ayesa Engineering. Information. Imagination.

Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO, INFRAESTRUCTURAS Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO. RESUMEN

METROPOLITANO DE GRANADA

Knowledge makes dreams come true

I. RESUMEN MER. METROPOLITANO DE GRANADA

ÍNDICE

0 OBJETO Y CONTENIDO 1

1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO 1

1.1 UNIDADES DE MAPAS ESTRATÉGICOS 1
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 3
1.2.1 UME L1 GR-1 3
1.2.2 UME L1 GR-2 5

2 AUTORIDAD RESPONSABLE 6

3 NORMATIVA APLICABLE 6

3.1 EUROPEA 6
3.2 ESTATAL 6
3.3 AUTONÓMICA 7

4 MÉTODO DE CÁLCULO 7

4.1 CONFIGURACIÓN DE LOS CÁLCULOS ACÚSTICOS 7
4.1.1 Modelo de cálculo 7
4.1.2 Caracterización de la fuente de estudio 9
4.1.3 Parámetros del cálculo acústico 12
4.2 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LOS MAPAS 13
4.2.1 Mapas de niveles sonoros 13
4.2.2 Mapas de zonas de afección 14
4.2.3 Tablas de exposición 15

5 RESULTADOS POR UME 16

5.1 UME L1 GR-1 16
5.1.1 Niveles sonoros y población expuesta 16
5.1.2 Zonas de afección 18
5.2 UME L1 GR-2 18
5.2.1 Niveles sonoros y población expuesta 18
5.2.2 Zonas de afección 20

0 Objeto y contenido

El presente documento recoge el Mapa Estratégico de Ruido (en adelante, MER) del Metropolitano de Granada, el cual se enmarca en los trabajos a realizar dentro del contrato "Realización de los mapas estratégicos de ruido y planes de acción de los sistemas ferroviarios metropolitanos de Sevilla, Granada y Málaga".

El objetivo es cumplir con la Directiva 49/2002/CE sobre evaluación y gestión ambiental y con la Ley de Ruido 37/2003, que establece que los responsables de las infraestructuras ferroviarias con un tráfico superior a 30.000 trenes por año deben realizar los Mapas estratégicos de ruido.

En concreto se persigue un triple objetivo; cumplir con la legislación europea, nacional y autonómica al respecto; ayudar a la gestión de los problemas de ruido que las líneas ferroviarias metropolitanas generan a los colindantes y aportar datos que permitan definir la zona de servidumbre acústica.

En este documento se presenta un resumen de los resultados obtenidos de las 2 Unidades de Mapa Estratégico (en adelante UMEs) del Metropolitano de Granada.

1 Descripción general del estudio.

El ámbito de estudio son los tramos en superficie de la Línea 1 de Metro de Granada:

Actuación	Longitud km/% superficie	Estaciones /paradas	Población servida nº habitantes	Demanda
Metro de Sevilla L1	18 km/40%	21	230.000	16,03 millones de viajeros (2017)
Metro de Málaga L1 y L2	14,8 km/28%	23	216000	5,74 millones de viajeros (21,7 millones de viajeros con red completa)
Metropolitano de Granada	15,9 km/83%	26	133636	11/14 millones de viajeros (1er ejercicio/3er ejercicio)

Figura 1.Ámbito de estudio del MER de los sistemas ferroviarios metropolitanos de Sevilla, Granada y Málaga. Fuente: Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT).

1.1 Unidades de mapas estratégicos

Los mapas estratégicos se organizan por Unidades de Mapa Estratégico (UME), que se definen bajo los siguientes criterios:

- Una UME está formada por tramos contiguos de una misma o línea de ferrocarril.
- Una UME está definida por una única línea con un inicio y un final, sin presentar interrupciones.

A efectos de cálculo, una UME puede contener subtramos con distintas intensidades de tráfico o características de la línea ferroviaria, pero los resultados que se obtengan, tanto los datos estadísticos, como los geoespaciales y los planos, siempre deben referirse a una UME completa.

Cada UME debe tener un nombre que permita identificarla. En general, la denominación de la UME es directamente el nombre de la línea ferroviaria y en el caso que existan varias UMEs en una misma línea de ferrocarril, se recomienda que la denominación contenga el nombre de la línea ferroviaria y un dígito que diferencie las UMEs.

Para el presente estudio se han seguido estas recomendaciones, definiéndose un total de 2 UMEs:

Figura 2. Ámbito de estudio del MER de la L1 del Metropolitano de Granada. Fuente: Elaboración propia.

UME	Pk Inicio	Descripción	Pk Fin	Descripción	Longitud
L1 GR-1	0+000	Desde inicio de vía en Calle Jacobo Camarero	8+313	Hasta Túnel en intersección de la calle Alcalde Yoldi Bereau con Avda. de Fuente Nueva.	8.313m
L1 GR-2	10+644	Desde túnel en Avenida América	15+900	Hasta fin de vía en parada Armilla	5.256m

Tabla 1. División en UMEs del ámbito de estudio. Fuente: Elaboración propia.

1.2 Descripción de la zona de estudio

El Metropolitano cuenta con 15,9 km de longitud km de longitud, y en torno a 13.2 km discurre en superficie, constituyendo estos los tramos en estudio.

La línea atraviesa los municipios de Armilla, Granada, Maracena y Albolote, presentando en todos ellos tramos en superficie.

El Metropolitano es un ferrocarril metropolitano con características de metro ligero, de doble vía a excepción de un tramo de un poco más de 500 metros en Armilla que tienen vía simple para favorecer la integración urbana

La velocidad máxima es de 70 kms/hora y 20,6 kms/hora de velocidad media o comercial (incluida parada en estaciones).

De las 26 paradas de metro, 23 forman parte de los tramos en estudio.

A lo largo del recorrido del Metropolitano, se han construido algunas estructuras significativas, como los pasos bajo la Autovía A-44 de circunvalación, tanto en Maracena como en Armilla; y el paso bajo las vías del ferrocarril de Granada - Moreda.

A continuación, se realiza una breve descripción cada una de las UME:

1.2.1 UME L1 GR-1

La UME , con 8.100 m aproximadamente de longitud, tiene su comienzo en el inicio de la vía en la calle Jacobo Camarero y finaliza en el túnel en intersección de la calle Alcalde Yoldi Bereau con Avda. de Fuente Nueva. Discurre por los municipios de Granada, Maracena, y Albolote

A continuación, se muestra una imagen donde se pueden ver los usos principales en el entorno de la línea, así como la presencia de edificaciones sensibles.

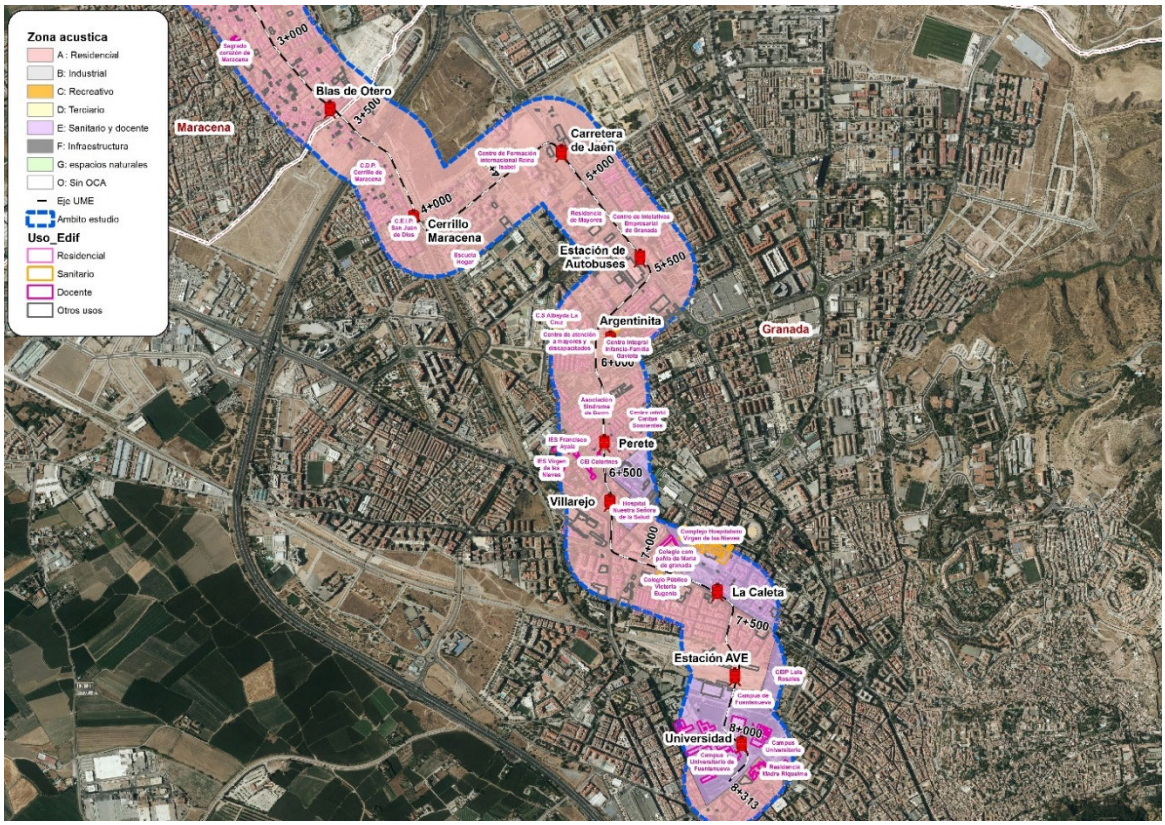

Figura 3.Detalle de la UME L1 GR-1 a su paso por Granada. Fuente: Elaboración propia

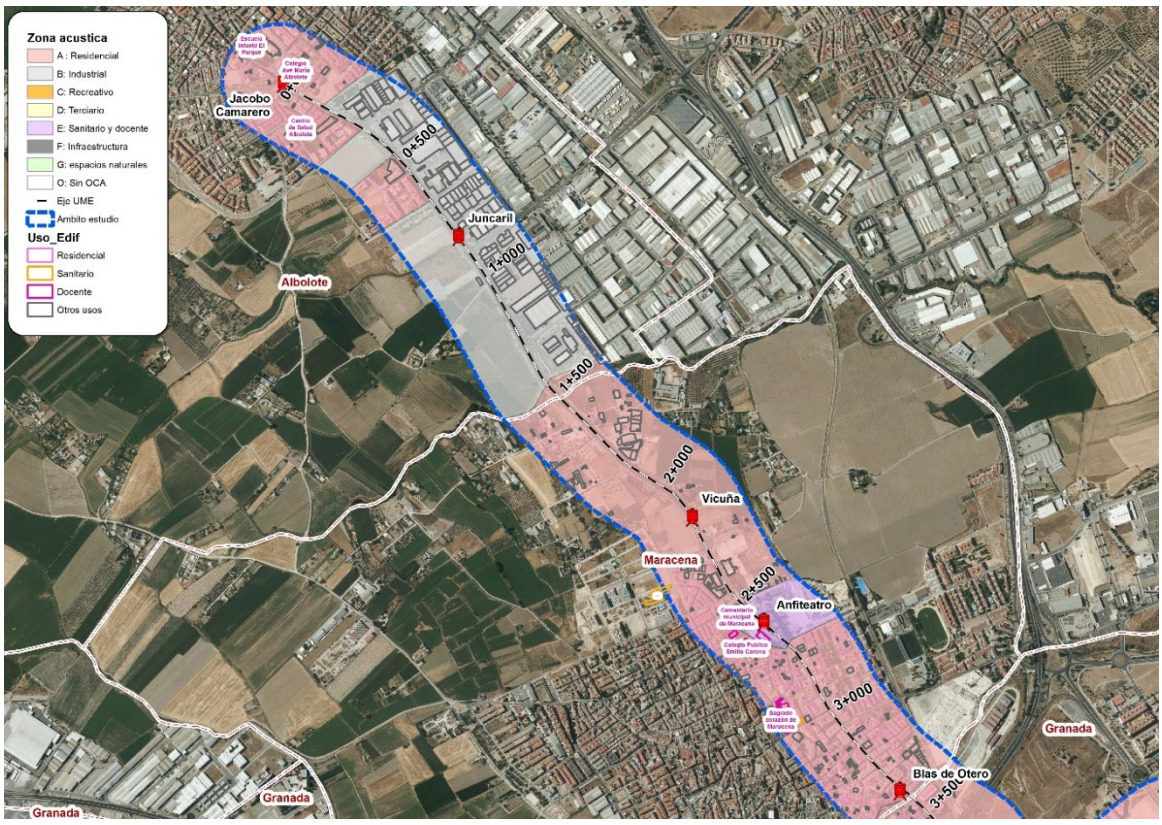

Figura 4.Detalle de la UME L1 GR-1 a su paso por Maracena y Albolote. Fuente: Elaboración propia

1.2.2 UME L1 GR-2

La UME, con 5.290 m aproximadamente de longitud, tiene su comienzo en el túnel en Avenida de América y finaliza en el fin de la línea en la parada de Armilla. Discurre por los municipios de Granada y Armilla.

A continuación, se muestra una imagen donde se pueden ver los usos principales en el entorno de la línea, así como la presencia de edificaciones sensibles.

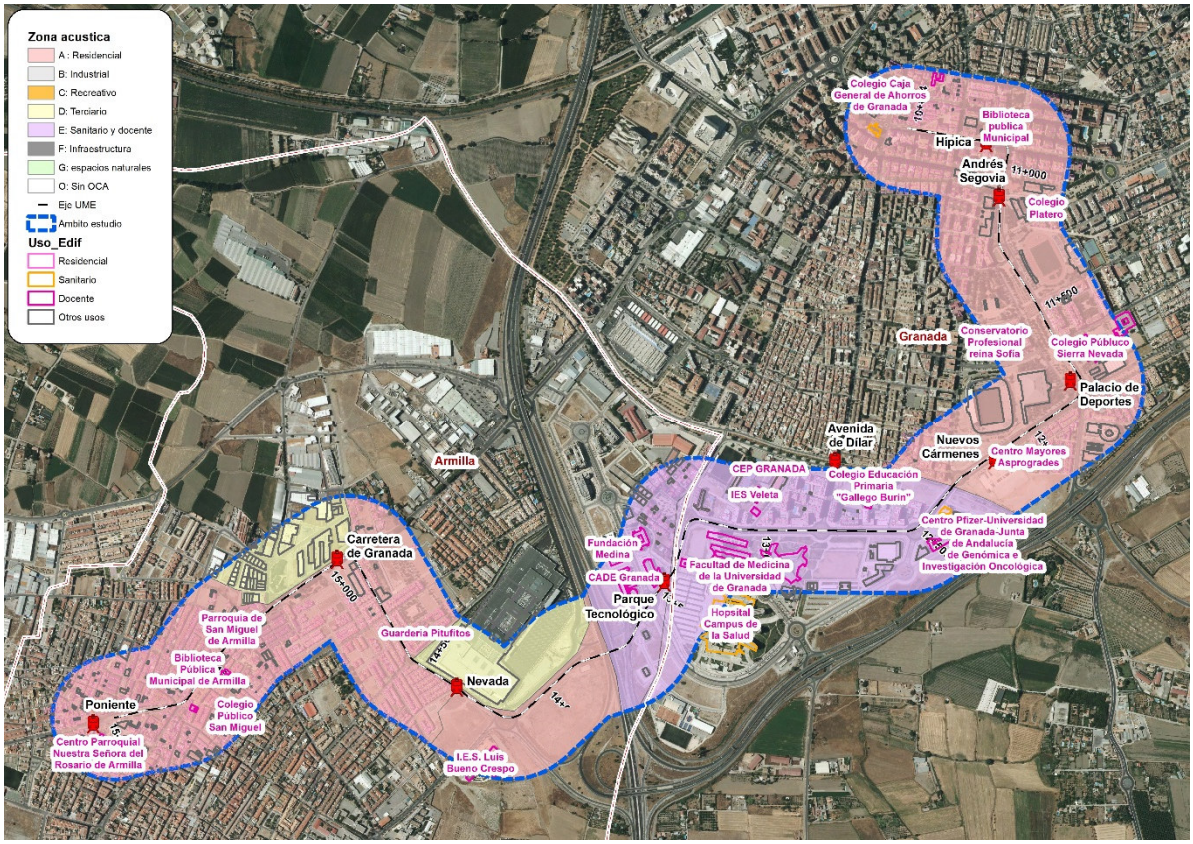

Figura 5.Detalle de la UME L1 GR-2. Fuente: Elaboración propia

2 Autoridad responsable

El objeto del presente estudio es la realización Mapa Estratégico de Ruido del Metropolitano de Granada el cual se enmarca en los trabajos a realizar dentro del contrato "Realización de los mapas estratégicos de ruido y planes de acción de los sistemas ferroviarios metropolitanos de Sevilla, Granada y Málaga".´

El objetivo es cumplir con la Directiva 49/2002/CE sobre evaluación y gestión ambiental y con la Ley de Ruido 37/2003, que establece que los responsables de las infraestructuras ferroviarias con más de 30.000 circulaciones anuales deben realizar los Mapas estratégicos de ruido.

Por ello el presente estudio se ha realizado a petición de la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía (AOPJA), como organismo responsable.

3 Normativa aplicable

3.1 Europea

La referencia legislativa básica en el marco de la Unión Europea es la **Directiva 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental**.

Para evaluar la exposición al ruido ambiental, la norma establece en su anexo II los métodos de evaluación para los indicadores de ruido contemplados en el artículo 6.

Con el objetivo de complementar el Anexo II de la Directiva 2002/49/CE, la Comisión emitió una "Recomendación de 6 de agosto de 2003 relativa a las Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario y los datos de emisiones correspondientes".

En ella se analiza la aplicabilidad y descripción de los modelos recomendados, así como de las adaptaciones necesarias de los mismos para verificar el cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE.

En mayo de 2015 se publicó en el Diario Oficial de la Unión Europea la **Directiva 2015/996 de la Comisión, de 19 de mayo de 2015, por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido** en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Mediante esta nueva Directiva se sustituye el anexo II de la anterior Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002.

3.2 Estatal

El marco normativo vigente a nivel estatal en materia de ruido está constituido por la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, desarrollada reglamentariamente mediante el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de

calidad y emisiones acústicas y el Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007. Con ellos, se completa la transposición de la Directiva Europea 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, al derecho español y se establece un marco unificado para la definición y evaluación de la acústica ambiental.

3.3 Autonómica

Andalucía cuenta con normativa sobre contaminación acústica, regulada por el **Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía**, y se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética, deroga el Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.
Una vez cumplidos los objetivos para los que se aprobó el Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, fue necesaria la aprobación de un nuevo Reglamento de Protección Acústica en Andalucía que desarrollara los preceptos establecidos por la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental y que incorporara, asimismo, las novedades introducidas por el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre y por el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de carácter básico.

4 Método de cálculo

4.1 Configuración de los cálculos acústicos

4.1.1 Modelo de cálculo

Hasta ahora España no disponía de método específico para el cálculo de niveles sonoros en el caso de ferrocarril. La Directiva 2020/49/CE, para todos aquellos países que no tuvieran método especifico de cálculo, recomendaba el método nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado como "Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai'96" (SMRII). Esto queda recogido en el Anexo II del RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental.

En julio de 2015 se publicó en el Diario Oficial de la Unión Europea la Directiva 2015/996 de la Comisión, de 19 de mayo de 2015, por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Mediante esta nueva Directiva se sustituye el anexo II de la anterior Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002.

Esta directiva fue traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante la Orden PCI/1319/2018, de 7 de diciembre, por la que se modifica el Anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental.

Con la modificación del anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, se sustituyen los métodos de cálculo de los índices de ruido Lden y Ln utilizados para la evaluación del ruido industrial, del ruido de aeronaves, del ruido de trenes y del ruido del tráfico rodado, por una metodología común de cálculo desarrollada por la Comisión Europea a través del proyecto «Métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (CNOSSOS-EU)». La utilización de esta metodología es vinculante para los Estados miembros desde el 31 de diciembre de 2018.

Por ello en un primer momento de cara a este trabajo se planteó la posibilidad de utilizar este nuevo método. Pero tras analizar la situación de este nuevo método para el caso de los ferrocarriles entendemos que actualmente no es posible utilizar este nuevo método. Para poder utilizar este método es necesario la existencia de una base de datos oficial española que adapte las categorías de ferrocarriles existente a las especificaciones del nuevo método, y esta a fecha de elaboración del presente estudio aún no está disponible.

Por tanto, se ha optado por seguir utilizando el método nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado como "Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai'96" (SMRII). Este método es propuesto por la Directiva Europea 2002/49 sobre Evaluación del Ruido Ambiental como método provisional para la realización de mapas de ruido de infraestructuras del ferrocarril para aquellos países que no tengan su propio método oficial, como es el caso de España, y es el se que se ha empleado de manera general para todos los MER de ferrocarril hasta la tercera fase de la Directiva.

Con respecto a los datos de emisión, se recomienda, por defecto, la base de datos de emisiones neerlandesa.

Con la norma SRM II, se determinan valores de emisión por bandas de octava para cada categoría de tren y cada altura de fuente acústica (hasta cinco alturas). Una vez caracterizadas las emisiones de las distintas categorías de tren, se calcula la del tramo de línea ferroviaria especificado, teniendo en cuenta el paso de las distintas categorías de tren (considerando que no en todas existen fuentes sonoras en todas las alturas), así como el paso de los trenes en diferentes condiciones (frenando o no). El factor de emisión en bandas de octava i se calcula del modo siguiente: todo

$$L^{h}_{E,i} = 10\log\left(\sum_{c=1}^{n} 10^{E^{h}_{nb,i,c}/10} + \sum_{c=1}^{n} 10^{E^{h}_{br,i,c}/10}\right)$$

Donde:

n: es el número de categorías de trenes que utilizan la línea férrea considerada.

Ehnb,i,c: factor de emisión de las unidades de un tren que no están frenando para cada categoría de trenes (c=1 a n), en la banda de octava i, y la altura de evaluación h.

Ehbr,i,c: factor de emisión de las unidades de un tren que están frenando para cada categoría de trenes (c=1 a n), en la banda de octava i, y la altura de evaluación h.

Las alturas de evaluación h son 0, 0,5, 2, 4 y 5 m, dependiendo de la categoría de tren. Los factores de emisión se calculan de la siguiente forma:

$$E^{h}_{nb,i,c} = a^{h}_{i,c} + b^{h}_{i,c} \log V_c + 10 \log Q_c + C_{bb,i,m,c}$$

$$E^{h}_{br,i,c} = a^{h}_{br,i,c} + b^{h}_{br,i,c} \log V_{br,c} + 10 \log Q_{br,c} + C_{bb,i,m,c}$$

Donde:

ahí,c , bhí,c , ahbr, i, c bhbr, i, c: son los factores de emisión para la categoría de trenes c respectivamente para la fase de frenado y no frenado, para una banda de octava i a una altura h.

Qc: es la media de las unidades de las categorías de vehículos ferroviarios que no están en fase de frenado.

Qbr,c: es la media de las unidades de las categorías de vehículos ferroviarios que están en fase de frenado.

Vc: velocidad media al paso de los vehículos que no están frenando.

Vbr,c: velocidad media al paso de los vehículos que están frenando.

bb: tipo de vía / condición de las vías férreas.

m: estimación de las discontinuidades de la vía.

Cbb,i,m,c: corrección por discontinuidades de la vía y por rugosidad de los raíles.

Además, se tendrá en cuenta la recomendación de la Comisión, de 6 de agosto de 2003, relativa a orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, el procedente de aeronaves, el del tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisiones correspondientes.

4.1.2 Caracterización de la fuente de estudio

La correcta caracterización de las fuentes de ruido se convierte en el factor más determinante a la hora de realizar un estudio de ruido que se ajuste lo máximo posible a la situación real.

Una modelización acústica de precisión se basa en caracterizar correctamente las fuentes de ruido con respecto a factores como tipología de trenes, frecuencia de paso, tipo de vía, y velocidades.

A continuación, se describe la información necesaria para la caracterización de la vía en estudio:

Categorías de tren

Las categorías existentes en la base de datos de emisiones neerlandesa se diferencian principalmente por su sistema de propulsión y de frenado.

Para la caracterización de los trenes objeto de estudio se ha utilizado la *Categoría 7: metros y trenes urbanos* según el método descrito.

Frecuencia

Con base en los horarios y frecuencias de paso facilitadas por la concesionaria y que se expone a continuación se ha estimado una frecuencia medida de vehículos.

INVIERNO			Intervalo de paso (min)	
			Laborables L-J	Laborables Viernes y vísperas Festivo
6:30	a	7:30	15	15
7:30	a	8:30	8	8
8:30	a	9:30	8	8
9:30	a	10:00	8	8
10:00	a	11:30	10	10
11:30	a	12:30	10	10
12:30	a	13:30	10	10
13:30	a	14:30	8	8
14:30	a	15:30	8	8
15:30	a	16:30	8	8
16:30	a	17:30	8	8
17:30	a	18:30	8	8
18:30	a	19:30	8	8
19:30	a	20:30	8	8
20:30	a	21:30	15	15
21:30	a	22:30	15	15
22:30	a	23:00	15	15
23:00	a	0:30	Sin servicio	30
0:30	a	2:00	Sin servicio	30

VERANO			Intervalo de paso (min)	
			Laborables L-J	Laborables Viernes y vísperas Festivo
6:30	a	7:30	15	15
7:30	a	8:30	10	10
8:30	a	9:30	10	10
9:30	a	10:30	10	10
10:30	a	11:30	10	10
11:30	a	12:30	10	10
12:30	a	13:30	10	10
13:30	a	14:30	10	10
14:30	a	15:30	10	10
15:30	a	16:30	10	10
16:30	a	17:30	10	10
17:30	a	18:30	10	10
18:30	a	19:30	10	10
19:30	a	20:30	10	10
20:30	a	21:30	15	15
21:30	a	22:30	15	15
22:30	a	23:00	15	15
23:00	a	0:30	Sin servicio	30
0:30	a	2:00	Sin servicio	30

TODO EL AÑO			Intervalo de paso (min)	
			sábados	domingos y Festivos
6:30	a	8:30	15	15
8:30	a	9:30	15	15
9:30	a	10:30	10	10
10:30	a	11:30	10	10
11:30	a	12:30	10	10
12:30	a	13:30	10	10
13:30	a	14:30	10	10
14:30	a	15:30	10	10
15:30	a	16:30	10	10
16:30	a	17:30	10	10
17:30	a	18:30	10	10
18:30	a	19:30	10	10
19:30	a	20:30	10	10
20:30	a	21:30	15	15
21:30	a	22:30	15	15
22:30	a	23:00	15	15
23:00	a	0:30	30	Sin servicio

Figura 6. Frecuencia de paso. Fuente: Metro de Granada

A continuación se expone la frecuencia utilizada en el modelo de cálculo (para cada sentido de circulación):

Periodo	Metropolitano Granada
Dia	82
Tarde	21
Noche	4

Tabla 2. Frecuencias introducidas en el modelo de cálculo para cada sentido. Fuente: Elaboración propia.

Velocidades

A continuación se muestra la tramificación de velocidades adoptada para ambos sentidos en el modelo:

UME	PK. INI	PK. FIN	VELOCIDAD (km/h)
L1 GR_1	0	35	0
L1 GR_1	35	78	50
L1 GR_1	78	132	40
L1 GR_1	132	939	50
L1 GR_1	939	974	0
L1 GR_1	974	1382	50
L1 GR_1	1382	1483	45
L1 GR_1	1483	1800	50
L1 GR_1	1800	1888	45
L1 GR_1	1888	2007	50
L1 GR_1	2007	2148	40
L1 GR_1	2148	2164	50
L1 GR_1	2164	2199	0
L1 GR_1	2199	2382	50
L1 GR_1	2382	2528	45
L1 GR_1	2528	2580	30
L1 GR_1	2580	2596	30
L1 GR_1	2596	2631	0
L1 GR_1	2631	2649	45
L1 GR_1	2649	2793	45
L1 GR_1	2793	3146	50
L1 GR_1	3146	3181	0
L1 GR_1	3181	3469	50

UME	PK. INI	PK. FIN	VELOCIDAD (km/h)
L1 GR_1	3469	3520	40
L1 GR_1	3520	3747	30
L1 GR_1	3747	3987	50
L1 GR_1	3987	4022	0
L1 GR_1	4022	4040	50
L1 GR_1	4040	4156	20
L1 GR_1	4156	4725	50
L1 GR_1	4725	4804	20
L1 GR_1	4804	4839	0
L1 GR_1	4839	5392	50
L1 GR_1	5392	5427	0
L1 GR_1	5427	5444	50
L1 GR_1	5444	5554	20
L1 GR_1	5554	5801	50
L1 GR_1	5801	5939	30
L1 GR_1	5939	5955	30
L1 GR_1	5955	5990	0
L1 GR_1	5990	6007	30
L1 GR_1	6007	6140	30
L1 GR_1	6140	6391	50
L1 GR_1	6391	6426	0
L1 GR_1	6426	6505	50
L1 GR_1	6505	6631	25

UME	PK. INI	PK. FIN	VELOCIDAD (km/h)
L1 GR_1	6631	6752	50
L1 GR_1	6752	6787	0
L1 GR_1	6787	6813	50
L1 GR_1	6813	6878	15
L1 GR_1	6878	6969	35
L1 GR_1	6969	7212	35
L1 GR_1	7212	7237	35
L1 GR_1	7272	7300	30
L1 GR_1	7300	7354	50
L1 GR_1	7354	7389	0
L1 GR_1	7389	7407	50
L1 GR_1	7407	7475	20
L1 GR_1	7475	7570	50
L1 GR_1	7570	7756	20
L1 GR_1	7756	7791	0
L1 GR_1	7791	7989	50
L1 GR_1	7989	8037	15
L1 GR_1	8037	8072	0
L1 GR_1	8072	8132	50
L1 GR_1	8132	8230	20
L1 GR_1	8230	8496	50

UME	PK. INI	PK. FIN	VELOCIDAD (km/h)
L1 GR_2	0	10892	50
L1 GR_2	10892	10927	0
L1 GR_2	10927	10996	50
L1 GR_2	10996	11054	15
L1 GR_2	11054	11250	50
L1 GR_2	11250	11285	0
L1 GR_2	11285	11293	50
L1 GR_2	11293	11405	35
L1 GR_2	11405	11767	50
L1 GR_2	11767	11802	0
L1 GR_2	11802	11825	50
L1 GR_2	11825	11940	20
L1 GR_2	11940	12288	50
L1 GR_2	12288	12323	0
L1 GR_2	12323	12354	50
L1 GR_2	12354	12407	30
L1 GR_2	12407	12559	50
L1 GR_2	12559	12642	25
L1 GR_2	12642	12790	50
L1 GR_2	12790	12825	0
L1 GR_2	12825	13139	50
L1 GR_2	13139	13194	30
L1 GR_2	13194	13291	50
L1 GR_2	13291	13361	15
L1 GR_2	13361	13396	0
L1 GR_2	13396	13458	50

UME	PK. INI	PK. FIN	VELOCIDAD (km/h)
L1 GR_2	13458	13539	30
L1 GR_2	13539	13594	50
L1 GR_2	13594	13683	45
L1 GR_2	13683	13744	50
L1 GR_2	13744	13822	25
L1 GR_2	13822	13926	50
L1 GR_2	13926	13994	30
L1 GR_2	13994	14179	50
L1 GR_2	14179	14291	25
L1 GR_2	14291	14326	0
L1 GR_2	14326	14378	50
L1 GR_2	14378	14454	30
L1 GR_2	14454	14584	50
L1 GR_2	14584	14648	25
L1 GR_2	14648	14960	20
L1 GR_2	14960	15042	15
L1 GR_2	15042	15159	30
L1 GR_2	15159	15194	0
L1 GR_2	15194	15273	30
L1 GR_2	15273	15344	25
L1 GR_2	15344	15471	20
L1 GR_2	15471	15697	20
L1 GR_2	15697	15758	15
L1 GR_2	15758	15865	20
L1 GR_2	15865	15900	0

Tabla 3. Velocidades introducidas en el modelo de cálculo. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de Vía

La emisión sonora no depende sólo del tipo de tren, sino que también depende de la estructura sobre la que se asienta la vía. El método contempla ocho estructuras diferentes que modifican en mayor o menor medida la emisión del tren.

TIPO DE VIAS
Vías de traviesas simples o dobles de cemento, sobre lecho de balasto (bb=1)
Vías con traviesas de madera o traviesas de cemento en zig-zag, sobre lecho de balasto (bb=2)
Vías sobre balasto, sin traviesas, vías con juntas o vías con sistemas de cambio de vía (bb=3)
Vías con bloques (bb=4)
Vías con bloque sobre lecho de balasto (bb=5)
Vías con fijación de raíles ajustables (bb=6)
Vía con fijación de raíles ajustables, sobre lecho de balasto (bb=7)
Vía llena (bb=8)

Tabla 4. Tipología de vías disponibles en el modelo de cálculo. Fuente: Elaboración propia.

Además, el modelo permite reproducir el efecto acústico asociado a las discontinuidades de la vía. Las tipologías recogidas en el modelo de cálculo son las siguientes:

TIPO DE DISCONTINUIDADES
Raíles sin juntas, con o sin cruces o cambios de vías sin juntas (m=1)
Raíles con juntas, o con un cambio de vías aislado (m=2)
Cruces y cambios con juntas (m=3)
Más de dos cambios y cruces con juntas cada 100 metros (m=4)

Tabla 5. Tipología de desconexiones disponible en el modelo de cálculo. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la línea en estudio la tipología de vías es bb=8 y las discontinuidades es m=1.

4.1.3 Parámetros del cálculo acústico

El presente apartado describe las condiciones de los elementos que son objeto de modelización, y se fijan las condiciones que influyen en la propagación del sonido en exteriores a la hora de efectuar los cálculos acústicos en el software.

Finalmente se detallan aspectos de la configuración que son específicos del tipo de cálculo a realizar: mapas de niveles sonoros (isófonas) o de niveles en receptores en fachadas (exposición).

Características acústicas de los elementos objeto de modelización

- Líneas topográficas: se considerarán todas las líneas de terreno como elementos difractantes.

- Se ha considerado el terreno base como absorbente (G=1,00), y se han utilizado unos polígonos de zonas de absorción reflectantes (G=0,00), correspondientes a las delimitaciones de las zonas urbanizadas.
- Edificios: se han considerados totalmente reflectantes.

Condiciones que afectan a la propagación del sonido en exteriores

- Distancia mínima de propagación del sonido desde el foco: se ha considerado una distancia de 2.000 m.
- Orden de reflexión, se ha considerado un orden de reflexión igual a 1.
- Condiciones de propagación: Siguiendo las recomendaciones del grupo de trabajo europeo WG-AEN, se han considerado los siguientes porcentajes de ocurrencia de condiciones favorables a la propagación del ruido:
    - Periodo día: 50%
    - Periodo tarde: 75%
    - Periodo noche: 100%

Condiciones específicas asociadas al tipo de cálculo

Tamaño de la malla de cálculo en los mapas de niveles sonoros (isófonas): se han realizado todos los cálculos para la definición del mapa de isófonas con un tamaño de malla de 10 x 10 m.

Ubicación de los receptores en los mapas de niveles en receptores en fachadas de edificios: Cada receptor se ha localizado lo más próximo posible a la fachada, considerando un máximo de separación de 0,05 metros.

Altura de los receptores: 4 m respecto del suelo.

Se ha considerado una separación máxima en la fachada entre receptores (ínterdistancia) de 10 metros.

4.2 Procedimiento de obtención de los mapas

4.2.1 Mapas de niveles sonoros

En el programa de propagación de ruido se ha calculado el mapa de niveles sonoros a partir del modelo de datos introducido y de los parámetros descritos con una malla 10*10 m de receptores a 4 m.

Se han generado los mapas de niveles sonoros de todas las unidades de mapa incluidas en el Estudio, con los indicadores y los intervalos siguientes:

- Mapa de niveles sonoros de Lden en dB, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75.

- Mapa de niveles sonoros de Ln en dB, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70.

- Mapa de niveles sonoros de Ldía en dB, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75.

- Mapa de niveles sonoros de Le en dB, con la representación de líneas isófonas que delimitan los siguientes rangos: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75.

4.2.2 Mapas de zonas de afección

Para la obtención de los datos de vivienda y población en los mapas de afección se ha considerado el nivel más desfavorable para cada edificio.

Para ello se ha intersectado la isófona Lden con la capa de edificios. La población y las viviendas de cada edificio se han asignado a la isófona más desfavorable que intersecta con este.

En la siguiente figura la edificación señalada en rojo se encuentra afectada por las tres isófonas. En este caso se asigna al rango ">75" toda la población y viviendas del edificio.

El mismo criterio se sigue en el caso de los edificios sensibles.

Figura 7. Ejemplo de asignación de un edificio al rango de afección. Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Tablas de exposición

Para la obtención de los resultados de población se ha realizado en CADNA el cálculo de niveles en fachada, mediante la colocación de receptores en las fachadas de los edificios residenciales. Estos receptores se han colocado en todas las fachadas mayores de 1m y con una separación máxima entre estos de 10 m.

Una vez obtenidos los niveles en los diferentes puntos distribuidos por fachadas, se realizará el resto del análisis en ARCGIS.

En primer lugar se realiza la ruptura de las polilíneas del edificio obteniendo las fachadas

En un paso posterior, se le ha asignado a cada fachada la población proporcional correspondiente, es decir se ha distribuido la población total del edificio en función de la longitud de cada fachada.

La población de cada fachada será a su vez repartida entre los distintos receptores de manera que cada longitud de fachada (con su parte proporcional de personas) queda representada por el nivel obtenido en cada receptor.

A continuación se muestra un ejemplo de cómo la población de un edificio queda repartida entre los distintos niveles sonoros:

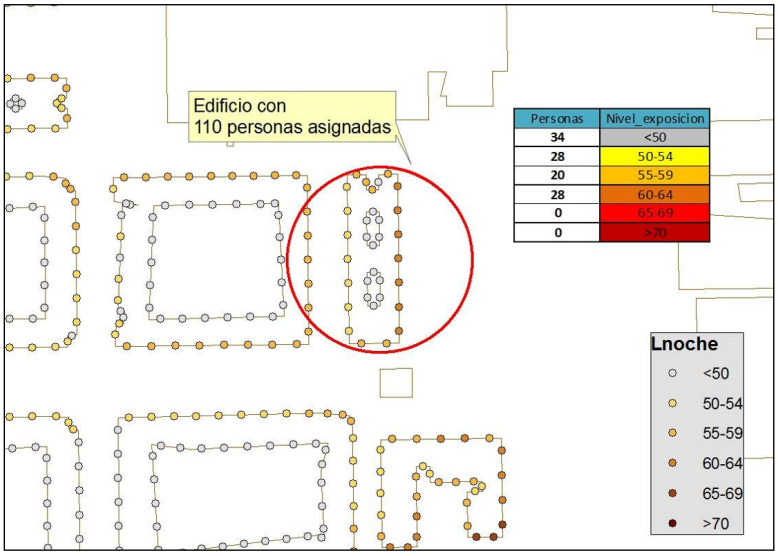

Figura 8 Ejemplo de asignación de población de un edificio a los diferentes rangos exposición. Fuente: Elaboración propia

5 RESULTADOS POR UME

5.1 UME L1 GR-1

5.1.1 Niveles sonoros y población expuesta

Si bien no se han contabilizado población expuesta a niveles superiores a los OCA, sí que se han detectado población expuesta a niveles superiores a 50 dB para el periodo noche y 60 para el periodo día, superando los límites exigidos para nuevas infraestructuras.

En la siguiente tabla se muestra el número total de personas (en centenas) expuestas fuera de las aglomeraciones para los indicadores Ld, Le, Ln y Lden.

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	3	3	3	2	-	-	-
Le	3	4	4	0**	-	-	-
Ln	4	0*	-	-	-	-	-
Lden	4	3	3	2	-	-	-

*Menos de 10 personas

**Menos de 50 personas

Tabla 6. Datos de población (nº de personas en centenas) expuesta en la UME

Figura 9 Niveles sonoros Ld en la UME a su paso por Granada

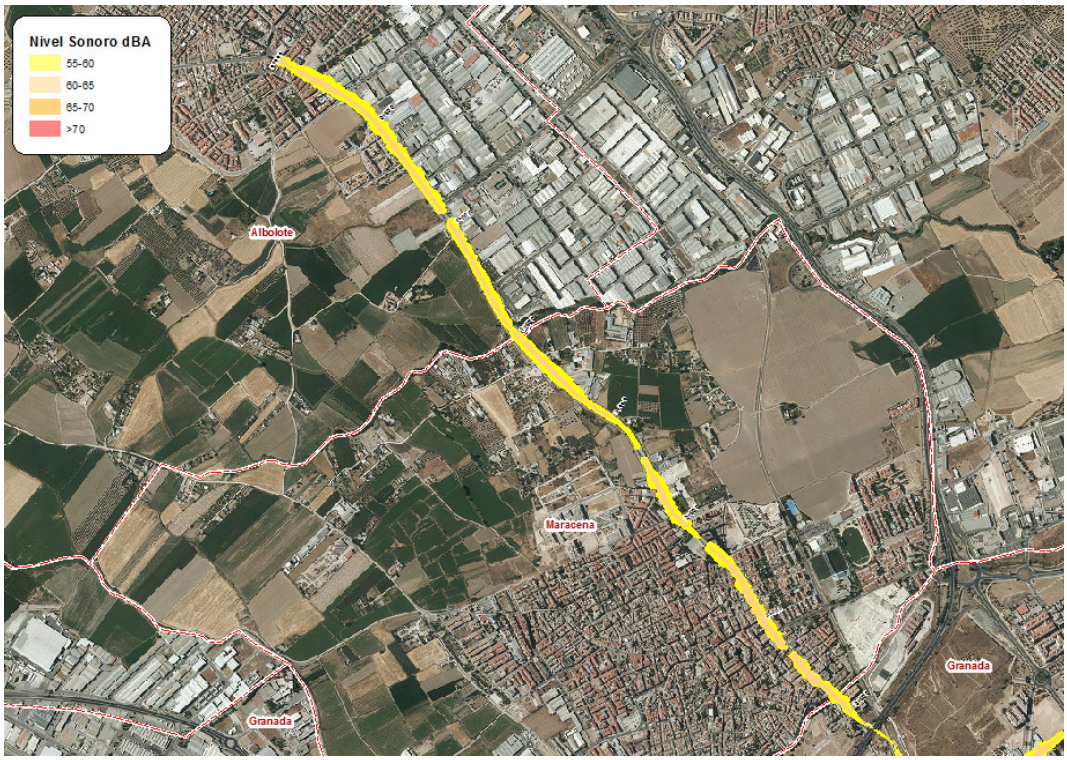

Figura 10 Niveles sonoros Ld en la UME a su paso por Maracena y Albolote

A continuación se expone los datos de población por municipio (en centenas):

Municipio	Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	>70
Albolote	Ldia	1	1	1	-	-	-
	Ltarde	1	1	1	-	-	-
	Lnoche	1	-	-	-	-	-
	Lden	1	1	1	-	-	-
Granada	Ldia	9	10	6	0*	-	-
	Ltarde	10	11	3	-	-	-
	Lnoche	3	-	-	-	-	-
	Lden	10	10	7	1	-	-
Maracena	Ldia	3	2	2	2	-	-
	Ltarde	2	3	3	0**	-	-
	Lnoche	3	0*	-	-	-	-
	Lden	3	2	2	2	-	-

*Menos de 10 personas

**Menos de 50 personas

Tabla 7. Datos de población (nº de personas en centenas) expuesta por municipio

De estos municipios solo Granada constituye una aglomeración.

5.1.2 Zonas de afección

A continuación se muestran la superficie total expuesta a valores de Lden superiores a 55,65 y 75, el número total estimado de viviendas y de personas (ambos expresados en centenas), que viven en cada una de esas zonas, incluyendo las aglomeraciones.

	Zonas de afección					
Lden	Superficie(m²)	Superficie(km²)	Nº persona	Viviendas	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	333.704	0.333704	60	31	3*	1**
>65	0	0	0	0	0	0
>75	0	0	0	0	0	0

* CEI Colorines
Colegio Público Emilio Carona
Centro de Formación Internacional Reina Isabel
** C.S La Caleta
Tabla 8. Datos de afección en la UME

5.2 UME L1 GR-2

5.2.1 Niveles sonoros y población expuesta

Si bien no se han contabilizado población expuesta a niveles superiores a los OCA, sí que se han detectado población expuesta a niveles superiores a 50 dB para el periodo noche y 60 para el periodo día, superando los límites exigidos para nuevas infraestructuras.

En la siguiente tabla se muestra el número total de personas (en centenas) expuestas fuera de las aglomeraciones para los indicadores Ld, Le, Ln y Lden.

Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Ld	2	4	0**	0**	-	-	-
Le	3	3	0**	0*	-	-	-
Ln	0**	0*	-	-	-	-	-
Lden	2	3	1	0**	-	-	-

*Menos de 10 personas

**Menos de 50 personas

Tabla 9. Datos de población (nº de personas en centenas) expuesta en la UME

Figura 11 Niveles sonoros Ld en la UME

A continuación se expone los datos de población por municipio:

Municipio	Indicador	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	>70
Armilla	Ldia	2	4	0**	0*	-	-
	Ltarde	3	3	0**	0*	-	-
	Lnoche	0**	0*	-	-	-	-
	Lden	2	3	1	0**	-	-
Granada	Ldia	8	5	5	0**	-	-
	Ltarde	7	1	4	-	-	-
	Lnoche	4	-	-	-	-	-
	Lden	9	6	5	1	-	-

Tabla 10. Datos de población (nº de personas en centenas) expuesta por municipio

De estos municipios solo Granada constituye una aglomeración.

5.2.2 Zonas de afección

A continuación se muestran la superficie total expuesta a valores de Lden superiores a 55,65 y 75, el número total estimado de viviendas y de personas (ambos expresados en centenas), que viven en cada una de esas zonas, incluyendo las aglomeraciones.

	Zonas de afección					
Lden	Superficie(m²)	Superficie(km²)	Nº persona	Viviendas	Nº centros docentes	Nº centros sanitarios
>55	188.390	0.188390	30	18	6*	0
>65	0	0	0	0	0	0
>75	0	0	0	0	0	0

* Facultad de Medicina de la Universidad de Granada
Centro de Investigación Biomédica de la universidad de Granada
Biblioteca de Ciencias de la Salud PTS
Colegio Público Sierra Nevada
Instituto de Medicina Legal de Granada
Biblioteca Municipal de Armilla
Tabla 11. Datos de afección en la UME