) Barcelona - Valldoreix estación, tramo 2 (T2): Valldoreix estación - Sant Cugat estación, tramo 3 (T3) Sant Cugat estación - Rubí estación, tramo 4 (T4) Rubí estación - Túnel Terrassa, tramo 5 (T5): Sant Cugat estación - Bellaterra estación, tramo 6 (T6): Bellaterra estación - UAB estación, tramo 7 (T7): UAB estación - Sabadell estación.

| Línea Barcelona – Vallès o metro del Vallès | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| Número de personas (unidades) | | | | | | | |
| TRAMOS | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| L _{den} 50-55 | 502 | 171 | 596 | 31 | 186 | 23 | 63 |
| L _{den} 55-60 | 247 | 103 | 533 | 143 | 402 | - | 159 |
| L _{den} 60-65 | 279 | 20 | - | - | - | - | 183 |
| L _{den} 65-70 | - | - | - | - | - | - | - |
| L _{den} 70-75 | - | - | - | - | - | - | - |
| L _{den} >75 | - | - | - | - | - | - | - |

| Línea Barcelona - Vallès o metro del Vallès | | | | | | | |
|--|-----|----|----|----|----|----|-----|
| Número de personas (unidades) | | | | | | | |
| TRAMOS | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| L _n 50-55 | 26 | - | 60 | - | - | - | 200 |
| L _n 55-60 | 162 | - | - | - | - | - | - |
| L _n 60-65 | - | - | - | - | - | - | - |
| L _n 65-70 | - | - | - | - | - | - | - |
| L _n 70-75 | - | - | - | - | - | - | - |
| L _n >75 | - | - | - | - | - | - | - |

 Tabla 11.3 Resumen de la población expuesta por los índices L_{den} y L_n de la línea Barcelona – Vallès

El tramo T1 linda y supera con el valor inmisión del L_n de 55 dBA, por lo que es necesario proponer actuaciones contra el ruido, las cuales se harán extensivas al tramo T2 ya que la población expuesta en este tramo alcanza valores de L_{den} que comprendidos en el rango de los 60 y 65 dBA.

11.1.4 Línea Llobregat - Anoia. Barcelona - Martorell Enllaç. Población expuesta por tramos en los índices L_{den} y L_n.

Clave de los tramos de la Línea Llobregat - Anoia: tramo 1 (T1) Barcelona - Molí Nou (Ciutat Cooperativa), tramo 2 (T2) Molí Nou (Ciutat Cooperativa) - Can Ros; tramo 3 (T3) Can Ros - El Palau; tramo 4 (T4) El Palau - Martorell Enllaç.

| Línea Llobregat – Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç | | | | |
|--|----|-----|-----|----|
| Número de personas (unidades) | | | | |
| TRAMOS | T1 | T2 | T3 | T4 |
| L _{den} 50-55 | 46 | 457 | 729 | 44 |
| L _{den} 55-60 | 46 | 824 | - | 23 |
| L _{den} 60-65 | - | - | - | - |
| L _{den} 65-70 | - | - | - | - |
| L _{den} 70-75 | - | - | - | - |
| L _{den} >75 | - | - | - | - |

| Línea Llobregat – Anoia. Barcelona – Martorell Enllaç | | | | |
|--|----|-----|-----|----|
| Número de personas (unidades) | | | | |
| TRAMOS | T1 | T2 | T3 | T4 |
| L _n 50-55 | - | 632 | 609 | 23 |
| L _n 55-60 | - | - | - | - |
| L _n 60-65 | - | - | - | - |
| L _n 65-70 | - | - | - | - |
| L _n 70-75 | - | - | - | - |
| L _n >75 | - | - | - | - |

 Tabla 11.4 Resumen de población expuesta por los índices L_{den} y L_n de la línea Llobregat - Anoia

De acuerdo con la legislación catalana, en las zonas alrededor de una infraestructura ferroviaria le es de aplicación la zonificación de un zona de sensibilidad acústica moderada, es decir, 65 dBA diurnos y 55 nocturnos. Aunque no se estima que no se superan los límites de inmisión dada la población de los tramos T2, T3 y T4, hay que proponer en estos tramos actuaciones contra el ruido.

12. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN CONTRA EL RUIDO

12.1 Criterio de actuación

El criterio de clasificación de situaciones de conflicto por ruido, se realiza de acuerdo con la posible población por niveles de ruido $L_n > 55$ dBA y $L_{den} > 65$.

12.2 Tramos preferentes de actuación y propuestas

Analizada la situación acústica de las dos líneas de FGC, se han identificado los ámbitos más sensibles a la inmisión acústica:

12.2.1 Línea Barcelona – Vallès

Habrà que determinar en un estudio específico y de detalle si en alguna parte del tramo T1 los valores de inmisión durante el periodo nocturno alcanzan valores como los calculados con el modelo aplicado, y en función de éstos y en su caso se realizará un Plan de acción. Asimismo en el tramo T2 aunque los cálculos realizados no superan los valores de referencia para 24 horas y el periodo diurno habrá que actuar de igual manera.

12.2.2 Línea Llobregat – Anoia

No se estima la superación del criterio de clasificación de situaciones de conflicto, pero dada la naturaleza del ruido, su aleatoriedad y la proximidad de la población de los tramos T2, T3 y T4, se propone en estos tramos estudios de mayor detalle y, en su caso, la realización de un Plan de acción.

12.3 Actuaciones técnicas de mejora

Las mejoras para avanzar en una propuesta de posibles actuaciones en cada caso pasan por su "definición y detalle de acuerdo con estudios específicos o si procede en planes de acción".

Entre las actuaciones para minimizar el ruido que FGC contempla en la gestión ambiental de todas sus líneas se señalan las soluciones siguientes de apantallamiento total o parcial de los tramos, a uno o los dos lados de la plataforma de la vía:

- Gestión del tráfico
- Velocidad
- Afilado de vías, bateamiento
- Mantenimiento de la vía
- Actuación del pantógrafo, catenaria
- Actuaciones sobre balasto
- Ruedas y bogies
- Señales acústicas pitos
- Megafonía de las estaciones
- Señales sobre pantalla
- Ramas y material móvil más aerodinámicos
- Nuevos trazados
- Nuevas variantes de trazado

Este estudio ha sido redactado por el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Sergio Julian Garcia, de acuerdo con las indicaciones recibidas por parte de los técnicos de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.

El ingeniero autor del estudio:

Sergio Julian Garcia
ECCP, colegiado núm. 8387

Barcelona, noviembre 2009