



MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO DE
INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE
Y VIVIENDA

SECRETARÍA GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS



CLAVE:
14223.05602.05621



RESUMEN MEMORIA TÉCNICA DE LOS PLANES DE ACCIÓN CONTRA EL RUIDO CORRESPONDIENTE AL MER DE LOS GRANDES EJES FERROVIARIOS. FASE II

LOTE Nº5: RED DE ANCHO MÉTRICO

U.M.E. 05_02: Torrelavega - Santander

EJE 8: 08 - Red de Ancho Métrico
Línea: 770 - Santander-Oviedo
Tramos: Torrelavega - Valdecilla La Marga y Valdecilla La Marga - Santander

DIRECCIÓN DEL ESTUDIO:
ADIF ALTA VELOCIDAD
DIRECCIÓN DE ACTUACIONES TÉCNICAS

AUTOR DEL ESTUDIO:
Antonio Hidalgo Otamendi

CONSULTORA:
CECOR

OCTUBRE DE 2017

PLAN DE ACCIÓN CONTRA EL RUIDO CORRESPONDIENTE AL MER DE LOS GRANDES EJES FERROVIARIOS.

FASE II

Lote Nº5: Red de Ancho Métrico

U.M.E. 05_02: Torrelavega-Santander

MEMORIA RESUMEN

ÍNDICE

MEMORIA

1. OBJETO Y PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PA.....	3	5.2.1. Alegaciones recibidas al proceso de información pública	17
1.1. Objeto	3	6. METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	19
1.2. Planteamiento metodológico general	3	6.1. Características del modelo de cálculo	19
2. ANTECEDENTES	4	6.2. Escenario de simulación y configuración del cálculo	20
3. ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO APLICABLE	6	6.3. Parámetros de cálculo.....	24
3.1. Nivel Estatal.....	6	6.3.1. Edificaciones	24
3.2. Nivel Autonómico.....	9	6.3.2. Presencia de elementos influyentes en la propagación.....	24
3.3. Nivel Local	9	6.3.3. Condiciones de propagación	24
3.4. Ley del Sector Ferroviario	9	7. DATOS DE PARTIDA	25
3.5. Zonificación acústica.....	11	7.1. Datos cartográficos.....	25
3.6. Objetivos de calidad acústica a verificar.....	11	7.2. Datos superestructura	25
4. RESUMEN DEL MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO	13	7.3. Datos de tráfico ferroviario	25
4.1. Descripción de la U.M.E.	13	7.4. Datos de velocidades de circulación	26
4.2. Resultados del Mapa Estratégico de Ruido	13	7.5. Datos de población y uso de los edificios	26
4.2.1. Población expuesta a niveles sonoros	14	8. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA POBLACIÓN EXPUESTA.....	27
4.2.2. Cuantificación de superficie, viviendas y población. Niveles de afección	15	9. EVALUACIÓN ACÚSTICA DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	28
4.2.3. Edificios sensibles.....	15	10. DEFINICIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS	55
4.2.4. Zonas de rebase OCA.....	15	10.1. Descripción de la problemática acústica	55
5. ZONAS DE ESTUDIO DEL PLAN DE ACCIÓN.....	17	10.1.1. Problemática general	55
5.1. Delimitación de las zonas de estudio	17	10.1.2. Zonas con especial problemática de emisión de ruido.....	58
5.2. Datos de partida complementarios	17	10.2. Criterios básicos para la definición de medidas	61
		10.3. Tipología de medidas correctoras.....	62
		10.3.1. Actuaciones en el foco emisor	63
		10.3.2. Actuaciones en el medio de propagación.....	64

Volumen: Memoria

10.3.3.	Actuaciones en el receptor	64
10.4.	Caracterización de las medidas seleccionadas	65
10.4.1.	Actuaciones en el foco emisor	66
10.4.2.	Actuaciones en el medio de propagación	74
10.4.3.	Actuaciones en el receptor	76
10.5.	Síntesis de la librería de medidas aplicables.....	77
11.	PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS POR ZONA DE ACTUACIÓN.....	80
11.1.	Metodología empleada	80
11.2.	Metodología de diseño por tipología de medida.....	80
11.2.1.	Medidas en el medio emisor.....	80
11.2.2.	Medidas en el medio trasmisor	81
11.2.3.	Medidas en el medio receptor.....	84
11.3.	Definición y valoración de medidas en cada una de las zonas de actuación	84
11.4.	Síntesis de resultados	86
12.	EQUIPO DE TRABAJO.....	91

ANEXOS

ANEXO Nº 1: PLANOS

1. OBJETO Y PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PA

1.1. Objeto

El objeto de este documento es la elaboración de los Planes de Acción (PA) asociados a los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de los grandes ejes ferroviarios de la Fase II (>30.000 circulaciones/año).

Los planes acción constituyen una herramienta destinada a afrontar los problemas derivados de la exposición acústica y sus efectos, incluida la reducción del ruido, tal y como establece 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, y su trasposición al estado español mediante la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.

Su principal objetivo radica en el análisis en detalle de las Zonas de Rebase de los Objetivos de Calidad Acústica (OCA) identificadas en el MER con el propósito de establecer unas líneas de actuación enfocadas a la reducción de los niveles de inmisión previstos.

1.2. Planteamiento metodológico general

El contenido mínimo de un Plan de Acción se encuentra regulado por el Anexo V 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 y gestión del ruido ambiental.

Para poder cumplir con las exigencias legales descritas así como con los objetivos principales de un Plan de Acción, el trabajo se ha estructurado en una serie de fases muy concretas que permiten definir las líneas de actuación a seguir:

- ✓ Antecedentes que han condicionado el inicio de los trabajos a realizar.
- ✓ Análisis del marco normativo aplicable, tanto desde el punto de vista acústico como específico del tema ferroviario en el cual se desarrollará el estudio. En este apartado se desarrollarán las exigencias que será necesario cumplir a lo largo de toda la metodología a desarrollar y que justifican las decisiones adoptadas a lo largo del proceso.
- ✓ Descripción del ámbito de estudio. La definición de los Planes de Acción en materia acústica se encuentra ligado indisolublemente a la redacción de la segunda fase de los Mapas

Estratégicos de Ruido. Sus conclusiones sirven de punto de partida para la detección de los emplazamientos en los cuales es necesario la definición del Plan de Acción que minimice la problemática existente.

Para ello se realizará una descripción del ámbito de estudio abarcado, así como, los principales resultados obtenidos en la Fase II de los Mapas Estratégicos de Ruido realizados. El análisis se complementa con información adicional que ayuda a concretar la problemática acústica existente en la zona a estudiar.

- ✓ Caracterización de las zonas de rebase OCA, es decir, de aquellos enclaves derivados de la segunda fase de los MER que van a ser objeto de análisis por parte del Plan de Acción en redacción debido a la presencia de superaciones de los objetivos de calidad acústica fijados por la legislación aplicable.
- ✓ Propuestas en la zona de estudio. Una vez analizadas en detalle las zonas de rebase OCA derivadas de la segunda fase de los MER, se definirá el ámbito concreto de estudio del Plan de Acción. Serán constatados aquellos conflictos sobre los cuales es necesario plantear medidas correctoras. Para ello se realizará una modelización de las zonas de estudio seleccionadas con mayor detalle que la realizada en los Mapas Estratégicos de Ruido, con el fin de concretar los problemas existentes.
- ✓ Definición de medidas correctoras. Para cada una de las zonas de actuación propuestas, se efectuará la definición y valoración de las medidas correctoras que permitan reducir los niveles de inmisión previstos y resolver los conflictos inventariados. Las medidas a adoptar serán descritas con anterioridad en la totalidad de los medios que intervienen en la generación y propagación acústica, así como, el orden de prioridad en el cual éstas deberían ser abordadas.

La conclusión de esta fase se reflejará mediante una propuesta de medidas por zona de actuación.

2. ANTECEDENTES

La Directiva 2002/49/CE, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, la Ley 37/2003 del Ruido y el Real Decreto 1513/2005 que la desarrolla, establecieron la exigencia de elaborar en dos fases los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) y Planes de Acción de los "grandes ejes ferroviarios", entendiéndose por tales aquellos tramos cuyo tráfico supere las 30.000 circulaciones anuales:

- ✓ Fase I: Elaborar Mapas Estratégicos de Ruido sobre la situación del año natural anterior, correspondientes a todos los grandes ejes ferroviarios cuyo tráfico supere las 60.000 circulaciones anuales.
- ✓ Fase II: Elaborar Mapas Estratégicos de Ruido sobre la situación al año civil anterior, correspondientes a todos los grandes ejes ferroviarios existentes en su territorio, es decir, aquellos cuyo tráfico supere las 30.000 circulaciones anuales.

Dentro de las obligaciones establecidas en la Directiva 2002/49/CE y en su normativa de desarrollo, se recoge la necesidad de comunicar a la Comisión Europea aquellas infraestructuras que verifican los requisitos fijados, así como las autoridades designadas por los Estados Miembros como responsables para la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción en materia de contaminación acústica.

Para ello, en 2005, de acuerdo con el artículo 7 de la citada Directiva, el Ministerio de Medio Ambiente remitió a la Comisión Europea el listado de los tramos implicados en la primera fase (Fase I), con más de 60.000 circulaciones anuales, sobre los que se debían elaborar y aprobar Mapas Estratégicos de Ruido antes del 30 de junio de 2007, así como la relación de organismos competentes a estos efectos. La longitud total a cartografiar perteneciente a la red estatal ascendió a 685 km siendo el Ministerio de Fomento, y más concretamente la Dirección General de Ferrocarriles, el organismo encargado de su aprobación.

No obstante, la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido, así como de los correspondientes Planes de Acción fue delegada por el órgano competente al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ADIF, el cual ha desarrollado los trabajos siguiendo los criterios establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente.

La realización de los trabajos relacionados con la Fase I de los MER se estructuró en tres lotes que incluían la totalidad de los tramos inventariados que cumplían con la definición de "gran eje ferroviario" con más de 60.000 circulaciones anuales. Los criterios de agrupación correspondieron a unidades territoriales comunes, resultando así el Lote 1: Madrid y Castilla La Mancha, Lote 2: Asturias y País Vasco y Lote 3: Valencia y Cataluña.

Dentro de cada uno de los tres lotes diferenciados, los estudios fueron planteados en tramos de similares características de explotación ferroviaria y que presentaban una continuidad geográfica. Esta estructuración fue denominada Unidad de Mapa Estratégico (U.M.E. en adelante) y organizó la totalidad de los kilómetros a cartografiar en 17 U.M.E. (siete en el caso del Lote Nº1, tres en el Lote Nº2 y siete en el Lote Nº3).

Una vez finalizados los estudios, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 14 de la Ley 37/2003 del Ruido, la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento publicó Anuncio en el Boletín Oficial del Estado, número 99, de 24 de abril de 2008, por el que se sometía a información pública la Fase I de los Mapas Estratégicos de Ruido de los ferrocarriles del Estado, por un período de 1 mes, contado a partir de la fecha de publicación del citado anuncio en el Boletín Oficial del Estado. En él, se ponía a disposición de la población el resultado de los citados estudios a través de la web de Adif habilitada al efecto.

Una vez resuelto el periodo de información pública, la siguiente tarea a abordar correspondía a la definición de los Planes de Acción asociados a los Mapas Estratégicos de Ruido presentados en la Fase I.

La estructuración del trabajo coincidió con la fijada en los mapas estratégicos mediante la diferenciación del trabajo en lotes de similar delimitación.

En el año 2009 se inició la elaboración de los Planes de Acción que fueron finalizados en el año 2010 y sometidos al trámite de información pública mediante anuncio en el BOE nº 286 de 28 de noviembre de 2011.

Con fecha 31 de mayo de 2013, el Director General de Ferrocarriles resolvió aprobar definitivamente los Mapas Estratégicos de Ruido y los Planes de Acción de los Grandes Ejes Ferroviarios de competencia del Estado de la 1ª fase (>60.000 circulaciones anuales).

Una vez elaborados los Mapas Estratégicos de Ruido y los Planes de Acción de la Fase I, se procede al desarrollo de la Fase II. En el año 2008, de acuerdo con el artículo 7 de la Directiva 2002/49/CE, el Ministerio de Medio Ambiente remitió a la Comisión Europea el listado de los tramos implicados en la segunda fase (Fase II), con más de 30.000 circulaciones anuales, sobre los que se debían elaborar y aprobar Mapas Estratégicos de Ruido antes del 30 de junio de 2012, así como la relación de organismos competentes a estos efectos.

La elaboración de esta segunda fase fue igualmente encomendada a Adif por la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento.

La longitud total a cartografiar perteneciente a la red estatal en esta fase ha ascendido a 1.456 km siendo dicho Ministerio de Fomento, el organismo encargado de su aprobación.

Al igual que en la Fase I, los criterios de agrupación en la Fase II correspondieron a unidades territoriales comunes en función de su cercanía geográfica, resultando así los siguientes lotes:

- ✓ Lote 1. Zona Centro: Madrid y Castilla La Mancha.
- ✓ Lote 2. Zona Norte: Asturias, País Vasco, Castilla y León y Aragón.
- ✓ Lote 3. Zona Este: Valencia y Cataluña.
- ✓ Lote 4. Zona Sur: Andalucía, Castilla La Mancha y Madrid.
- ✓ Lote 5. Zona RAM: Asturias y Cantabria.

Una vez finalizados los Mapas Estratégicos de Ruido de la Fase II fueron sometidos a Información Pública por la Subdirección General de Planificación Ferroviaria del Ministerio de Fomento mediante anuncio en el BOE nº 242 de 6 de octubre de 2016.

Con fecha 17 de julio de 2017 el Secretario General de Infraestructuras del Ministerio de Fomento aprobó definitivamente los "MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO DE LOS GRANDES EJES FERRVIARIOS. FASE II", de acuerdo a lo previsto en el artículo 14 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (BOE nº 206 de 28 de agosto de 2017).

El objeto del presente trabajo es la elaboración de los Planes de Acción de los Grandes Ejes ferroviarios. Fase II, correspondientes a las Zonas de Rebase identificadas previamente en el desarrollo de la Fase II de los MER. También se considerarán aquellas zonas donde se hayan detectado quejas por contaminación acústica o donde se hayan recibido alegaciones al proceso de información pública de los MER.

Volumen: Memoria

En concreto este documento desarrolla el Plan de Acción contra el ruido correspondiente a la **U.M.E. 05_02: Torrelavega-Santander**, integrada en el **Lote Nº5, Red de Ancho Métrico**.

Esta UME no fue objeto de Mapa Estratégico de Ruido en la primera fase.

3. ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO APLICABLE

3.1. Nivel 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.

LEY 37/2003

La **Ley 37/2003** no se limita únicamente al contenido de la Directiva que traspone, sino que desarrolla con mayor profundidad la regulación de la materia que, hasta ese momento, se encontraba dispersa en diferentes textos legales y reglamentarios, tanto estatales como autonómicos, así como en ordenanzas municipales ambientales y sanitarias de algunos ayuntamientos.

El objetivo de la Ley 37/2003 es prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente. Delimita el ámbito para su aplicación y contiene también disposiciones relativas a la distribución competencial en materia de contaminación acústica. Además, incorpora el concepto de calidad acústica, definida como el grado de adecuación de las características acústicas de un espacio a las actividades que se realizan en su ámbito, enunciando los instrumentos de los que las Administraciones pueden servirse para procurar el máximo cumplimiento de los objetivos de calidad acústica.

La citada ley estipula, asimismo, unos instrumentos intermedios, que pueden ser tanto preventivos como correctores: los Planes de Acción en materia de contaminación acústica. Los

Planes de Acción deben corresponder, en cuanto a su alcance, a los ámbitos territoriales de los mapas de ruido, y tienen por objeto afrontar globalmente las cuestiones relativas a contaminación acústica, fijar acciones prioritarias para el caso de incumplirse los objetivos de calidad acústica y prevenir el aumento de contaminación acústica en zonas que la padezcan en escasa medida.

En concreto las referencias de la ley a los Planes de Acción son las siguientes:

Cap. II / SECCIÓN 2.a: PLANES DE ACCIÓN EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Artículo 22: Identificación de los planes.

En los términos previstos en esta ley y en sus normas de desarrollo, habrán de elaborarse y aprobarse, previo trámite de información pública por un período mínimo de un mes, planes de acción en materia de contaminación acústica correspondiente a los ámbitos territoriales de los mapas de ruido a los que se refiere el apartado 1 del artículo 14 (grandes ejes viarios, ferroviarios, aeropuertos y aglomeraciones y las grandes áreas donde se compruebe el incumplimiento de los objetivos de calidad acústica).

Artículo 23: Fines y contenidos de los planes.

1. *Los planes de acción en materia de contaminación acústica tendrán, entre otros, los siguientes objetivos:*
 - a) *Afrontar globalmente las cuestiones concernientes a la contaminación acústica en la correspondiente área o áreas acústicas.*
 - b) *Determinar las acciones prioritarias a realizar en caso de superación de los valores límite de emisión o inmisión o de incumplimiento de los objetivos de calidad acústica.*
 - c) *Proteger a las zonas tranquilas en las aglomeraciones y en campo abierto contra el aumento de la contaminación acústica.*
2. *El contenido mínimo de los planes de acción en materia de contaminación acústica será determinado por el Gobierno, debiendo en todo caso aquéllos precisar las actuaciones a realizar durante un período de cinco años para el cumplimiento de los objetivos establecidos en el apartado anterior. En caso de necesidad, el plan podrá incorporar la declaración de zonas de protección acústica especial.*

Artículo 24. Revisión de los planes.

Los planes habrán de revisarse y, en su caso, modificarse previo trámite de información pública por un período mínimo de un mes, siempre que se produzca un cambio importante de la situación existente en materia de contaminación acústica y, en todo caso, cada cinco años a partir de la fecha de su aprobación.

Cap. II / SECCIÓN 3.a CORRECCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Artículo 25. Zonas de Protección Acústica Especial.

1. *Las áreas acústicas en las que se incumplan los objetivos aplicables de calidad acústica, aun observándose por los emisores acústicos los valores límite aplicables, serán declaradas zonas de protección acústica especial por la Administración pública competente.*
2. *Desaparecidas las causas que provocaron la declaración, la Administración pública correspondiente declarará el cese del régimen aplicable a las zonas de protección acústica especial.*
3. *Las Administraciones públicas competentes elaborarán planes zonales específicos para la mejora acústica progresiva del medio ambiente en las zonas de protección acústica especial, hasta alcanzar los objetivos de calidad acústica que les sean de aplicación. Los planes contendrán las medidas correctoras que deban aplicarse a los emisores acústicos y a las vías de propagación, así como los responsables de su adopción, la cuantificación económica de aquéllas y, cuando sea posible, un proyecto de financiación.*
4. *Los planes zonales específicos podrán contener, entre otras, todas o algunas de las siguientes medidas:*
 - a) *Señalar zonas en las que se apliquen restricciones horarias o por razón del tipo de actividad a las obras a realizar en la vía pública o en edificaciones.*
 - b) *Señalar zonas o vías en las que no puedan circular determinadas clases de vehículos a motor o deban hacerlo con restricciones horarias o de velocidad.*
 - c) *No autorizar la puesta en marcha, ampliación, modificación o traslado de un emisor acústico que incremente los valores de los índices de inmisión existentes.*

Artículo 26. Zonas de Situación Acústica Especial.

Si las medidas correctoras incluidas en los planes zonales específicos que se desarrollen en una zona de protección acústica especial no pudieran evitar el incumplimiento de los objetivos de calidad acústica, la Administración pública competente declarará el área acústica en cuestión como zona de situación acústica especial. En dicha zona se aplicarán medidas correctoras específicas dirigidas a que, a largo plazo, se mejore la calidad acústica y, en particular, a que no se incumplan los objetivos de calidad acústica correspondientes al espacio interior.

REAL DECRETO 1513/2005

El Real Decreto 1513/2005 supone un desarrollo parcial de la Ley 37/2003 y tiene por objeto la evaluación y gestión del ruido ambiental, con la finalidad de evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias, derivadas de la exposición al ruido ambiental, según el ámbito de aplicación de la directiva comunitaria que se incorpora.

Por ello se desarrollan los conceptos de ruido ambiental y sus efectos y molestias sobre la población, junto a una serie de medidas que permiten la consecución del objeto previsto como son los Mapas Estratégicos de Ruido, los Planes de Acción y la información a la población.

Para el cumplimiento de su objetivo se regulan determinadas actuaciones como son la elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido para determinar el grado de exposición de la población al ruido ambiental, la adopción de Planes de Acción para prevenir y reducir ese efecto y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana. Además plantea la necesidad de poner a disposición de la población la información sobre ruido ambiental y sus efectos y aquélla de que dispongan las autoridades competentes en relación con el cartografiado acústico y Planes de Acción derivados.

En relación al cartografiado estratégico del ruido, establece los requisitos mínimos que éste debe cumplir así como los índices de ruido que deben considerarse en su preparación y la metodología recomendada para su determinación y evaluación.

En el anexo V del Real Decreto 1513/2005 se detalla el contenido mínimo a incluir en los Planes de Acción frente a la contaminación por ruido ambiental asociados a los Mapas Estratégicos de Ruido.

ANEXO V: REQUISITOS MÍNIMOS DE LOS PLANES DE ACCIÓN

Requisitos mínimos de los planes de acción

1. *Los planes de acción incluirán, como mínimo, los elementos siguientes:*

- *Descripción de la aglomeración, los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido consideradas.*
- *Autoridad responsable.*
- *Contexto jurídico.*
- *Valores límite establecidos con arreglo al artículo 5.4 de la Directiva 2002/49/CE.*
- *Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido.*
- *Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar.*
- *Relación de las alegaciones u observaciones recibidas en el trámite de información pública de acuerdo con el artículo 22 de la Ley del Ruido. (Ver antes)*
- *Medidas que ya se aplican para reducir el ruido y proyectos en preparación.*
- *Actuaciones previstas por las autoridades competentes para los próximos cinco*

años, incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas.

- *Estrategia a largo plazo.*
 - *Información económica (si está disponible): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios.*
 - *Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.*
2. *Algunas medidas que pueden prever las autoridades dentro de sus competencias son, por ejemplo, las siguientes:*
- *Regulación del tráfico.*
 - *Ordenación del territorio.*
 - *Aplicación de medidas técnicas en las fuentes emisoras.*
 - *Selección de fuentes más silenciosas.*
 - *Reducción de la transmisión de sonido.*
 - *Medidas o incentivos reglamentarios o económicos.*
3. *Los planes de acción recogerán estimaciones por lo que se refiere a la reducción del número de personas afectadas (que sufren molestias o alteraciones del sueño.)*

REAL DECRETO 1367/2007

El Real Decreto 1367/2007, tiene como principal finalidad completar el desarrollo de la Ley 37/2003. Así, se definen índices de ruido y de vibraciones, en los distintos periodos temporales de evaluación, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente; se delimitan los distintos tipos de áreas y servidumbres acústicas definidas en el artículo 10 de la Ley 37/2003; se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones; se regulan los emisores acústicos fijándose valores límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación.

Con repercusión sobre los Mapas Estratégicos de Ruido y los correspondientes Planes de Acción, este texto normativo establece los objetivos de calidad acústica a cumplir en base a una categorización del territorio en áreas acústicas de acuerdo al uso predominante del suelo. Estos umbrales de calidad se definen sobre unos indicadores específicos cuya definición y metodología de obtención se remite al Real Decreto 1513/2005. Los artículos que hacen referencia a estos aspectos se incluyen a continuación.

Volumen: Memoria

Cap. III / SECCIÓN 2.a: OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA

Artículo 14. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas acústicas.

1. *En las áreas urbanizadas existentes se establece como objetivo de calidad acústica para ruido el que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:*
 - d) *Si en el área acústica se supera el correspondiente valor de alguno de los índices de inmisión de ruido establecidos en la tabla A, del anexo II, su objetivo de calidad acústica será alcanzar dicho valor. En estas áreas acústicas las administraciones competentes deberán adoptar las medidas necesarias para la mejora acústica progresiva del medio ambiente hasta alcanzar el objetivo de calidad fijado, mediante la aplicación de planes zonales específicos a los que se refiere el artículo 25.3 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.*
 - e) *En caso contrario, el objetivo de calidad acústica será la no superación del valor de la tabla A, del anexo II, que le sea de aplicación.*
2. *Para el resto de las áreas urbanizadas se establece como objetivo de calidad acústica para ruido la no superación del valor que le sea de aplicación a la tabla A del anexo II, disminuido en 5 decibelios.*
3. *Los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a los espacios naturales delimitados, de conformidad con lo establecido en el artículo 7.1 la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, como área acústica tipo g), por requerir una especial protección contra la contaminación acústica, se establecerán para cada caso en particular, atendiendo a aquellas necesidades específicas de los mismos que justifiquen su calificación.*
4. *Como objetivo de calidad acústica aplicable a las zonas tranquilas en las aglomeraciones y en campo abierto, se establece el mantener en dichas zonas los niveles sonoros por debajo de los valores de los índices de inmisión de ruido establecidos en la tabla A, del anexo II, disminuido en 5 decibelios, tratando de preservar la mejor calidad acústica que sea compatible con el desarrollo sostenible.*

REAL DECRETO 1038/2012

El Real Decreto 1038/2012 sólo afecta a las áreas acústicas tipo f. Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.

Este Real Decreto no establece criterios específicos para el desarrollo de los Planes de Acción, sino que sólo modifica la tabla A del Anexo II del Real Decreto 1367/2007, estableciendo que en los sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen (tipo f), no podrán superarse, en sus límites, los

objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de las áreas acústicas que colinden con ellos.

3.2. Nivel Autonómico

El marco normativo a nivel autonómico del Principado de Asturias viene determinado por los siguientes textos aprobados:

- ✓ Decreto 99/1985, de 17 de octubre por el que se aprueban las normas sobre condiciones técnicas de los proyectos de aislamiento acústico y vibraciones. Este decreto no es de aplicación sobre infraestructuras del transporte, solamente es aplicable para edificación y actividades.

3.3. Nivel Local

El marco normativo a nivel municipal viene determinado por los siguientes textos aprobados:

- ✓ Ordenanza municipal sobre protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones (septiembre de 2000), por la cual se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica del municipio de Santander.
- ✓ Reguladora de la actuación municipal para la protección del medio ambiente contra las perturbaciones por ruidos y vibraciones (septiembre de 1996), por la cual se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica del municipio de Piélagos.
- ✓ Ordenanza de protección del medio ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones, por la cual se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica del municipio de Torrelavega.

3.4. Ley del Sector Ferroviario

En el ámbito del sector ferroviario, la **Ley 38/2015, de 29 de septiembre, del sector ferroviario** (publicada en el B.O.E. núm. 234 el 30 de septiembre de 2015) establece la regulación de las infraestructuras ferroviarias así como la prestación de servicios de transporte sobre ellas.

Entre los cometidos de la Ley se encuentra la regulación en materia de establecimiento de zonas de servicio ferroviario, desarrolla la incidencia que su construcción posee sobre el planeamiento urbanístico estableciendo limitaciones a los usos del suelo en las áreas limítrofes a los ejes

ferroviarios (capítulo III artículos 13 y 14 y 15), en función de la distancia. La definición de las diferentes zonas se realiza en los siguientes condicionados:

CAPÍTULO III. LIMITACIONES A LA PROPIEDAD

Artículo 12. Zona de dominio público, zona de protección y límite de edificación.

A los efectos de esta ley, se establecen en las líneas ferroviarias que formen parte de la Red Ferroviaria de Interés General, una zona de dominio público, otra de protección y un límite de edificación. Tanto las referidas zonas como el límite de edificación se regirán por lo establecido en esta ley y en sus disposiciones de desarrollo.

.....

Artículo 13. Zona de dominio público.

- 1. Comprenden la zona de dominio público los terrenos ocupados por las líneas ferroviarias que formen parte de la Red Ferroviaria de Interés General y una franja de terreno de ocho metros a cada lado de la plataforma, medida en horizontal y perpendicularmente al eje de la misma, desde la arista exterior de la explanación.*
- 2. Reglamentariamente podrá determinarse una distancia inferior a la establecida en el apartado anterior para delimitar la zona de dominio público y la de protección, en función de las características técnicas de la línea ferroviaria de que se trate y de las características del suelo por el que discurra dicha línea. No se podrá autorizar la reducción de la zona de dominio público, la de protección ni la línea límite de la edificación por intereses particulares.*
- 3. La arista exterior de la explanación es la intersección del talud del desmonte, del terraplén o, en su caso, de los muros de sostenimiento colindantes con el terreno natural.*

En aquéllos casos en que las características del terreno no permitan definir la arista exterior de la explanación, conformará dicha arista exterior una línea imaginaria, paralela al eje de la vía, situada a una distancia de tres metros medidos, perpendicularmente a dicho eje, desde el borde externo del carril exterior.

- 4. En los casos especiales de puentes, viaductos, estructuras u obras similares, como regla general se podrán fijar como aristas exteriores de la explanación las líneas de proyección vertical del borde de las obras sobre el terreno, siendo, en todo caso, de dominio público el terreno comprendido entre las referidas líneas. En aquellos supuestos en que la altura de la estructura sea suficiente, podrá delimitarse como zona de dominio público exclusivamente la zona necesaria para asegurar la conservación y el mantenimiento de la obra, y en todo caso, el contorno de los apoyos y estribos y una franja perimetral suficiente alrededor de estos elementos.*

Artículo 14. Zona de protección.

- 1. La zona de protección de las líneas ferroviarias consiste en una franja de terreno a cada lado de las mismas delimitada, interiormente, por la zona de dominio público definida en el artículo anterior y, exteriormente, por dos líneas paralelas situadas a 70 metros*

de las aristas exteriores de la explanación.

2. En el suelo clasificado por el planeamiento urbanístico como urbano o urbanizable, y siempre que el mismo cuente con el planeamiento más preciso que requiera la legislación urbanística aplicable, para iniciar su ejecución, las distancias establecidas en los apartados anteriores para la protección de la infraestructura ferroviaria serán de cinco metros para la zona de dominio público y de ocho metros para la de protección, contados en todos los casos desde las aristas exteriores de la explanación. Dichas distancias podrán ser reducidas por los administradores generales de infraestructuras ferroviarias, previo informe de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria en el ámbito de sus competencias, siempre que se acredite la necesidad o el interés público de la reducción, y no se ocasione perjuicio a la regularidad, conservación y el libre tránsito del ferrocarril sin que, en ningún caso, la correspondiente a la zona de dominio público pueda ser inferior a dos metros. La solicitud de reducción deberá ir acompañada, al menos, de una memoria explicativa y de planos en planta y alzado que describan de forma precisa el objeto de la misma.

Artículo 15. Límite de edificación.

.....

1. A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la Red Ferroviaria de Interés General se establece la línea límite de edificación, desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de construcción, reconstrucción o ampliación, a excepción de las que resultaren imprescindibles para la conservación y mantenimiento de las edificaciones existentes en el momento de la entrada en vigor de esta ley. Igualmente, queda prohibido el establecimiento de nuevas líneas eléctricas de alta tensión dentro de la superficie afectada por la línea límite de edificación.

En los túneles y en las líneas férreas soterradas o cubiertas con losas no será de aplicación la línea límite de la edificación. Tampoco será de aplicación la línea límite de la edificación cuando la obra a ejecutar sea un vallado o cerramiento.

2. La línea límite de edificación se sitúa a cincuenta metros de la arista exterior más próxima de la plataforma, medidos horizontalmente a partir de la mencionada arista.

En las líneas ferroviarias que formen parte de la Red Ferroviaria de Interés General y que discurren por zonas urbanas, la línea límite de la edificación se sitúa a veinte metros de la arista más próxima a la plataforma.

Reglamentariamente, podrá determinarse una distancia inferior a la prevista en el párrafo anterior para la línea límite de edificación, en función de las características de las líneas.

3. Asimismo, los administradores generales de infraestructuras, previo informe de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria en el ámbito de sus competencias y de las comunidades autónomas y entidades locales afectadas, podrá, por razones geográficas o socioeconómicas, fijar una línea límite de edificación diferente a la establecida con carácter general, aplicable a determinadas líneas ferroviarias que formen parte de la Red Ferroviaria de Interés General, en zonas o áreas delimitadas. Esta reducción no afectará a puntos concretos, sino que será de aplicación a lo largo de tramos completos

y de longitud significativa.

4. Cuando resulte necesaria la ejecución de obras dentro de la zona establecida por la línea límite de la edificación en un punto o área concreta, los administradores generales de infraestructuras, previo informe de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria en el ámbito de sus competencias, podrán establecer la línea límite de edificación a una distancia inferior a las señaladas en el apartado 2, previa solicitud del interesado y tramitación del correspondiente expediente administrativo, siempre y cuando ello no contravenga la ordenación urbanística y no cause perjuicio a la seguridad, regularidad, conservación y libre tránsito del ferrocarril, así como cuando no sea incompatible con la construcción de nuevas infraestructuras correspondientes a estudios informativos que continúen surtiendo efectos conforme a lo dispuesto en el apartado 8 del artículo 5 de esta ley.

Concretamente la Orden FOM/1323/2005, de 6 de julio, redujo el límite de edificación a 20 m en zonas urbanas.

La citada Ley del Sector Ferroviario, en el artículo 16 establece las Normas especiales que regulan las actuaciones en cada una de las zonas descritas.

CAPÍTULO III. LIMITACIONES A LA PROPIEDAD

Artículo 16. Otras limitaciones relativas a las zonas de dominio público y de protección.

1. Para ejecutar, en las zonas de dominio público y de protección de la infraestructura ferroviaria, cualquier tipo de obras o instalaciones fijas o provisionales, cambiar el destino de las mismas o el tipo de actividad que se puede realizar en ellas y plantar o talar árboles, se requerirá la previa autorización del administrador de infraestructuras ferroviarias. Lo dispuesto en este apartado se entiende sin perjuicio de las competencias de otras administraciones públicas.

Los solicitantes de una autorización para la realización de obras, instalaciones o actividades en las zonas de dominio público del ferrocarril, estarán obligados a prestar al administrador de la infraestructura ferroviaria las garantías que éste exija en relación con la correcta ejecución de las actividades autorizadas, de conformidad con lo que, en su caso, se determine reglamentariamente.

Cualesquiera obras que se lleven a cabo en la zona de dominio público y en la zona de protección y que tengan por finalidad salvaguardar paisajes o construcciones o limitar el ruido que provoca el tránsito por las líneas ferroviarias, serán costeadas por los promotores de las mismas.

No obstante lo anterior, sólo podrán realizarse obras o instalaciones en la zona de dominio público, previa autorización del administrador de infraestructuras ferroviarias, cuando sean necesarias para la prestación del servicio ferroviario o bien cuando la prestación de un servicio de interés general así lo requiera. Excepcionalmente y por causas debidamente justificadas, podrá autorizarse el cruce de la zona de dominio público, tanto aéreo como subterráneo, por obras e instalaciones de interés privado.

En los supuestos de ocupación de la zona de dominio público ferroviario, el que la realizare estará obligado a la limpieza y recogida del material situado en los terrenos ocupados hasta el límite de la citada zona de dominio público, previo requerimiento del administrador de infraestructuras ferroviarias de la línea. Si no se atiende el requerimiento dentro del plazo conferido, actuará de forma subsidiaria el administrador de infraestructuras ferroviarias de la línea, mediante la realización de las necesarias labores de limpieza y recogida del material, quedando el ocupante de los terrenos obligado a resarcir los gastos en los que se hubiere incurrido por dicha actuación.

2. *En la zona de protección no podrán realizarse obras ni se permitirán más usos que aquellos que sean compatibles con la seguridad del tráfico ferroviario previa autorización, en cualquier caso, del administrador de infraestructuras ferroviarias. Éste podrá utilizar o autorizar la utilización de la zona de protección por razones de interés general, cuando lo requiera el mejor servicio de la línea ferroviaria o por razones de seguridad del tráfico ferroviario.*

.....

4. *En las construcciones e instalaciones ya existentes podrán realizarse, exclusivamente, obras de reparación y mejora, siempre que no supongan aumento de volumen de la construcción y sin que el incremento de valor que aquéllas comporten puedan ser tenidas en cuenta a efectos expropiatorios. En todo caso, tales obras requerirán la previa autorización del administrador de infraestructuras ferroviarias, sin perjuicio de los demás permisos o autorizaciones que pudieran resultar necesarios en función de la normativa aplicable.*

5. *Siempre que se asegure la conservación y el mantenimiento de la infraestructura ferroviaria, el planeamiento urbanístico podrá calificar con distintos usos, superficies superpuestas, en la rasante y el subsuelo o el vuelo, con la finalidad de constituir un complejo inmobiliario, tal y como permite la legislación estatal de suelo.*

.....

3.5. Zonificación acústica

La Ley 37/2003 del Ruido establece la necesidad de estructurar el territorio en "áreas acústicas" entendiéndose por tales, aquellas zonas del territorio que comparten idénticos objetivos de calidad acústica.

La representación gráfica de las áreas acústicas sobre el territorio dará lugar a la cartografía de los objetivos de calidad acústica. En la ley, los mapas resultantes de esta representación gráfica se conciben como un instrumento importante para facilitar la aplicación de los valores límite de emisión e inmisión que ha de determinar el Gobierno. En cada área acústica, deberán respetarse los valores límite que hagan posible el cumplimiento de los correspondientes objetivos de calidad acústica.

Volumen: Memoria

De acuerdo al artículo 4 de la Ley 37/2003, la delimitación de estas áreas es competencia del órgano que, en su caso, decida la normativa autonómica recayendo en la totalidad de los casos en las administraciones locales. Su caracterización y delimitación responde al uso predominante del suelo, según los tipos que previamente determinen las comunidades autónomas al incorporar este desarrollo reglamentario. Al menos deberán recogerse las siguientes diferenciaciones:

- ✓ Área acústica tipo a: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- ✓ Área acústica tipo b: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- ✓ Área acústica tipo c: Sectores del territorio con predominio del suelo de uso recreativo y de espectáculos.
- ✓ Área acústica tipo d: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en áreas acústicas tipo "c".
- ✓ Área acústica tipo e: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.
- ✓ Área acústica tipo f: Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.
- ✓ Área acústica tipo g: Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

Ninguno de los municipios implicados en la realización de este estudio consta la existencia de zonificaciones acústicas elaboradas de acuerdo a los requisitos establecidos por la Ley 37/2003 del Ruido.

3.6. Objetivos de calidad acústica a verificar

Del análisis de las diferentes normativas de aplicación se desprende una disparidad de criterios a la hora de establecer los índices de ruido y los periodos horarios a estudiar entre la normativa estatal, la autonómica o la local.

Entre los objetivos principales del Real Decreto 1367/2007 figura el establecimiento de unos criterios de valoración homogéneos de los niveles sonoros asociados a las infraestructuras de transporte. Por otra parte, hay que tener en cuenta que la infraestructura objeto de estudio es

Pág. 11

de competencia estatal, y que la normativa autonómica y local debe estar adaptada a las exigencias de la Ley 37/2003 (no se olvide que esta norma cumple, entre otros, el objetivo de trasponer al derecho interno la Directiva sobre Ruido Ambiental).

Según lo anterior, se considera que la normativa de referencia a cumplir en este estudio es la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, y los Reales Decretos de desarrollo antes mencionados.

La metodología de evaluación considera el análisis de tres indicadores Ld, Le y Ln cuya definición se remite al Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, como:

- ✓ **Ld (Índice de ruido día):** es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A, definido en la norma ISO 1996-2:1987, determinado a lo largo de todos los períodos día (7-19 horas) de un año.
- ✓ **Le (Índice de ruido tarde):** es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A, definido en la norma ISO 1996-2:1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde (19-23 horas) de un año.
- ✓ **Ln (Índice de ruido noche):** es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A, definido en la norma ISO 1996-2: 1987 determinado a lo largo de todos los períodos noche (23-7 horas) de un año.

De acuerdo al artículo 14 del Real Decreto 1367/2007, las áreas acústicas delimitadas, de acuerdo a lo establecido en el apartado anterior, deberán tender a alcanzar los objetivos de calidad acústica que se indican en la tabla A del Anexo II, modificados por el Real Decreto 1038/2012.

Tabla 3.1. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes

Área acústica	Índices de ruido		
	Ld	Le	Ln
Tipo e: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
Tipo a: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
Tipo d: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en áreas acústicas tipo "c"	70	70	65
Tipo c: Sectores del territorio con predominio del suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
Tipo b: Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
Tipo f: Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen (1)	(2)	(2)	(2)
Tipo g: Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

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

(2) En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se superarán los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de áreas acústicas colindantes con ellos

Fuente: Tabla A del Anexo II del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, posteriormente modificados por el Real Decreto 1038/2012

La superación de los objetivos de calidad arriba descritos constituirá el criterio de actuación prioritaria en el planteamiento de los Planes de Acción contra el ruido.

4. RESUMEN DEL MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO

4.1. Descripción de la U.M.E.

El presente estudio se centra sobre la U.M.E. 05_02: Torrelavega–Santander integrada en el Lote Nº5, Red de Ancho Métrico, correspondiente al Cartografiado Estratégico de Ruido de los Grandes Ejes Ferroviarios. Fase II.

El trazado ferroviario se encuentra en Cantabria, entre los municipios de Torrelavega y Santander.



Ilustración 4.1. Ámbito geográfico de estudio de la U.M.E. 05_02: Torrelavega–Santander

Fuente: Elaboración propia

La longitud de la línea ferroviaria desde el punto inicial, Torrelavega, hasta el punto final, Santander, es de 26 km. El trazado ferroviario consta de dos tramos, incluidos en el documento de tramificación de la red administrada por Adif y Adif AV, CIRTRA.

Tabla 4.1. Tramificación de la U.M.E. 05_02: Torrelavega–Santander

Nombre Tramo	Código Tramo
Torrelavega– Valdecilla La Marga	087700140
Valdecilla La Marga–Santander	087700150

Fuente: Adif

A continuación se incluye una breve descripción de los tramos que componen esta U.M.E.

El primer tramo se inicia en la estación de trenes de RAM de Torrelavega en la Avenida de Menéndez Pelayo en el centro de Torrelavega y finaliza en la estación de trenes de RAM de Valdecilla situada en el Polígono Industrial de Candina en la cual la entrada a la estación es por la calle Jerónimo Sainz de la Maza. La longitud del tramo aproximada es de 1,54 km.

El segundo tramo se inicia en la estación de trenes de Valdecilla situada en el Polígono Industrial de Candina, y finaliza en la estación de trenes de Santander situada en la zona sur de la ciudad de Santander próximo a la Bahía de Santander. La longitud del tramo aproximada es de 24,10 km.

Toda la UME consta de dos vías, una por sentido de circulación. El ancho de vía es de 1 metro entre las caras internas de los raíles, que es el denominado "ancho métrico". La vía es carril continuo con traviesa de cemento sobre balasto para la mayoría del trazado.

En el recorrido del ferrocarril a lo largo de esta U.M.E. existen 13 estaciones de paso, en las cuales efectúan paradas los trenes de Cercanías, mientras que los Regionales, Especiales, Turísticos y Mercancías lo hacen sólo en algunas de ellas.

La línea discurre totalmente en superficie.

4.2. Resultados del Mapa Estratégico de Ruido

La definición de «Mapa Estratégico de Ruido» (MER) responde a una representación diseñada para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada o para realizar en ella predicciones globales.

El análisis realizado se basa en la obtención de una serie de indicadores que reflejan los valores de superficie y población expuesta bajo una metodología de medición concreta. De este modo,

la propia Directiva 2002/49/CE y su transposición a la normativa estatal descrita fija la evaluación de acuerdo a los indicadores Lden y Ln para unos rangos concretos. Debido a la interrelación de los resultados con la evaluación del cumplimiento de la normativa vigente, la representación de los MER se completó con el análisis complementario de los indicadores Ld y Le.

Desde el punto de vista cualitativo, una de las primeras conclusiones derivadas del estudio era que la mayoría de zonas de conflicto para los distintos periodos y en cada municipio estudiado, se corresponden con las fachadas más expuestas de la primera línea de viviendas situadas próximas al ferrocarril.

Cuantitativamente, los resultados de exposición obtenidos a lo largo de los kilómetros cartografiados en el MER se incluyen en las siguientes tablas.

4.2.1. Población expuesta a niveles sonoros

A continuación se incluyen los datos de **población total expuesta de la U.M.E.**, es decir, el número total de personas expresado, en centenas para los datos globales cuya vivienda está expuesta a cada uno de los rangos siguientes de valores de Lden, Ln, Ld y Le, en dBA, a una altura de 4 metros.

Tabla 4.2. Número total de personas expuestas (en centenas)

Rango	Lden	Ln	Ld	Le
50-54	-	8	-	-
55-59	9	2	6	5
60-64	5	1	1	1
65-69	1	0	0	0
70-74	0	0	0	0
≥75	0	-	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente se muestra el **número de personas expuestas fuera de las aglomeraciones**. Para su cálculo, se ha tenido en cuenta que la delimitación de las aglomeraciones corresponde a la información suministrada al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente por parte de los municipios o consejerías (en el caso de aglomeraciones supramunicipales) que se vean afectadas por la realización del cartografiado estratégico de ruido.

Tabla 4.3. Número de personas expuestas (en centenas) fuera de aglomeración

Rango	Lden	Ln	Ld	Le
50-54	-	7	-	-
55-59	7	2	5	5
60-64	5	1	1	1
65-69	1	0	0	0
70-74	0	0	0	0
≥75	0	-	0	0

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Cuantificación de superficie, viviendas y población. Niveles de afección

En la siguiente tabla se muestra la distribución de la superficie expuesta a niveles de Lden superiores a 55, 65 y 75 dB en toda la UME. También se indica el número total de viviendas y personas, expresado en centenas, y el número de edificios de uso sanitario o docente expuestos a los citados valores de Lden.

Tabla 4.4. Superficie, viviendas, población y edificaciones sensibles expuestas a niveles de afección

Lden (dB)	Superficie (km ²)	Viviendas (centenas)	Nº Personas (centenas)	Edificios uso sanitario (unidades)	Edificios uso docente (unidades)
>55	3,06	6	16	0	1
>65	1,04	1	1	0	1
>75	0,05	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Edificios sensibles

Para valorar los posibles edificios sensibles (centros educativos y sanitarios) expuestos, se tomó como indicadores de referencia los niveles de Ld>60 dBA y Le>60 dBA para los edificios de uso docente y los niveles Ld>60dBA, Le>60dBA y Ln>50dBA para los edificios de uso sanitario, resultando potencialmente afectados los indicados en la siguiente tabla.

Tabla 4.5. Equipamientos sensibles expuestos

Tipo	Nombre	Municipio	Tramo	Nº usuarios
Docente	I.E.S. Alberto Pico	Santander	087700150	450

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Zonas de rebase OCA

En el MER se definieron las zonas de rebase de objetivos de calidad acústica (OCA) como aquellas en las que es prioritaria la definición de un Plan de Acción que reduzca los niveles de inmisión obtenidos como consecuencia de la operación ferroviaria.

Para la determinación de las zonas de rebase se utilizó el criterio de verificar la superación de los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre del 2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, del Ruido.

En la siguiente tabla se recogen los objetivos de calidad acústica para los distintos tipos de área analizada, esto es, residencial, docente y sanitaria y para los tres periodos de evaluación considerados.

Tabla 4.6. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes

Tipo de acústica	Índices de ruido		
	Ld	Le	Ln
Tipo e "uso sanitario o docente"	60	60	50
Tipo a "uso predominantemente residencial"	65	65	55

Fuente: Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre

La definición de las zonas que verifican esta condición se realizó de acuerdo a los siguientes criterios:

- ✓ Para el **uso residencial** se seleccionó el valor más desfavorable obtenido para cada uno de los índices evaluados Ld, Le y Ln.
- ✓ Para el **uso docente** se seleccionó el valor más desfavorable obtenido para los índices evaluados Ld y Le.
- ✓ Para el **uso sanitario** se consideraron la totalidad de los indicadores, es decir, tanto el Ld, como Le o Ln.

Las zonas de rebase son aquellas en donde se han superado los objetivos de calidad acústica descritos en la tabla anterior para los índices mencionados.

De este modo, los límites aplicables se compararon con los niveles de ruido calculados a cuatro metros sobre el nivel del suelo, a través tanto de una malla de cálculo como de receptores individuales ubicados a esa misma altura. A continuación se indican todas las zonas de rebase definidas en el MER como resultado de sobrepasar los límites exigidos a 4 metros sobre el suelo para las distintas tipologías acústicas analizadas y en el periodo más desfavorable.

Tabla 4.7. Zonas de rebase

Municipio	Zona de rebase	Localización
Santander	05_02_Santander_01	Colegio IES Alberto Picó
	05_02_Santander_02	Edificios residenciales Este de Santander
	05_02_Santander_03	Zona residencial viviendas unifamiliares Este de Santander
	05_02_Santander_04	Zona residencial viviendas unifamiliares Este de Santander
	05_02_Santander_05	Edificios residenciales Este de Santander
	05_02_Santander_06	Unifamiliares aisladas al Este de Santander
	05_02_Santander_07	Grupo de unifamiliares aisladas al Este de Santander
Santa Cruz de Bezana	05_02_Santa-Cruz-Bezana_01	Unifamiliares aisladas al Oeste de Santa Cruz de Bezana
	05_02_Santa-Cruz-Bezana_02	Edificios residenciales centro de Santa Cruz de Bezana
	05_02_Santa-Cruz-Bezana_03	Unifamiliares aisladas al Este de Santa Cruz de Bezana
Piélagos	05_02_Pielagos_01	Residenciales unifamiliares adosadas en la pedanía de Boo
	05_02_Pielagos_02	Residenciales unifamiliares adosadas en la pedanía de Boo
Miengo	05_02_Miengo_01	Unifamiliares aisladas pedanía de Gornazo
Polanco	05_02_Polanco_01	Residenciales unifamiliares en la pedanía de Mar
	05_02_Polanco_02	Zona residencial al Norte de Barreda

Municipio	Zona de rebase	Localización
Torrelavega	05_02_Torrelavega_01	Residenciales unifamiliares al Norte de la pedanía de Barreda
	05_02_Torrelavega_02	Residenciales unifamiliares al Norte de la pedanía de Barreda
	05_02_Torrelavega_03	Edificios residenciales Sur de Barreda
	05_02_Torrelavega_04	Edificios residenciales Sur de Barreda

Fuente: Elaboración propia

Las zonas de rebase seleccionadas en el MER serán analizadas con detalle en el Plan de Acción de la Fase II.

5. ZONAS DE ESTUDIO DEL PLAN DE ACCIÓN

El Plan de Acción objeto del presente estudio parte de los resultados obtenidos en la fase II del MER descritos en el apartado anterior. Así, una vez localizadas las zonas de rebase OCA identificadas en el MER, éstas serán descritas y estudiadas en profundidad para permitir alcanzar el detalle requerido de la problemática existente en cada una de ellas.

5.1. Delimitación de las zonas de estudio

Tal y como se ha comentado, la selección de las zonas de rebase OCA es el resultado de un largo proceso que parte de la elaboración de los mapas estratégicos de ruido.

Una vez localizadas las zonas de rebase OCA definidas en el MER, se va a tratar de agruparlas en un ámbito de estudio común que constituirán las zonas de estudio del Plan de Acción.

En este caso se han incluido en las zonas de actuación, todas las zonas de rebase definidas en el MER como resultado de sobrepasar los límites exigidos a 4 metros sobre el suelo para las distintas tipologías acústicas analizadas y en el periodo más desfavorable.

Estas zonas de estudio van a ser simuladas mediante un software de predicción acústica, pero considerando mayor detalle que el asumido en los trabajos del MER. Por ello es necesario ampliar la zona estrictamente implicada en el análisis para permitir los cálculos con el margen de seguridad preciso.

Con los resultados obtenidos se ha determinado que una distancia de 200 m a cada lado del eje ferroviario es adecuada para los cálculos a realizar. Además en los extremos del eje de cada tramo también se aporta un margen de seguridad para garantizar la correcta finalización de las isófonas.

5.2. Datos de partida complementarios

Para completar la caracterización de las zonas de estudio es necesario contar con una información complementaria que permita conocer la problemática existente en cada una de las zonas de rebase OCA teniendo en consideración la opinión pública, a través de las alegaciones realizadas al periodo de información pública de los MER y el inventario de quejas remitidas y

contestadas por ADIF/ADIF AV, así como la existencia de medidas protectoras ya ejecutadas en la actualidad o previstas en el futuro tanto por ADIF como por el Ministerio de Fomento.

5.2.1. Alegaciones recibidas al proceso de información pública

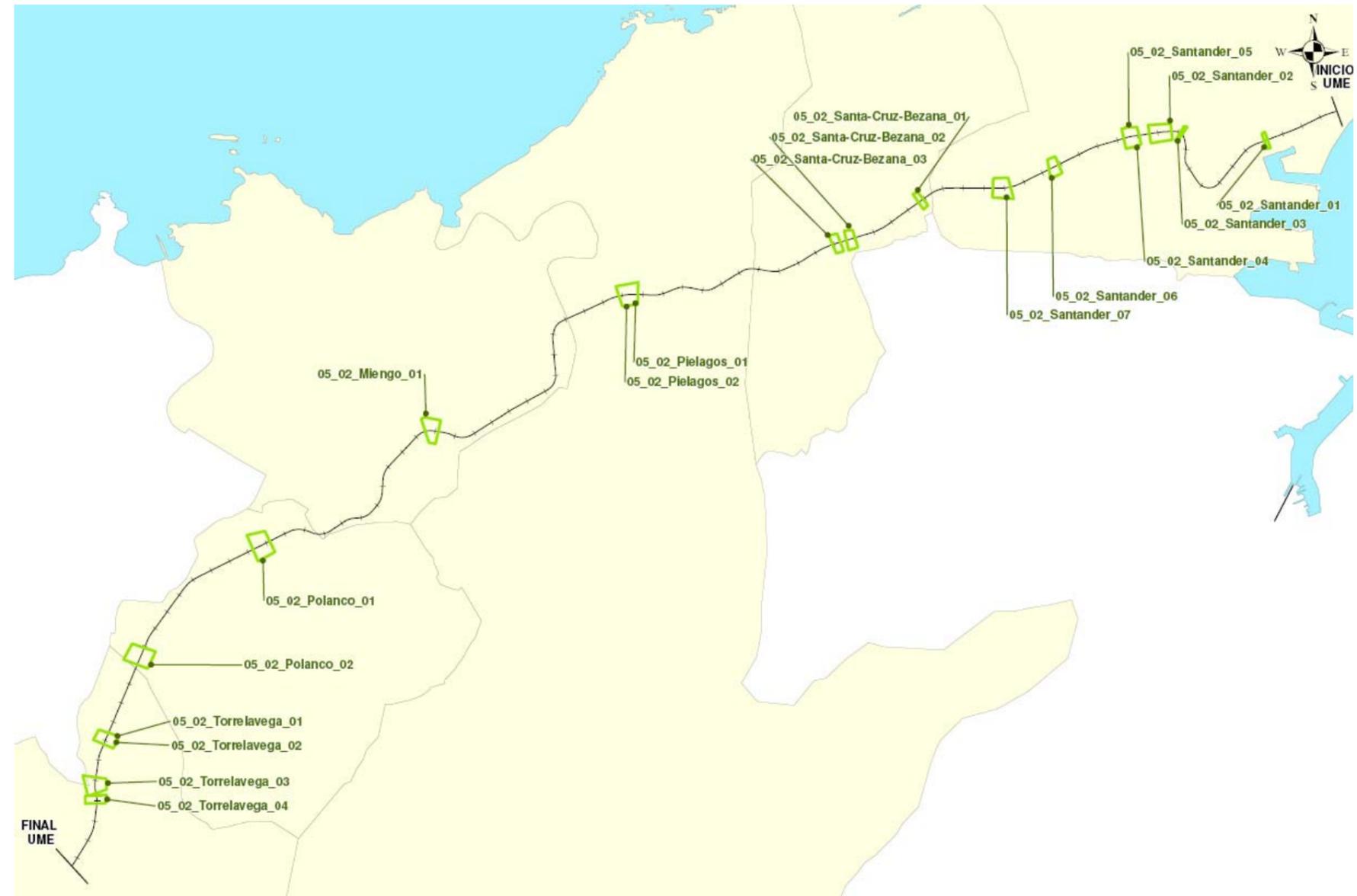
Tal y como se establece en el artículo 4 del Real Decreto 1513/2005, los Mapas Estratégicos de Ruido se sometieron a información pública por espacio de un mes. Transcurrido este periodo, en el Ministerio de Fomento, no se recibieron alegaciones sobre la información recogida en la U.M.E. objeto del presente proyecto.

En el Anexo I Planos se pueden consultar las zonas que han sido objeto de estudio en el presente Plan de Acción.

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE REBASE DEL MER:

Municipio	Zona de rebase
Santander	05_02_Santander_01
	05_02_Santander_02
	05_02_Santander_03
	05_02_Santander_04
	05_02_Santander_05
	05_02_Santander_06
	05_02_Santander_07
Santa Cruz de Bezana	05_02_Santa-Cruz-Bezana_01
	05_02_Santa-Cruz-Bezana_02
	05_02_Santa-Cruz-Bezana_03
Pielagos	05_02_Pielagos_01
	05_02_Pielagos_02
Miengo	05_02_Miengo_01
Polanco	05_02_Polanco_01
	05_02_Polanco_02
Torrelavega	05_02_Torrelavega_04
	05_02_Torrelavega_04
	05_02_Torrelavega_04
	05_02_Torrelavega_04



6. METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Tal y como se ha descrito en apartados anteriores, las zonas de estudio delimitadas y su caracterización derivan de los resultados obtenidos en la Fase II del cartografiado estratégico de ruido, de las quejas inventariadas en ADIF/ADIF AV y en las alegaciones resultantes del trámite de Información Pública. Sin embargo, se ha considerado necesaria la evaluación acústica de estas zonas con un mayor nivel de detalle, de tal forma que se pueda conocer con más profundidad la problemática existente.

Las variaciones principales a considerar en la nueva modelización consisten en el empleo de cartografías de mayor detalle así como la evaluación de los resultados en todas las alturas de los edificios expuestos. Así, el grado de cumplimiento de la legislación aplicable se realiza para todos los receptores potenciales y no únicamente en los valores correspondientes a cuatro metros de altura, como se hizo en la Fase II del MER.

A continuación se describen tanto la metodología de cálculo seguida, así como los resultados obtenidos tras la aplicación de la misma.

6.1. Características del modelo de cálculo

Para todas las modelizaciones incluidas en este estudio se ha empleado el Método nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado como "Reken – en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96", ("Guías para el cálculo y medida del ruido de transporte ferroviario 1996") por el Ministerio de Vivienda, Planificación Territorial, 20 de noviembre 1996, recomendado por la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental en su Anexo II, y por el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Los cálculos a realizar por este método son función de una serie de aspectos detallados a continuación.

CÁLCULO DE LA PROPAGACIÓN ACÚSTICA

La metodología empleada contempla el método de cálculo de propagación SRM II en bandas de octava. Para el cálculo de los niveles continuos equivalentes L_{Aeq} se emplea la siguiente expresión:

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\frac{\Delta L_{eq,i,j,n}}{10}}$$

Donde $\Delta L_{eq,i,j,n}$ especifica la contribución en una banda de octava (código i) de un sector (código j) por parte de un punto fuente (código n). Incluye los siguientes valores:

$$\Delta L_{eq,i,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R$$

donde:

- ✓ L_E es el valor de emisión por altura de fuente y octava de banda.
- ✓ ΔL_{GU} es la atenuación debida a la distancia.
- ✓ ΔL_{OD} es la atenuación debida a la propagación.
- ✓ ΔL_{SW} es el efecto pantalla, si se considera.
- ✓ ΔL_R es la atenuación debida a reflexiones, si existe.

A continuación se describe cada uno de ellos.

CÁLCULO DE LOS NIVELES DE EMISIÓN GLOBALES EN dB(A) POR FUENTE (L_E)

La fórmula de cálculo de niveles globales de emisión en dB(A) se basa en la siguiente expresión:

$$L_E = 10 \cdot \log \left(\sum_{c=1}^y 10^{\frac{E_{nr,c}}{10}} + \sum_{c=1}^y 10^{\frac{E_{r,c}}{10}} \right)$$

donde:

- ✓ $E_{nr,c}$: Contribución de emisión por categoría de vehículos sin frenado.
- ✓ $E_{r,c}$: Contribución de emisión por categoría de vehículos con frenado.

- ✓ c: Categoría de trenes.
- ✓ y: Número de categorías presentes en el estudio.

Para la definición de los niveles de presión sonora continua equivalente, todos los vehículos que utilizan una línea ferroviaria concreta deben ser clasificados entre 9 categorías definidas en el método en función a su naturaleza, velocidad y tipología de frenado.

Otros factores que intervienen en los niveles de emisión por categoría de vehículo, $E_{n,r,c}$ y $E_{r,c}$, son:

- ✓ Velocidad media de los trenes por categoría.
- ✓ Tipología de la infraestructura en lo relativo a los sistemas de fijación de carril.

DIVERGENCIA GEOMÉTRICA. ATENUACIÓN DEBIDA A LA DISTANCIA (L_{GU})

Los parámetros considerados para evaluar el factor de propagación son:

- ✓ Distancia entre los focos emisor y receptor medida en base a la mínima distancia.
- ✓ Ángulo de visión entre el área receptora y la fuente emisora.

ATENUACIÓN DEBIDA A LA PROPAGACIÓN (L_{0D})

Los factores que tienen influencia en el modelo son:

- ✓ Atenuación por absorción del aire.
- ✓ Atenuación por efectos del tipo de suelo (valor de 0 para superficies no absorbentes o 1 en el caso de superficies absorbentes).
- ✓ Factores de corrección meteorológicas.

ATENUACIÓN POR EFECTO PANTALLA (L_{SW})

Permite modelizar el efecto pantalla ejercido por cualquier obstáculo en la propagación del ruido para lo cual es necesario adjuntar una descripción completa del obstáculo así como sus parámetros acústicos.

ATENUACIÓN POR REFLEXIÓN (L_R)

Esta atenuación se determina en función del factor de reflexión de los objetos a considerar.

6.2. Escenario de simulación y configuración del cálculo

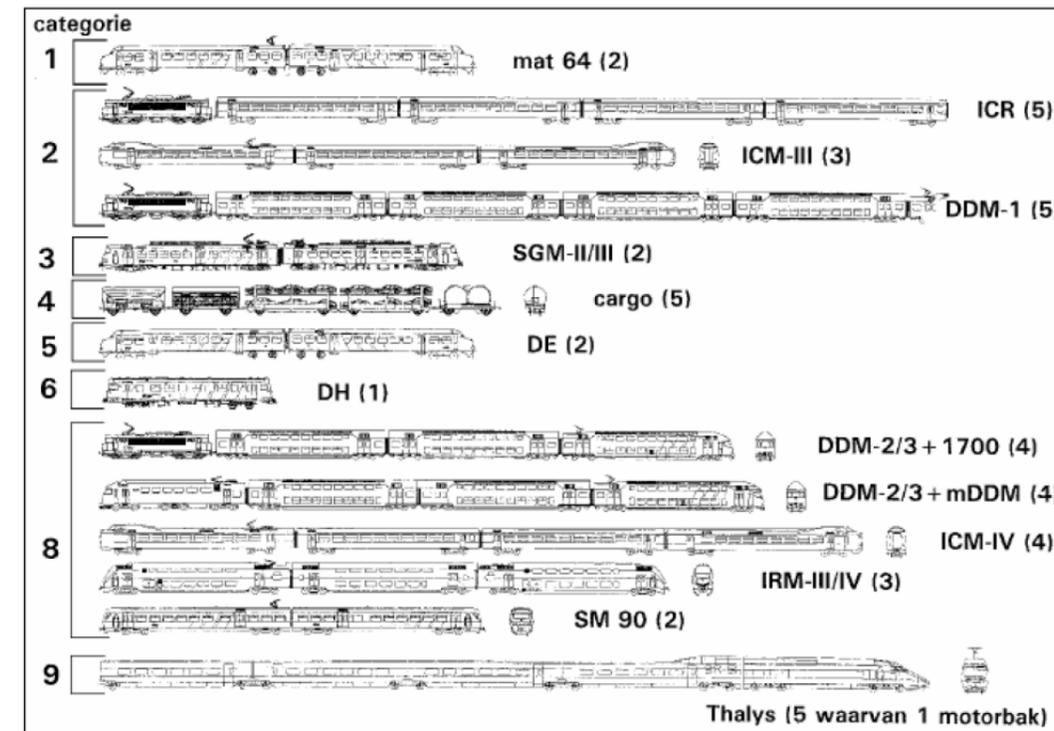
Para la aplicación del método en el programa de simulación es necesario conocer una serie de parámetros destinados a caracterizar el medio emisor. A continuación se detallan los parámetros básicos que deben ser definidos.

CARACTERIZACIÓN Y EQUIVALENCIA DE LOS TRENES

Para caracterizar el foco emisor deben definirse la composición de los trenes que operan en la línea (locomotora y número de vagones), el número de operaciones que realizan en un día tipo así como el periodo horario en el que éstas tienen lugar.

El método holandés contempla sus propias categorías de trenes, las cuales se muestran en la siguiente ilustración.

Ilustración 6.1. Categorías de trenes según el método holandés



Fuente: Manual de usuario del CadnaA

Para la introducción de datos en el modelo, debe considerarse la equivalencia existente entre la categoría de trenes que operan en el tramo analizado y las categorías del método.

Esta equivalencia se realiza a partir del documento "Caracterización de la emisión de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español", de ADIF, mediante el cual, es posible elaborar una correspondencia entre el tren holandés y el español y después determinar el número de vagones y locomotoras del mismo. La entrada de datos al programa se realiza en estos términos.

A continuación se recoge mediante tablas la equivalencia entre los trenes holandeses y los españoles. Se especifica el número general de vagones característico, la velocidad máxima, así como la categoría acústica de equivalencia con el programa de simulación.

Tabla 6.1. Caracterización de los trenes de cercanías

Cercanías	Frenos	Tipo de motor	V máx. (Km/h)	Nº de coches	Categoría acústica	
Cercanías serie 440	100% DISCO	Eléctrico	140	3	8	
				6		
Cercanías serie 447	100% DISCO	Eléctrico	120	3	8	
				6		
Cercanías serie 446	100% DISCO	Eléctrico	100	3	8	
				6		
Cercanías serie 450 y 451	100% DISCO	Eléctrico	140	6	V≤60 Km/h	V>60 Km/h
				3	2	5
Otros cercanías (1 altura)	100% DISCO	Eléctrico	Variable	3	8	
				6		
CIVIA	100% DISCO	Eléctrico	120*	5	8	

*Puede alcanzar 160 Km/h

Fuente: Documento "Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español", ADIF

Tabla 6.2. Caracterización de los trenes regionales

Regionales	Frenos	Tipo de motor	V máx. (Km/h)	Nº de coches	Categoría acústica
Regional diésel	100% DISCO	Diésel	120	3	8
				6	
Regional eléctrico	100% DISCO	Eléctrico	140-160	3	8
				6	

Fuente: Documento "Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español", ADIF

Tabla 6.3. Caracterización de los trenes de mercancías

Mercancías	Frenos	Tipo de motor	V máx. (Km/h)	Nº de vagones	Categoría acústica	
Mercancías	10% DISCO	Eléctrico	100	Variable	V≤70 Km/h	V>70 Km/h
	90% ZAPATA	Diésel			4	5

Fuente: Documento "Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español", ADIF

Tabla 6.4. Caracterización de los trenes de media distancia

Media Distancia	Frenos	Tipo de motor	V máx. (Km/h)	Nº de coches	Categoría acústica
Alaris	100% DISCO	Eléctrico	220	3	9A
Altaria	100% DISCO	Eléctrico Diésel	220	Variable	9B
Arco	100% DISCO	Eléctrico	200	4	9A
Euromed	100% DISCO	Eléctrico	220	2M+8R	8
Intercity	100% DISCO	Eléctrico	160	Variable	8
Otros Talgos	100% DISCO	Eléctrico Diésel	180-200	Variable	8

Media Distancia	Frenos	Tipo de motor	V máx. (Km/h)	Nº de coches	Categoría acústica
Estrella (Asignación cualitativa)	90% DISCO 10%ZAPATA	Eléctrico Diésel	140-160	Variable	8
Diurno (Asignación cualitativa)	100% DISCO	Eléctrico	160	Variable	8

Fuente: Documento "Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español", ADIF

Tabla 6.5. Caracterización de los trenes de Red de Ancho Métrico

Media Distancia	Frenos	Tipo de motor	V máx. (Km/h)	Nº de coches	Categoría acústica
Serie 1000	100% ZAPATA	Eléctrico y Neumático	70	1	2
Serie 2000	100% DISCO	Diesel	80-100	1/2	2
Serie 3000	100% DISCO	Eléctrico	80-100	2/3	2

Fuente: Documento "Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español",

Tabla 6.6. Caracterización de los trenes de alta velocidad

Alta Velocidad	Descripción			Vmáx (Km/h)	Qc	Categoría acústica
	Nº locomotoras	Nº Coches auto-propulsados	Nº coches arrastrados			
S100	2	-	8	300	2	9A
S102/112	2	-	12	330	V<160 Km/h V≥160 Km/h	V<160 Km/h V≥160 Km/h

Alta Velocidad	Descripción			Vmáx (Km/h)	Qc		Categoría acústica	
	Nº locomotoras	Nº Coches auto-propulsados	Nº coches arrastrados		3,5	2,5	8	9A
S103	-	4	4	350	1,6		V<160 Km/h V≥160 Km/h	2 9A
S104	-	4	-	250	0,8			9A
Alvia S120	-	4	-	250	0,8			9A
Alvia S130	2	-	11	250		V<220 Km/h V≥220 Km/h	V<220 Km/h V≥220 Km/h	3,5 3 8 9A

Fuente: Documento "Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español", ADIF

CARACTERIZACIÓN DE LA 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. Debe establecerse una equivalencia entre la vía objeto de estudio y cada una de las categorías que se recogen en el método holandés. Para este estudio, se han recopilado las categorías más habituales del sistema ferroviario español contempladas en el método holandés, y que se recogen en la tabla siguiente.

Tabla 6.7. Tipos de vía

Tipos de vía
Vías de traviesas simples o dobles de cemento, sobre lecho de balasto
Vías con traviesas de madera sobre lecho de balasto
Vías en placa con balasto
Vía en placa
Vía llena (pasos a nivel)

Fuente: Manual de usuario del CadnaA

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 reflejadas en la tabla siguiente.

Tabla 6.8. Tipos de discontinuidades de la vía

Tipos de discontinuidades de la vía
Raíles sin juntas, con o sin cruces o cambios de vías sin juntas
Raíles con juntas, o con un cambio de vías aislado

Fuente: Manual de usuario del CadnaA

TRAMIFICACIÓN DE LA VÍA

La vía ha sido dividida en segmentos de menor tamaño con características equivalentes. Así, cuando se produce un cambio con respecto al tráfico, en volumen o tipología, a la velocidad o al tipo de vía o discontinuidad, se genera una nueva división.

Otro de los factores decisivos a la hora de tramificar es la presencia de estaciones intermedias. En este sentido, la tabla siguiente recoge los parámetros a considerar en la modelización. Indicar que para la definición de esta tabla, se ha utilizado como referencia los criterios propuestos en el documento de ADIF "**Caracterización de la emisión de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español**", modificando la tramificación para que sea simétrica a ambos lados de la estación.

Tabla 6.9. Tramificación de velocidades en estaciones intermedias

Tramo	Velocidades (Km/h)	Longitud (m)	Distancia del punto más alejado del tramo al inicio del tramo de la estación (m)
Circulación	160	-	-
Tramo 1	140	310	1.580
Tramo 2	110	310	1.270
Tramo 3	80	310	960
Tramo 4	50	400	650
Tramo 5	25	250	250
Tramo 6: Estación	10	100	-
Tramo 7	25	250	250
Tramo 8	50	400	650
Tramo 9	80	310	960
Tramo 10	110	310	1.270
Tramo 11	140	310	1.580
Circulación	160	-	-

Fuente: Documento "Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español"

En el modelo holandés se añade un foco sonoro adicional a la propia emisión del tren cuando el tren se encuentra en situación de frenada en circulación. En el citado documento se refleja que "no se utilizará el parámetro de frenado en los estudios de ruido en circulación", por lo que el parámetro de frenada no ha sido contemplado.

Se ha considerado que todos los trenes paran en todas las estaciones donde se ha tramificado conforme a la tabla anterior.

6.3. Parámetros de cálculo

El modelo de cálculo requiere, además de la definición geométrica y operacional del foco emisor, la definición de las condiciones de propagación de la señal emitida en relación al entorno en el cual se produce. Se describen a continuación los parámetros considerados para caracterizar este efecto.

6.3.1. Edificaciones

Son objeto de estudio del Plan de Acción contra el Ruido todas las edificaciones localizadas hasta 200 metros de distancia a ambos lados respecto la línea ferroviaria analizada.

Tanto para las edificaciones como para los obstáculos, se ha considerado la altura absoluta, en caso de proceder de la cartografía origen, y la relativa, para aquellas que han sido caracterizadas en la visita de campo.

Los edificios han sido considerados 100% reflectantes. Para el cálculo de los mapas sonoros se ha considerado únicamente el sonido incidente, es decir, no se ha considerado el sonido reflejado en la fachada del edificio donde se realiza la evaluación, aunque si se han considerado las reflexiones en el resto de los edificios y obstáculos presentes en el área de estudio.

Los niveles en fachada se han obtenido a todas las alturas para todos los edificios de uso residencial y usos especialmente sensibles (sanitario, docente y cultural) incluidos en las zonas de actuación analizadas.

6.3.2. Presencia de elementos influyentes en la propagación

Se ha elaborado un inventario de todas aquellas pantallas acústicas y/o muros presentes en las zonas de actuación. Éstos han sido caracterizados tanto geoméricamente como acústicamente de acuerdo al material con el cual fueron ejecutados. Su efecto ha sido reproducido en la simulación, definiendo el grado de absorción a ambos lados de la pantalla.

6.3.3. Condiciones de propagación

TERRENO

En el modelo del terreno se han considerado las líneas de terreno como elementos difractantes.

En el propio terreno se han definido distintos valores para el coeficiente de absorción. En términos generales se considera el terreno como absorbente ($G=1$) y se han definido zonas reflectantes ($G=0$) para aquellas densamente urbanizadas, aparcamientos, masas de agua así como alguna zona concreta adecuadamente justificada.

DISTANCIA MÍNIMA DE PROPAGACIÓN

Se ha considerado una distancia de propagación de 2.000m con respecto al foco emisor.

ORDEN DE REFLEXIÓN

Se ha considerado un orden de reflexión de uno para todos los cálculos.

CONDICIONES METEOROLÓGICAS

En relación a las condiciones meteorológicas, se han seguido las recomendaciones fijadas en el documento "Caracterización de la emisión de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español", de ADIF, estableciéndose una temperatura y humedad constantes de 15°C y 70% respectivamente.

Para considerar la influencia de las variaciones de las condiciones meteorológicas en la propagación se han adoptado las recomendaciones que establece la Comisión Europea (WG-AEN): condiciones 100% favorables para el periodo noche, un 75% para la tarde y un 50% para el día. Estos valores son trasladados al método holandés mediante el parámetro C_0 , que toma el valor 2 para el periodo día, 1,5 para la tarde y 0 para la noche.

7. DATOS DE PARTIDA

7.1. Datos cartográficos

Para la definición del modelo digital del terreno se ha utilizado como cartografía base disponible a través del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica), que cuenta con mapas a escala 1:25000 georreferenciados en tres dimensiones.

Las series cartográficas se han realizado sobre la proyección UTM huso 30N, utilizando el sistema de proyección ETRS89_UTM (según cartografía disponible). La equidistancia entre curvas de nivel es de 10 m.

7.2. Datos superestructura

Con carácter general, la estructura de vía presente a lo largo del recorrido de los tramos estudiados, se corresponde con traviesas de cemento en balasto.

7.3. Datos de tráfico ferroviario

Los datos de tráfico ferroviario que se han tomado como punto de partida para la elaboración del tráfico existente en esta U.M.E. han sido suministrados por ADIF a partir del documento CIRTRA correspondiente al año 2011 editado por la Dirección Ejecutiva de Circulación de ADIF, y coinciden con el tráfico utilizado para la elaboración de la Fase II del MER.

Los datos básicos facilitados han sido las circulaciones medias semanales en cada tramo considerado para cada tipo de tren, así como la distribución horaria de circulaciones de cada tipo de tren en dichos tramos a lo largo de un periodo de 24 horas.

La Intensidad Media Diaria introducida en los modelos de simulación puede ser considerada por sentido de circulación, desdoblado la plataforma. En tramos de vía donde no existe desdoblamiento de la plataforma, la IMD introducida es la correspondiente a la suma de los dos sentidos de circulación.

A partir del análisis realizado con los datos extraídos se determina además el número de operaciones por periodo, que es el dato de entrada en el modelo de simulación:

- Numero de trenes por sentido de circulación durante el periodo día.

- Numero de trenes por sentido de circulación durante el periodo tarde.
- Numero de trenes por sentido de circulación durante el periodo noche.

Unidad Mapa	UME	SENTIDO	TRAMO	INICIO	FINAL	LONGITUD (Km)	LONGITUD UME (Km)
2	Línea FEVE Oviedo - Santander	Santander - Torrelavega	1	Estación de trenes de "Santander"	Estación de trenes "Valdecilla"	1,54	26
			2	Estación de trenes "Valdecilla"	Apeadero de trenes "Cazoña"	1,9	
			3	Apeadero de trenes "Cazoña"	Estación de trenes "Adarzo"	1,16	
			4	Estación de trenes "Adarzo"	Estación de trenes "Bezana"	3,91	
			5	Estación de trenes "Bezana"	Estación de trenes Mortera	1,64	
			6	Estación de trenes Mortera	Estación de trenes "Boo de Piélagos"	2,38	
			7	Estación de trenes "Boo de Piélagos"	Estación de trenes "Mogro"	1,48	
			8	Estación de trenes "Mogro"	Apeadero de trenes "Gornazo"	3,35	
			9	Apeadero de trenes "Gornazo"	Estación de trenes "Mar"	2,48	
			10	Estación de trenes "Mar"	Estación de trenes "Requejada"	1,63	
			11	Estación de trenes "Requejada"	Estación de trenes "Barreda"	2,24	
			12	Estación de trenes "Barreda"	Estación de trenes "Torrelavega"	2,71	

7.4. Datos de velocidades de circulación

La velocidad considerada, es la velocidad máxima de circulación permitida por la vía en el tramo estudiado, y en los casos puntuales en los cuales la velocidad de paso no se alcanza esta velocidad máxima se ajusta a la situación real.

7.5. Datos de población y uso de los edificios

La U.M.E. 05_02: Torrelavega-Santander discurre por los municipios de Santander, Santa Cruz de Bezana, Piélagos, Miengo, Polanco y Torrelavega, encontrándose muy próxima a zonas urbanas, industriales, empresariales, etc..... El ámbito es urbano en el entorno de las estaciones de Santander y Torrelavega, y el resto con usos compartidos industriales y de viviendas dispersas.

Respecto a la tipología de viviendas a lo largo del tramo, predominan las edificaciones de tipo residencial, comercial e industrial, etc., siendo lo más representativo las viviendas unifamiliares dispersas.

Los datos de población empleados en el presente estudio han sido obtenidos a través del Instituto Nacional de Estadística (INE) y corresponden a las secciones censales del 1 de enero de 2011. Dicha población será asignada a cada edificio y fachada mediante la utilización de una herramienta de cálculo informático disponible en el software CadnaA.

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

8. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA POBLACIÓN EXPUESTA

Para el cálculo de la población expuesta, se ha variado ligeramente el criterio empleado en la Fase II del MER. En este caso, la metodología se basa en los siguientes puntos:

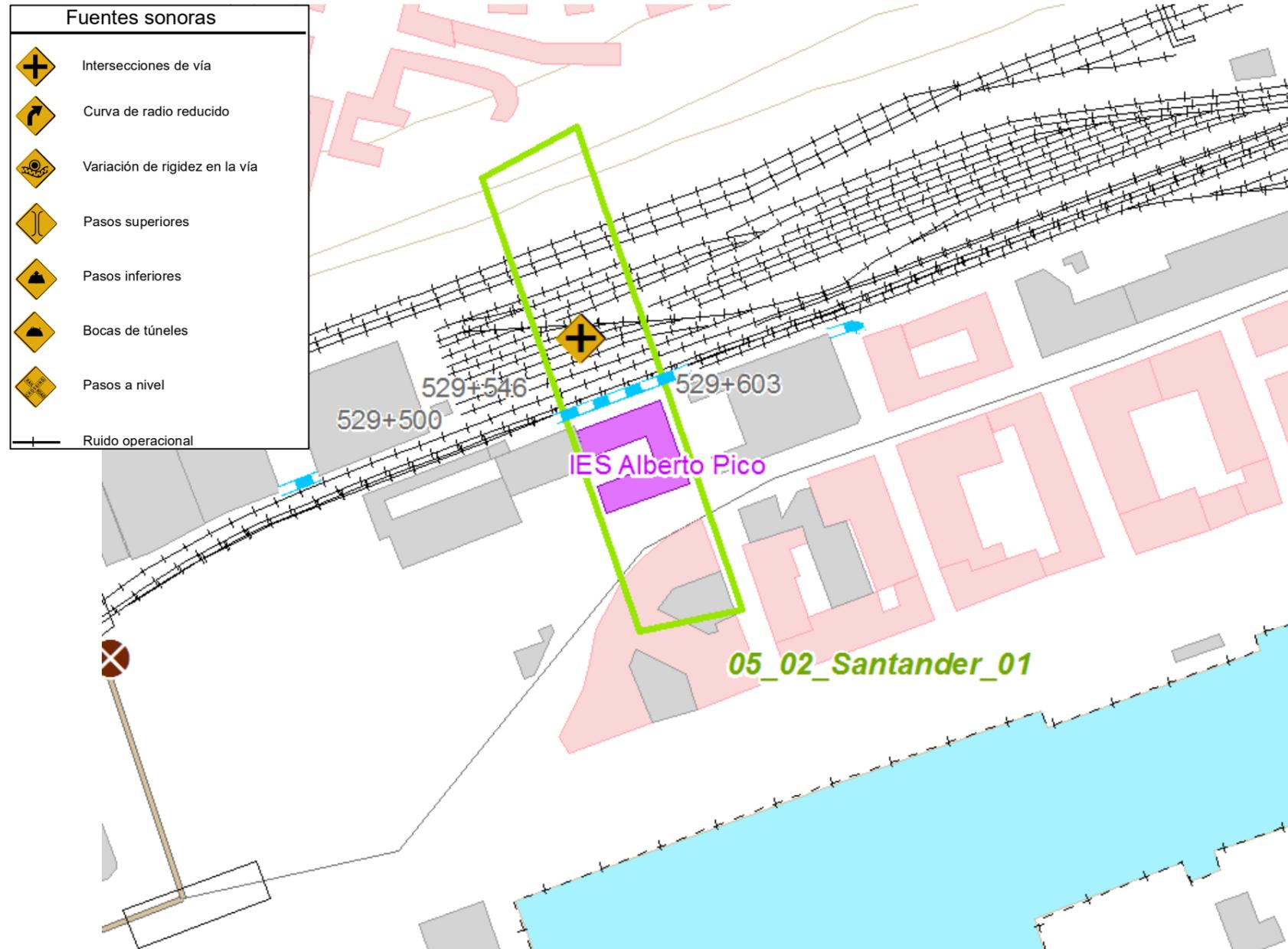
- ✓ Se ha distribuido la población global del edificio en la totalidad de las alturas y en todo su perímetro, obteniendo así el número de personas por metro lineal de fachada.
- ✓ Se han dispuesto puntos receptores a lo largo de todas las alturas de los edificios, a los cuales se les ha asignado una longitud de fachada, y por derivación una población.
- ✓ A cada punto receptor se le ha asignado un intervalo de niveles sonoros en el cual se encuentra el valor de nivel de ruido obtenido en la modelización para cada indicador.

9. EVALUACIÓN ACÚSTICA DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

A continuación se realiza un análisis en detalle de cada una de las zonas de estudio propuestas en el apartado 5. *Zonas de estudio del Plan de Acción* del presente documento.

Para cada zona de estudio se analizarán los siguientes aspectos:

- ✓ Se describe la **caracterización física y operacional de la línea** describiendo la superestructura de la vía, el material de vía instalado y la caracterización del material rodante en la zona de actuación.
- ✓ Se localizan los **elementos singulares** detectados en cada una de las zonas de estudio. Las fuentes de ruido caracterizadas en base a los elementos singulares son las siguientes:
 - Intersecciones de vía.
 - Curvas de radio reducido.
 - Variación de rigidez en la vía.
 - Pasos superiores e inferiores.
 - Pasos a nivel.
 - Bocas de túneles.



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo urbano en superficie con vía a nivel. Existencia de numerosos pasos superiores e inferiores para asegurar la permeabilidad territorial del tramo.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santander_01

INVENTARIO ELEMENTOS SINGULARES DETECTADOS.

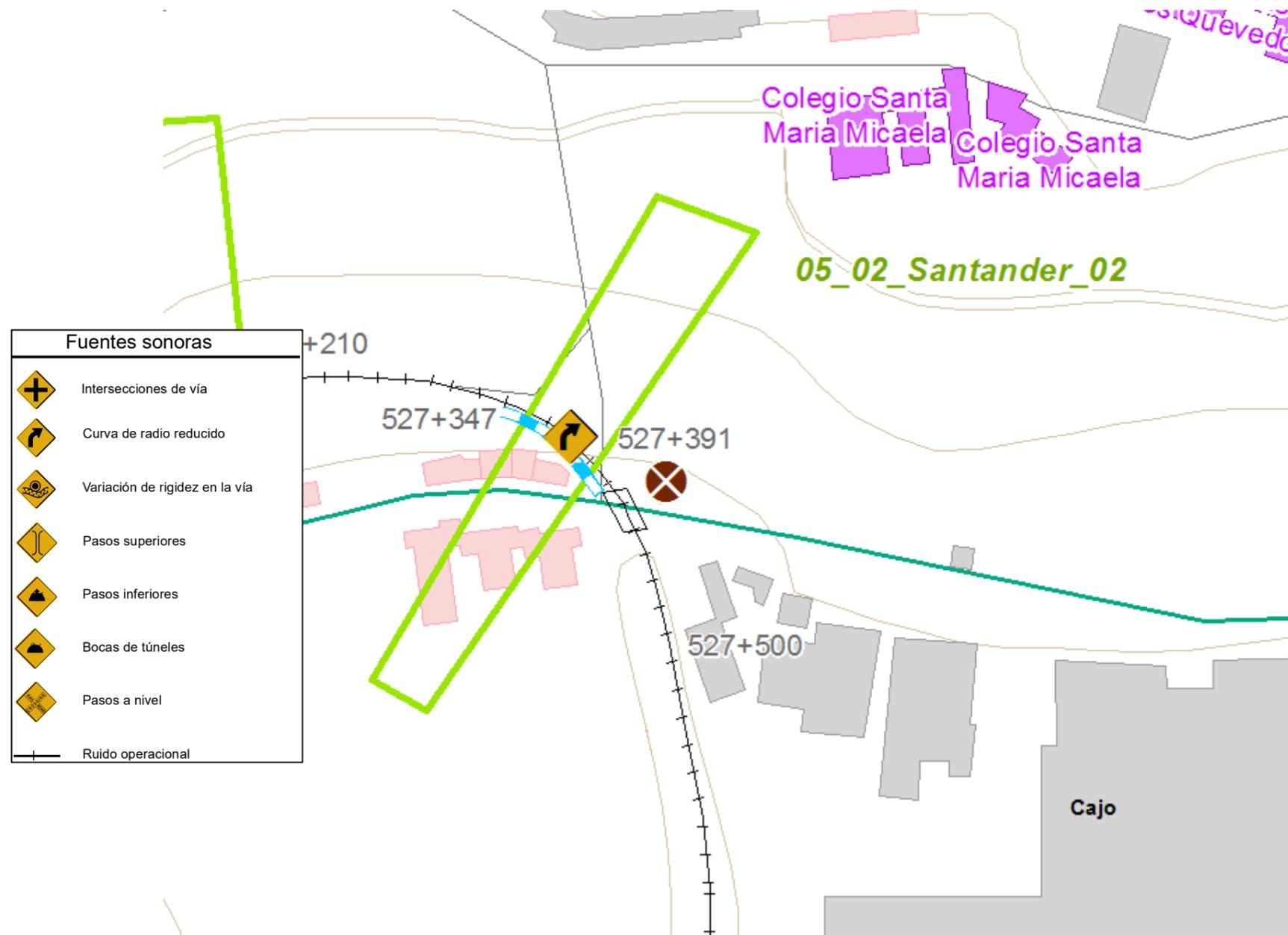
Definición de la casuística

Presencia de una alta densidad de aparatos de vía (Travesías y cruzamientos)

<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>	<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>
 <p><i>Localización:</i> PK 529+603, en la estación de Santander</p>		<p><i>Localización:</i></p>	

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santander_02



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo urbano con paso elevado sobre carretera.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

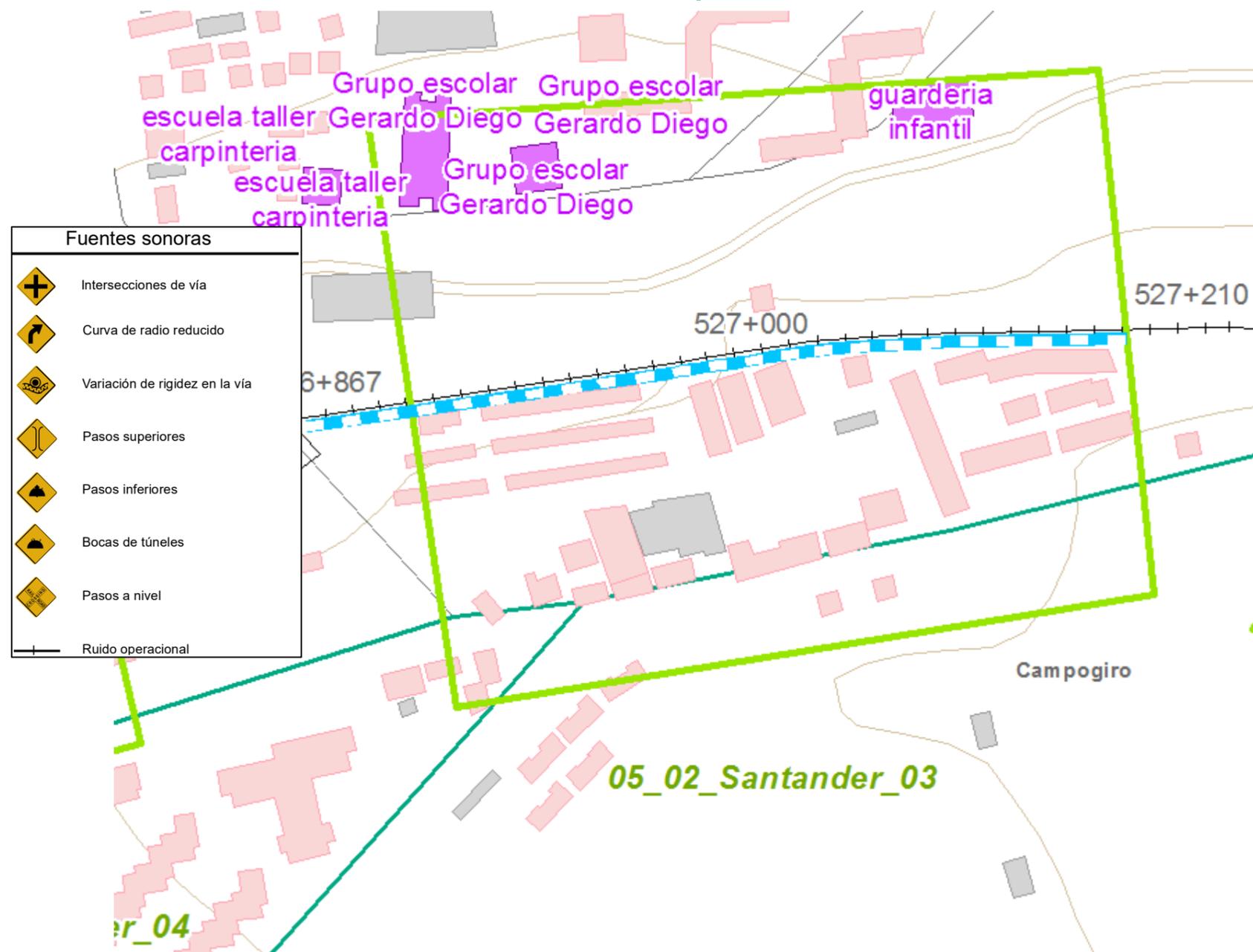
ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santander_02

INVENTARIO ELEMENTOS SINGULARES DETECTADOS.

Definición de la casuística

Curva de radio reducido.

<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>	<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>
 <p><i>Localización:</i> PK 527+391, extrarradio de Santander</p>			<p><i>Localización:</i></p>



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



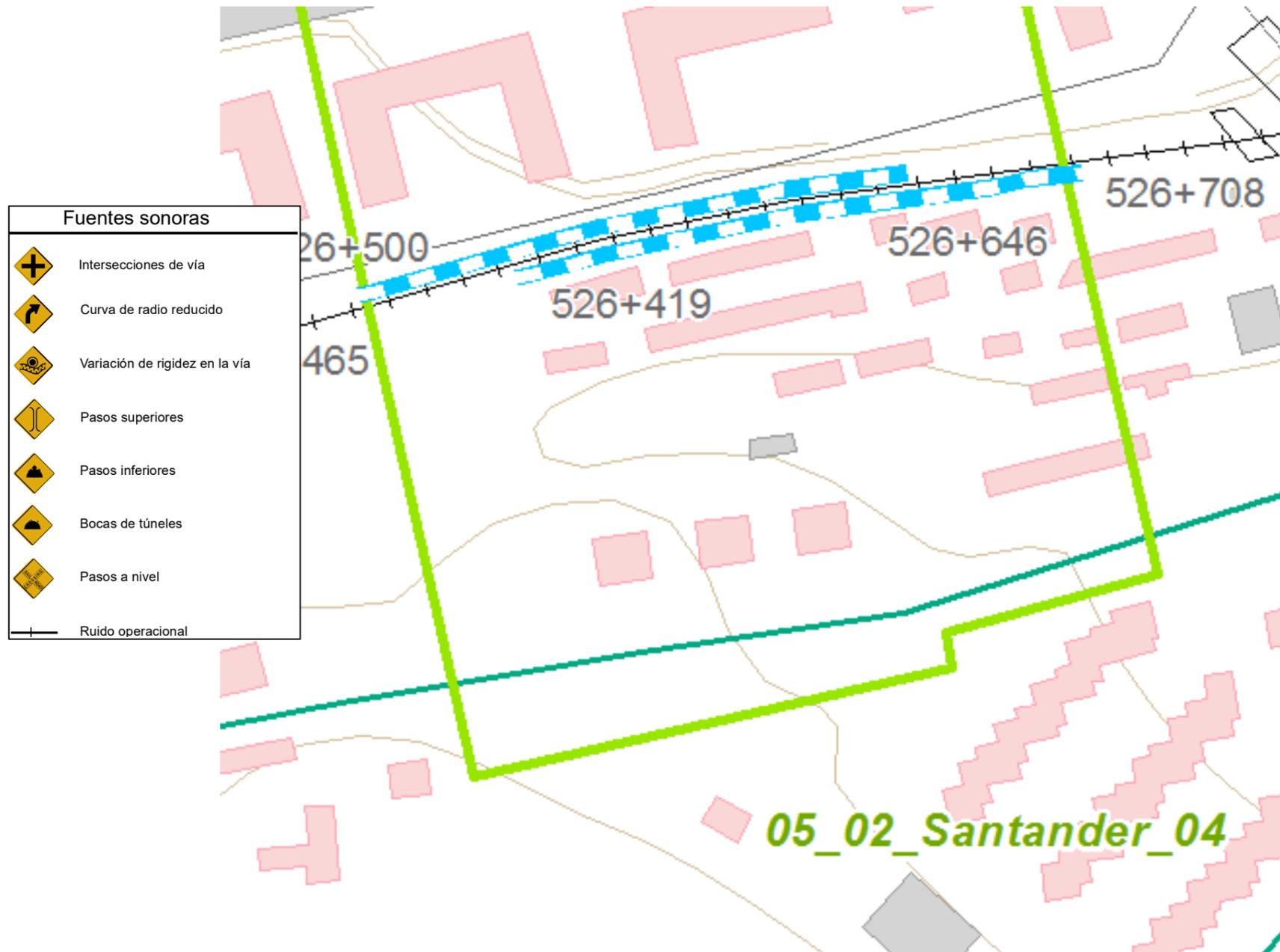
CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santander_04



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



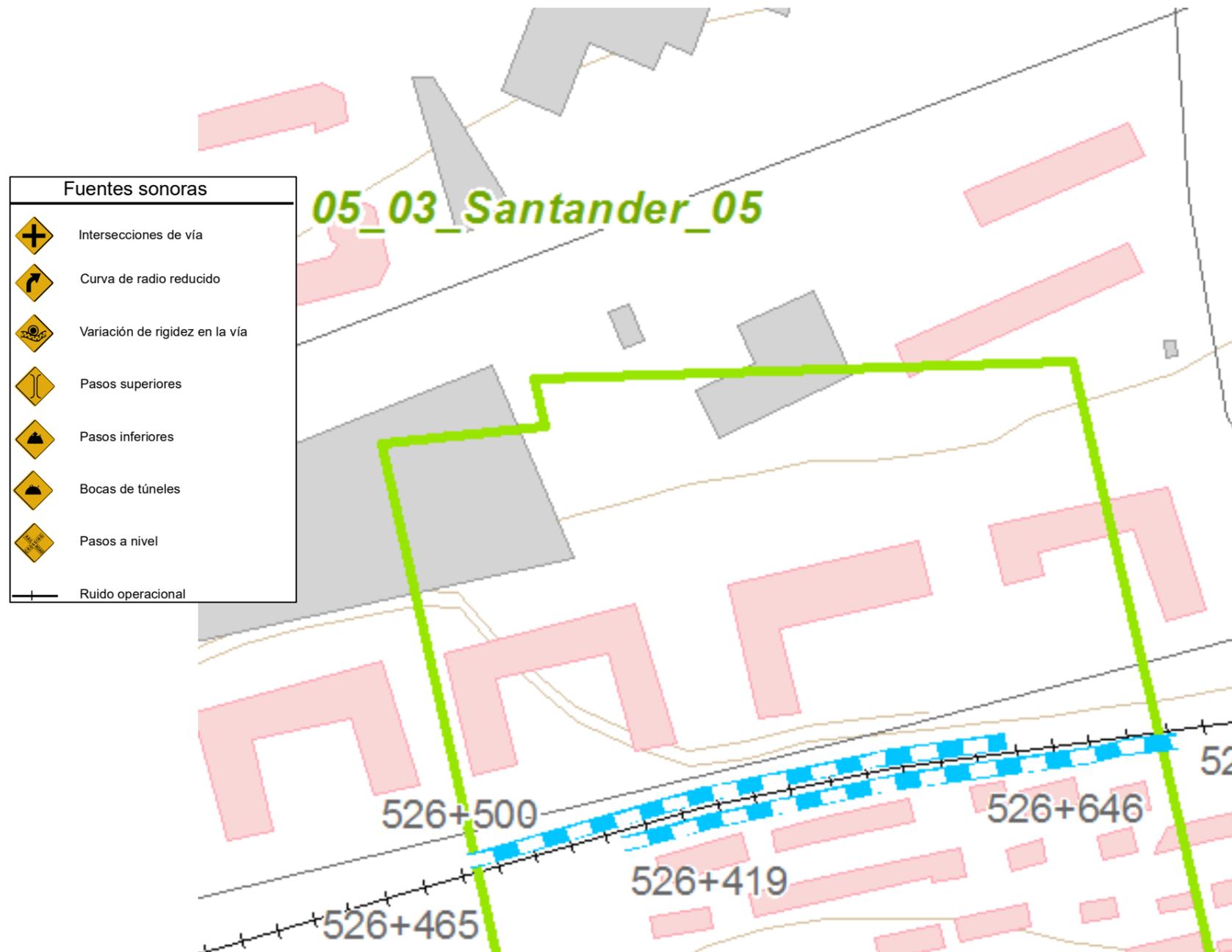
CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santander_05



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel..

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

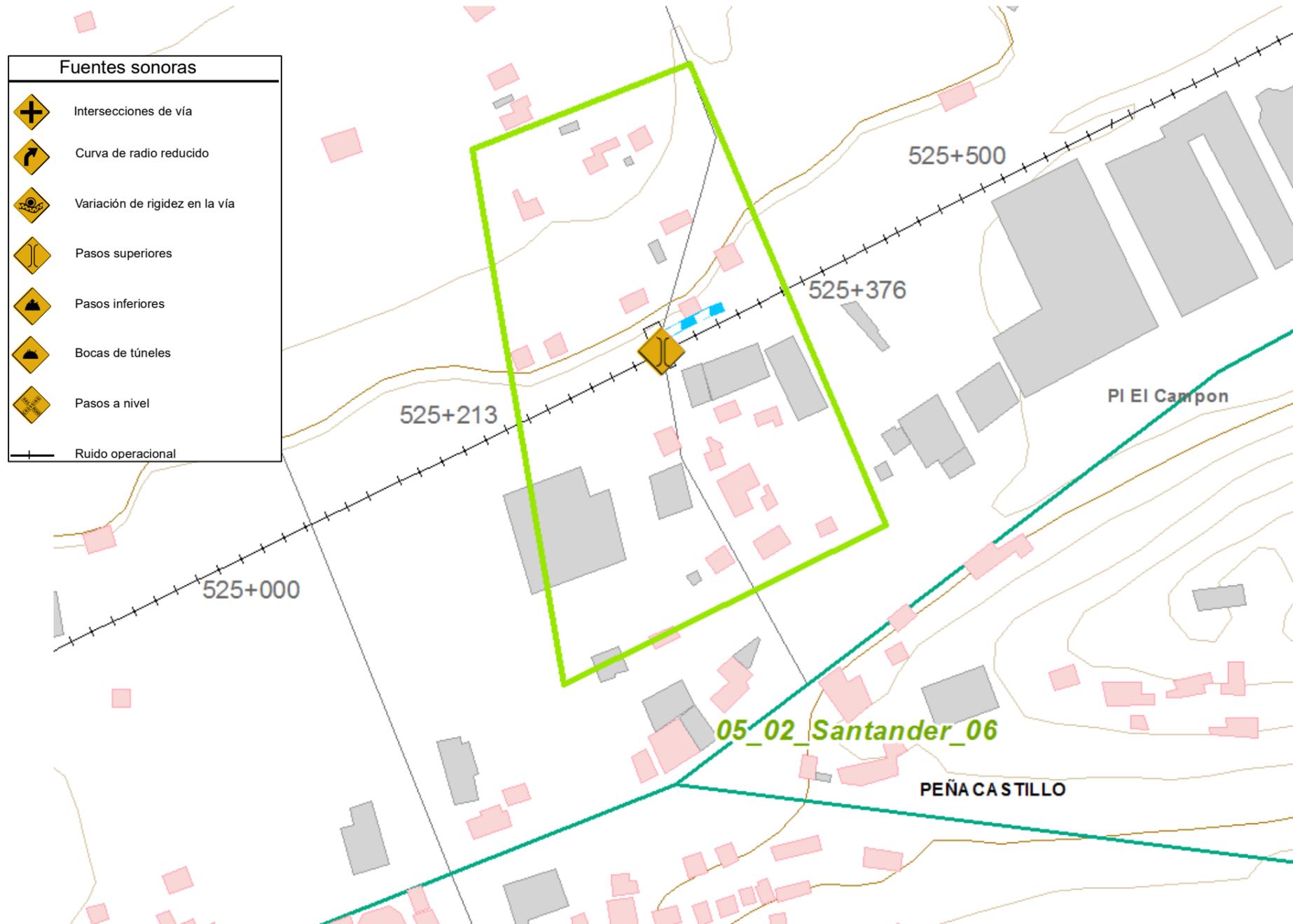
- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a bajo terreno.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Travesía monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santander_06

INVENTARIO ELEMENTOS SINGULARES DETECTADOS.

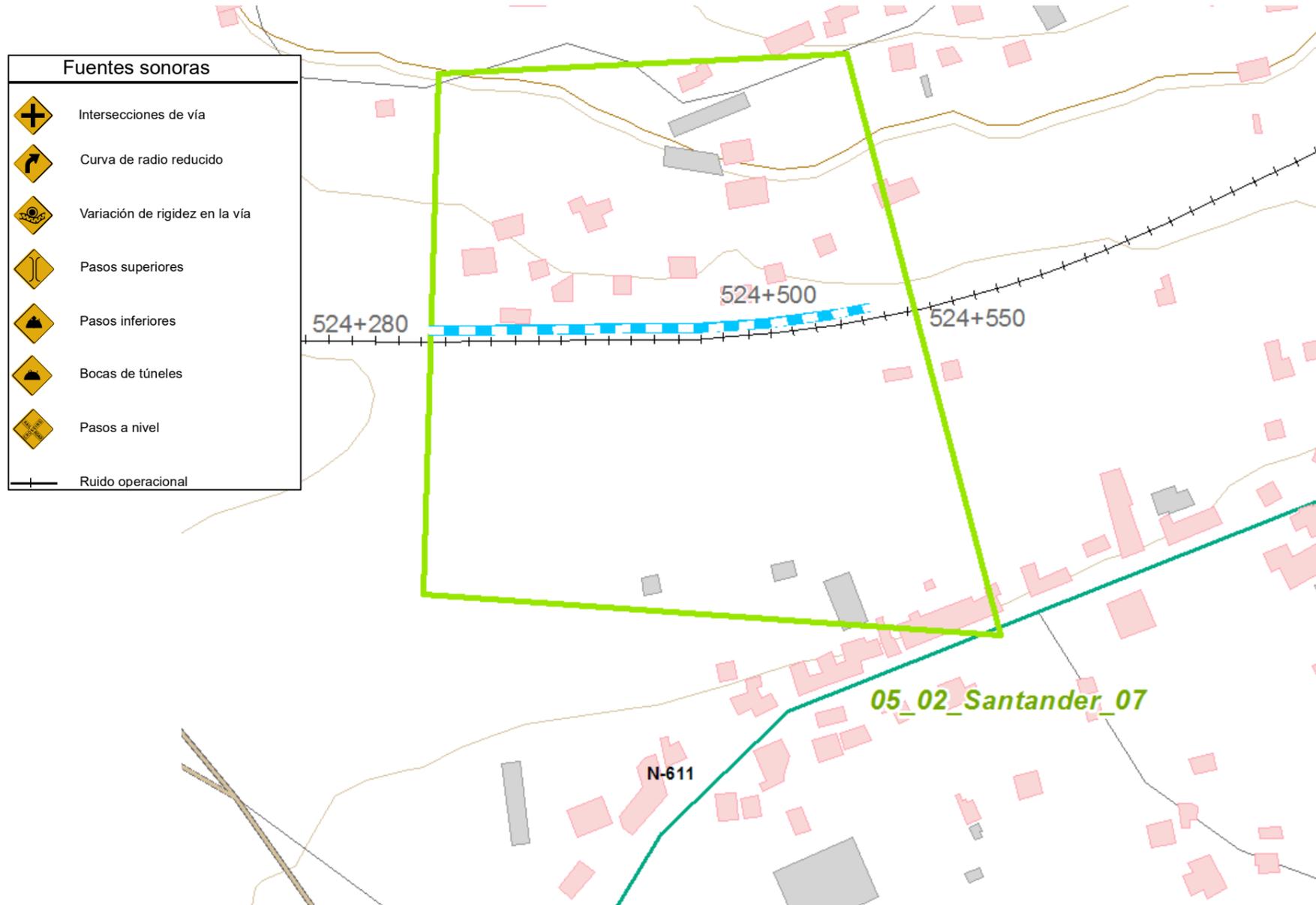
Definición de la casuística

Paso superior de la vía sobre carretera.

<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>	<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>
 <p><i>Localización:</i> PK 525+736, extrarradio de Santander</p>		<p><i>Localización:</i></p>	

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santander_07



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

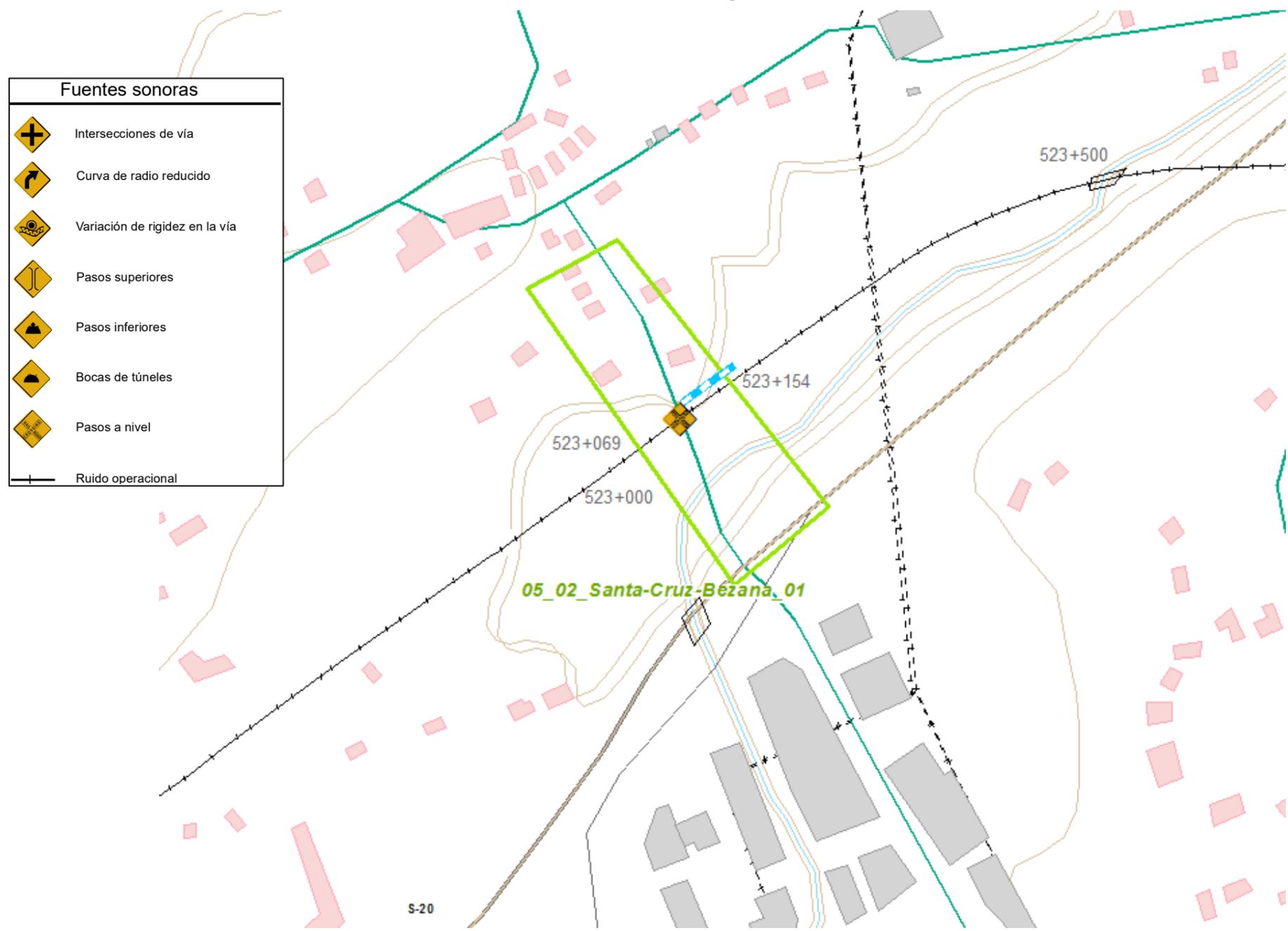
- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santa-Cruz-Bezana_01

INVENTARIO ELEMENTOS SINGULARES DETECTADOS.

Definición de la casuística

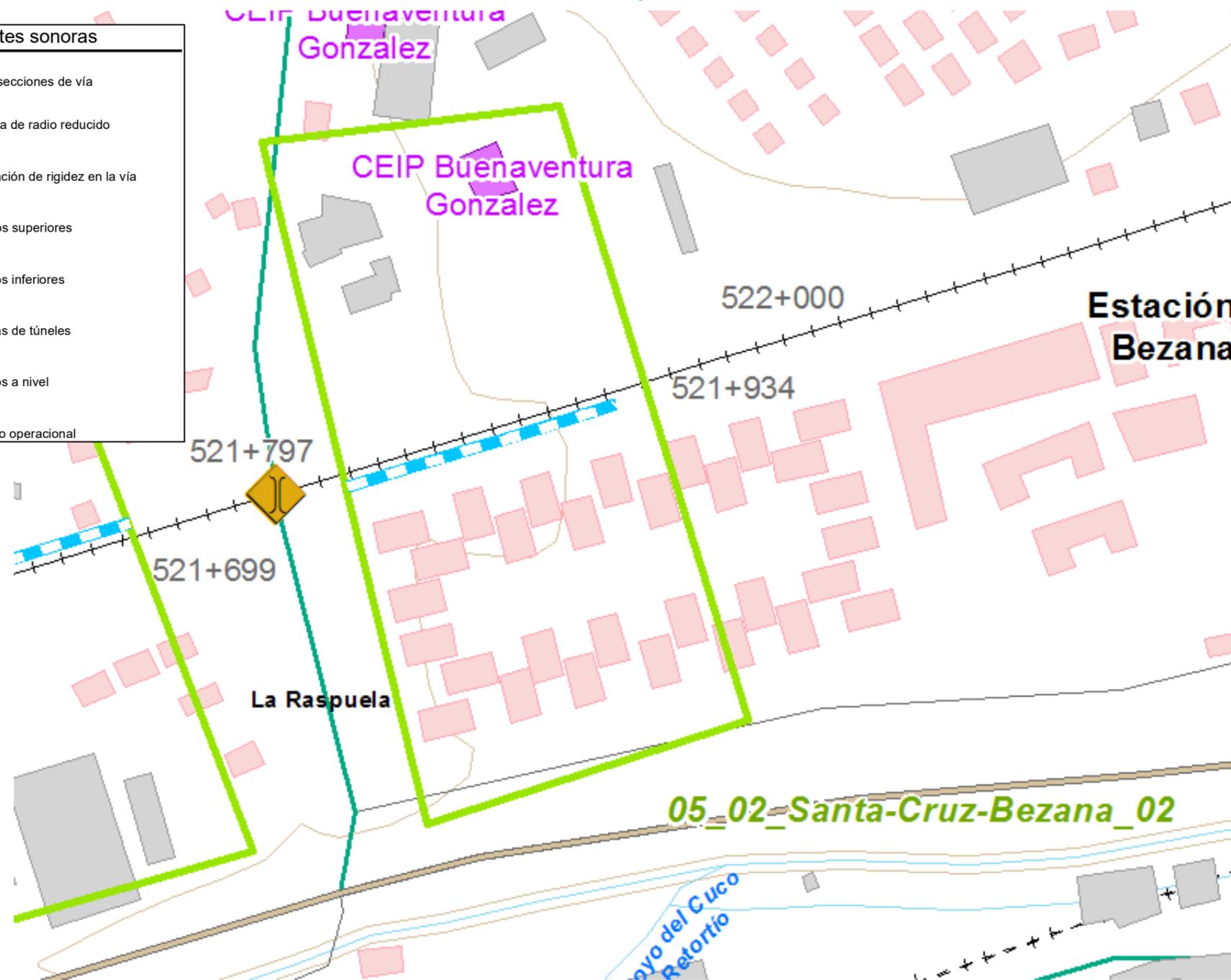
Paso a nivel de carretera

<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>	<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>
 <p><i>Localización:</i> PK 523+154, extrarradio de Santa Cruz de Bezana</p>			<p><i>Localización:</i></p>

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santa-Cruz-Bezana_02

Fuentes sonoras	
	Intersecciones de vía
	Curva de radio reducido
	Variación de rigidez en la vía
	Pasos superiores
	Pasos inferiores
	Bocas de túneles
	Pasos a nivel
	Ruido operacional



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo urbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santa-Cruz-Bezana_02

INVENTARIO ELEMENTOS SINGULARES DETECTADOS.

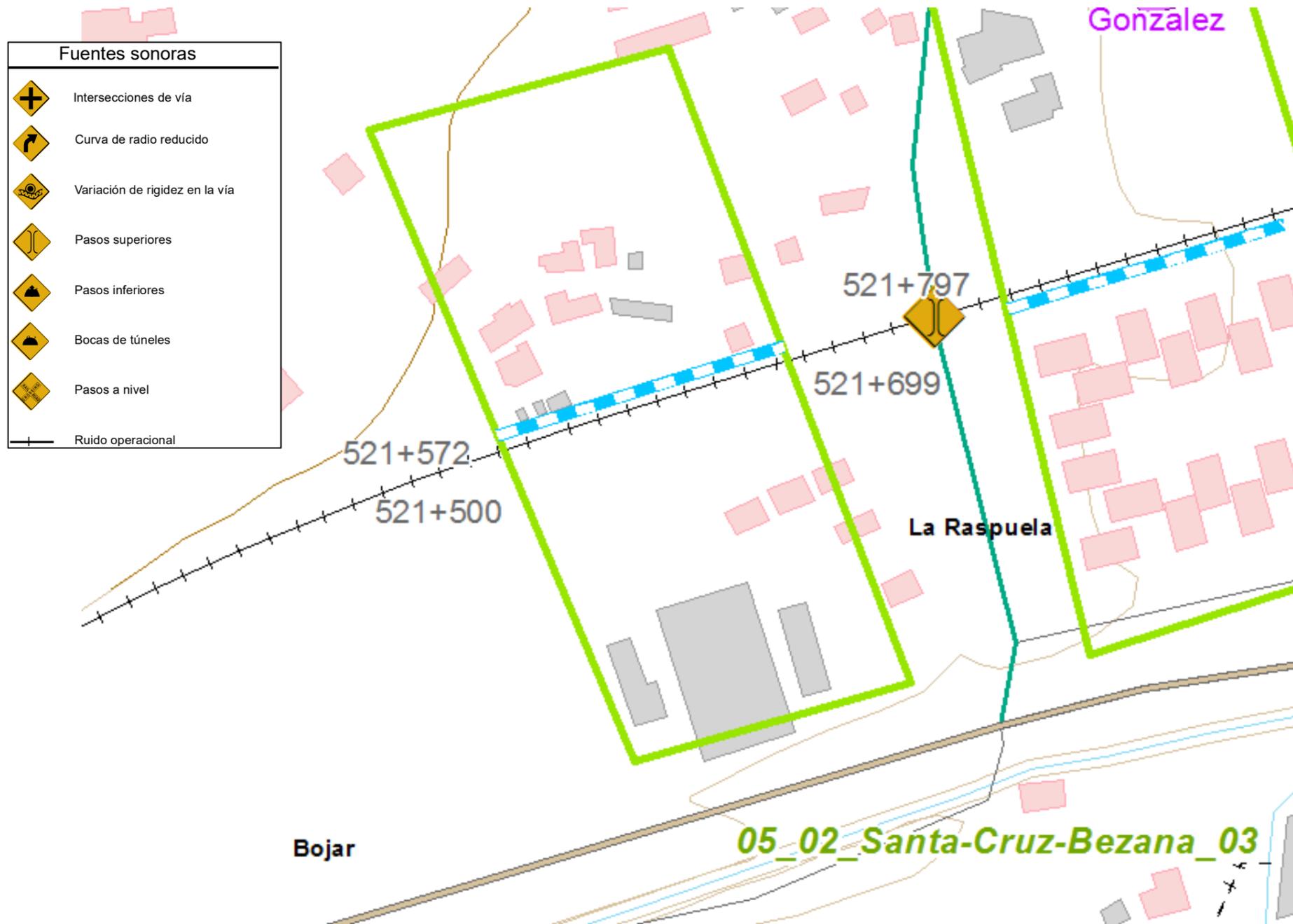
Definición de la casuística

Paso superior de la vía sobre carretera.

<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>	<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>
 <p><i>Localización:</i> PK 521+934, casco urbano de Santa Cruz de Bezana</p>		<p><i>Localización:</i></p>	

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Santa-Cruz-Bezana_03



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



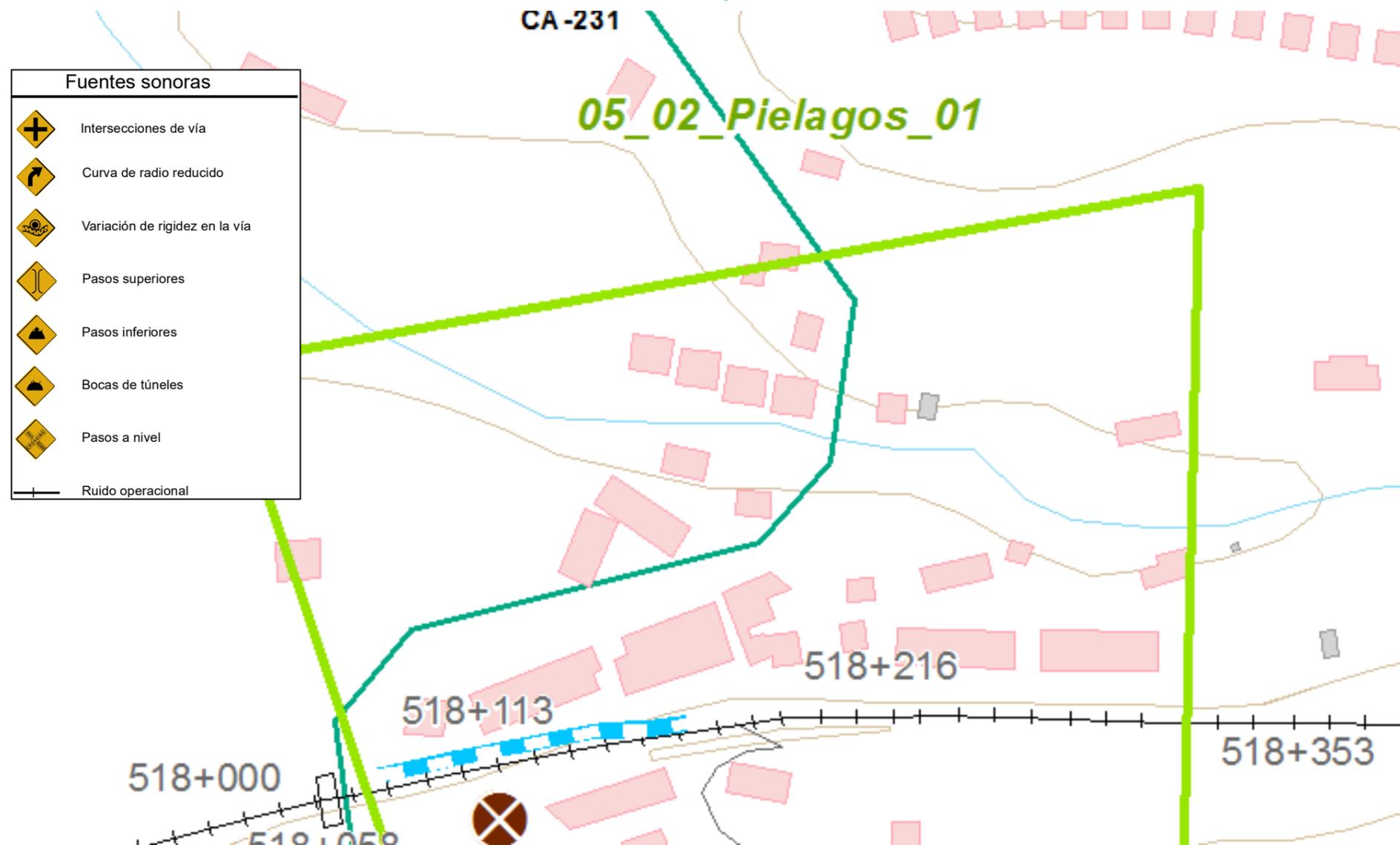
CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Pielagos_01



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



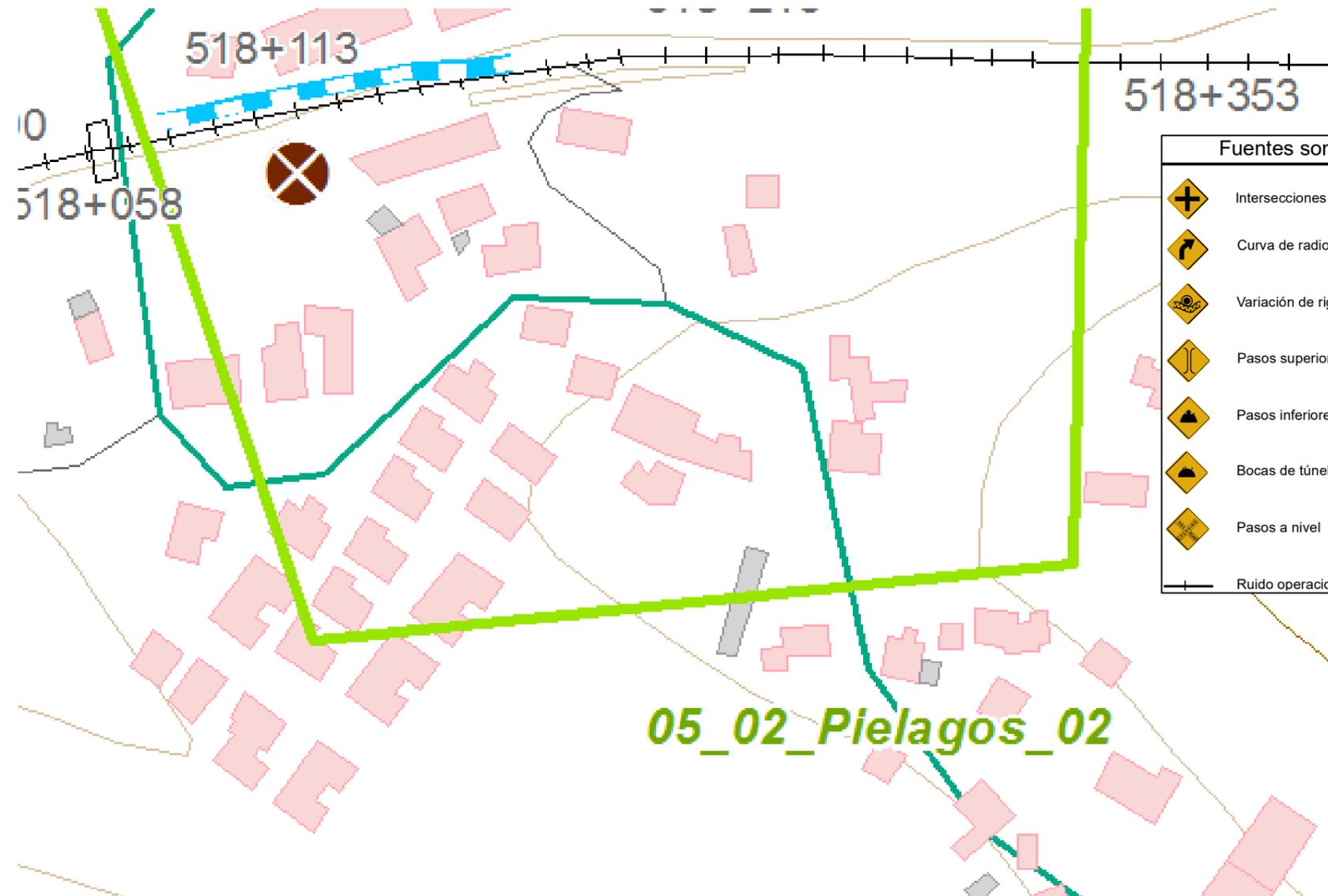
CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Pielagos_02



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

de forma generalizada a lo largo del tramo

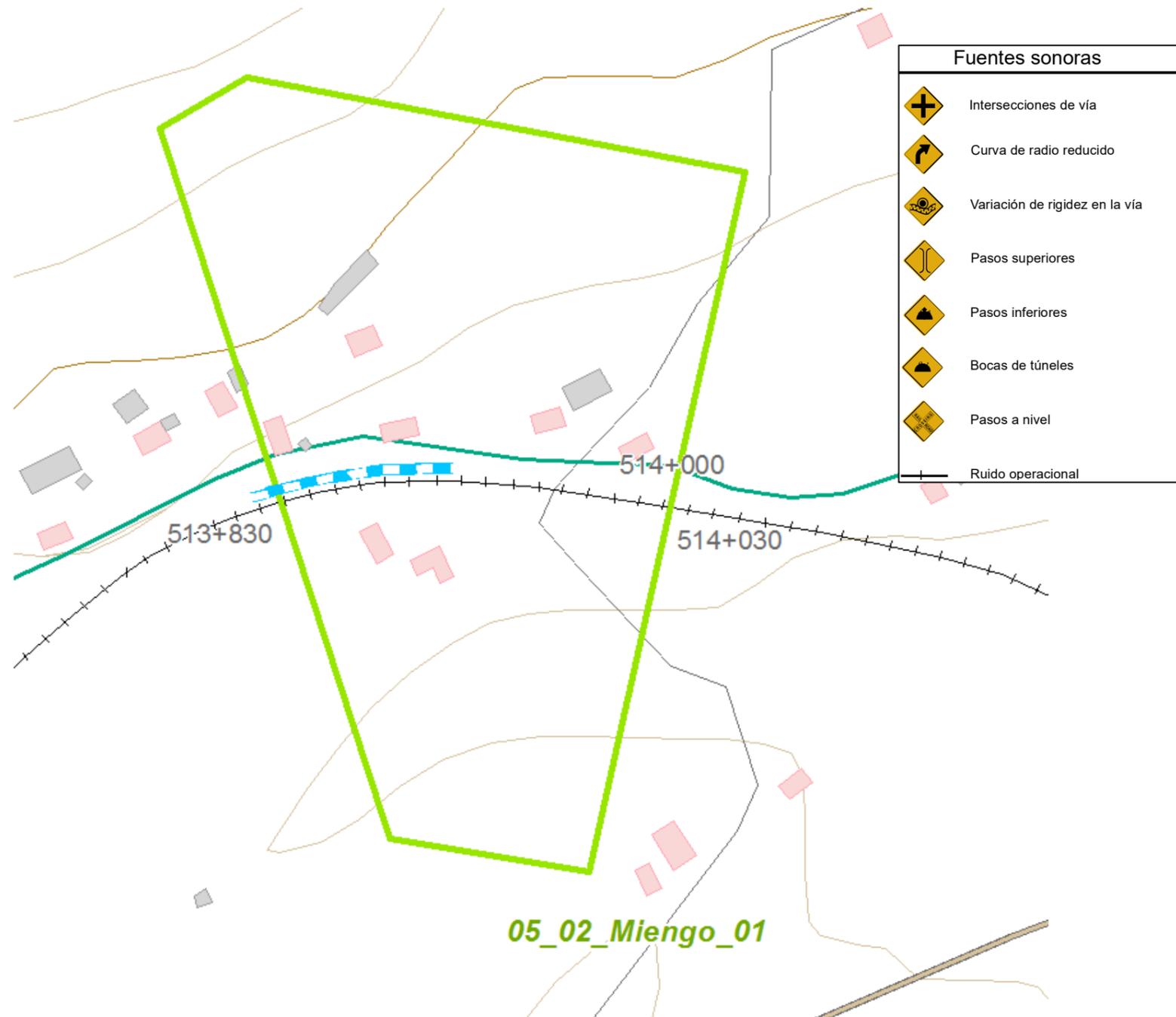
- Carril E1 (54)
- Travesía monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto

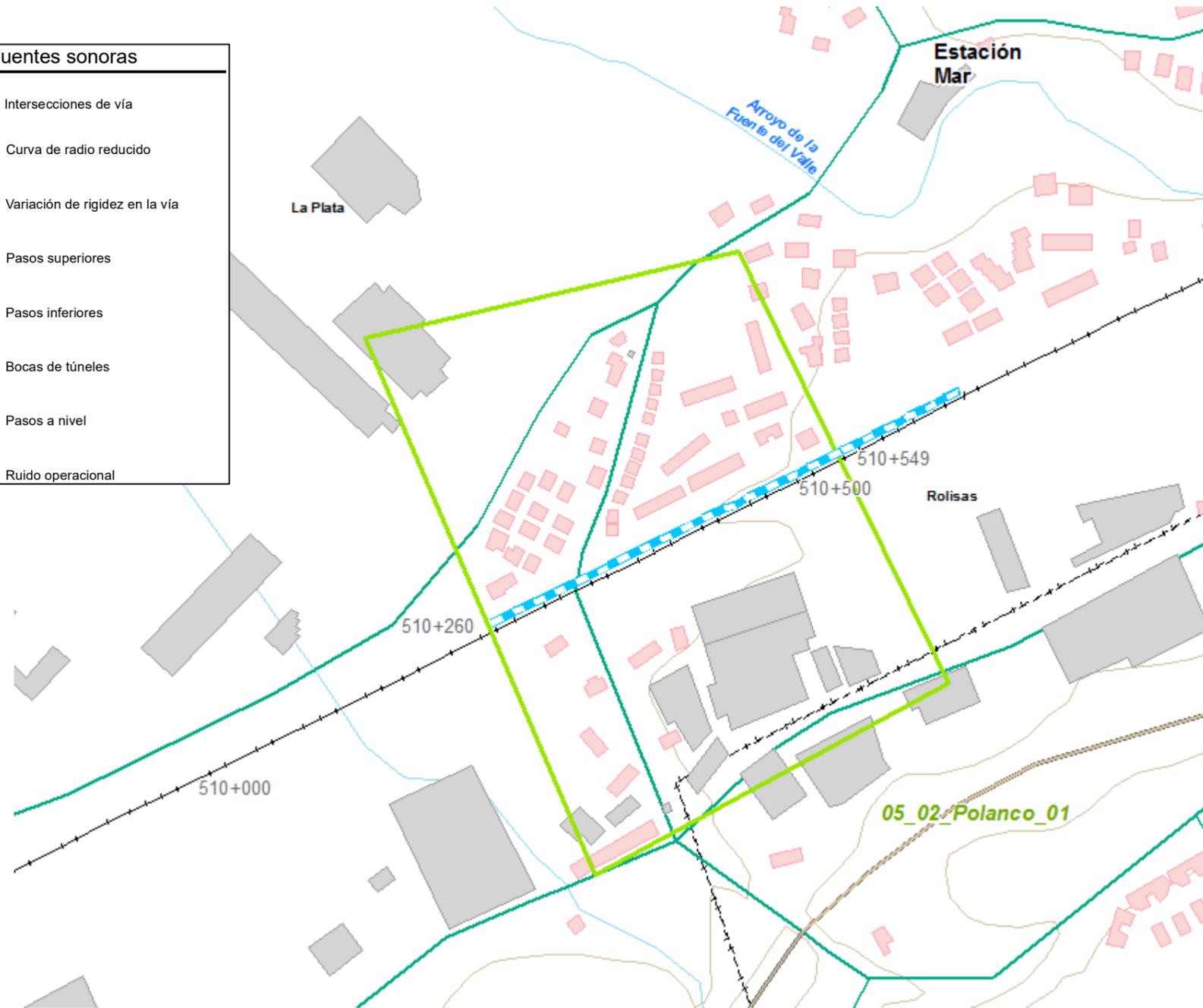


CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

Fuentes sonoras	
	Intersecciones de vía
	Curva de radio reducido
	Variación de rigidez en la vía
	Pasos superiores
	Pasos inferiores
	Bocas de túneles
	Pasos a nivel
	Ruido operacional



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Polanco_02



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



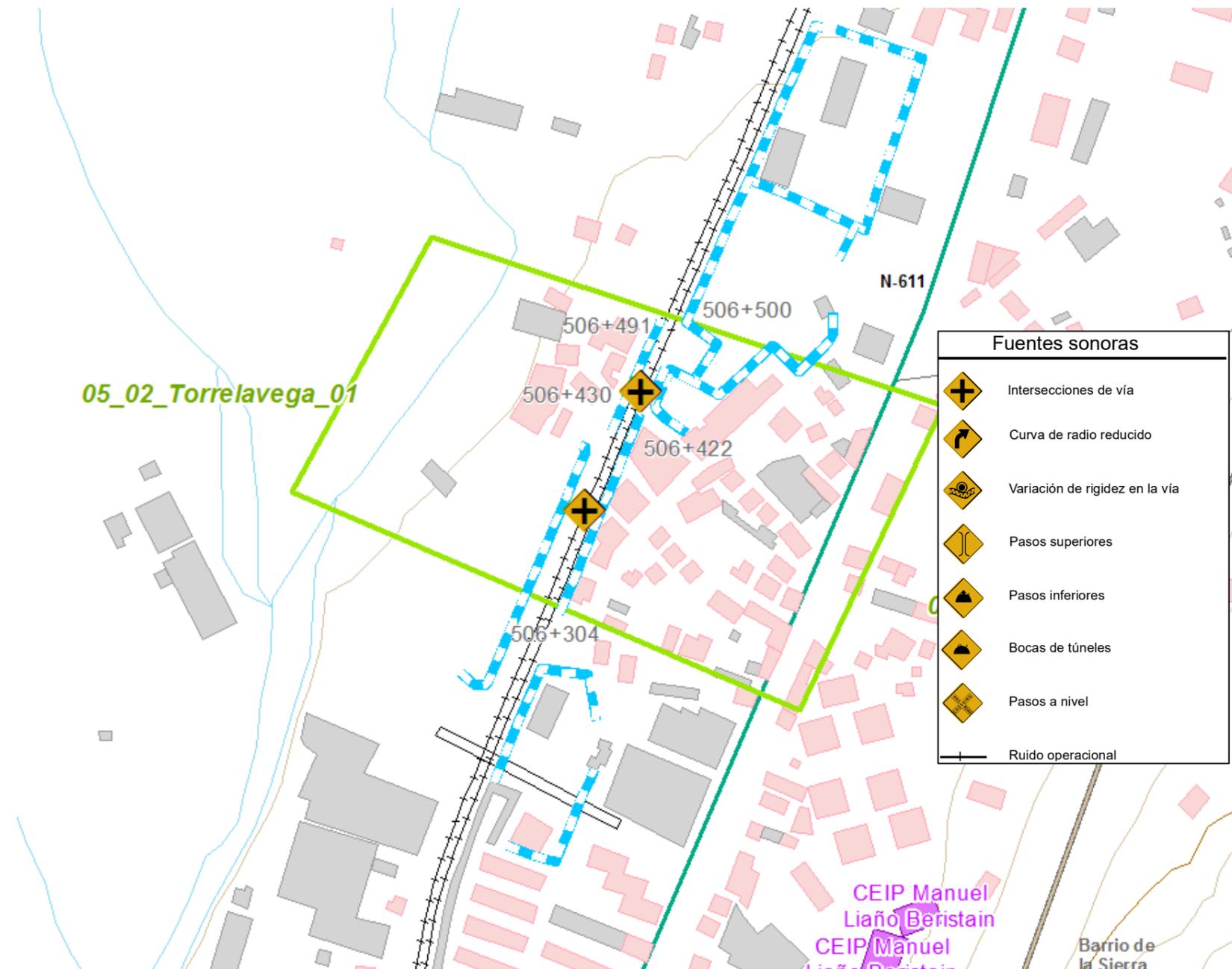
CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Torrelavega_01



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Travesía monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

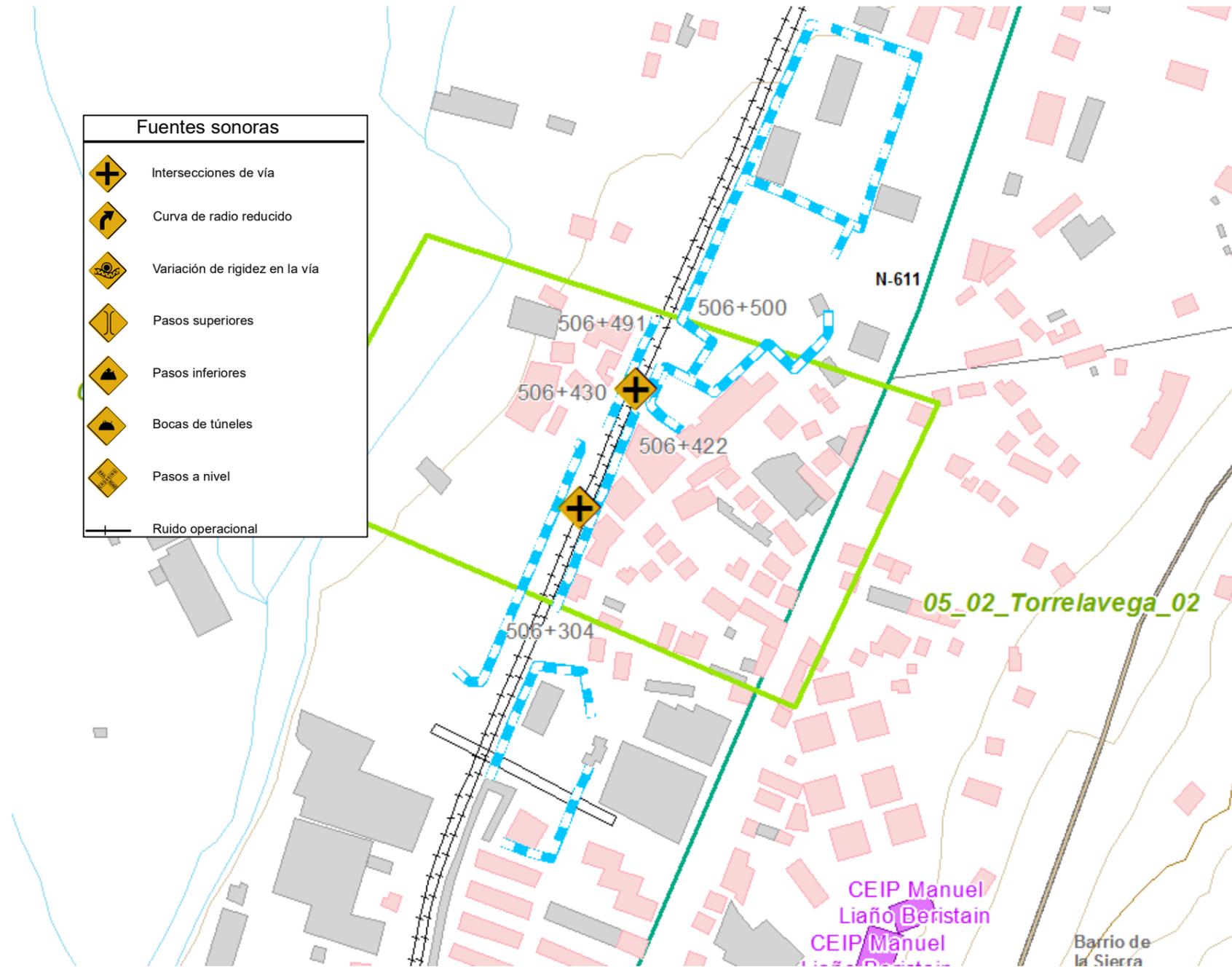
ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Torrelavega_01

INVENTARIO ELEMENTOS SINGULARES DETECTADOS.

Definición de la casuística

Presencia de una alta densidad de aparatos de vía (Travesías y cruzamientos)

<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>	<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>
 <p><i>Localización:</i> PK 506+491, extrarradio de Torrelavega</p>		<p><i>Localización:</i></p>	



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Torrelavega_02

INVENTARIO ELEMENTOS SINGULARES DETECTADOS.

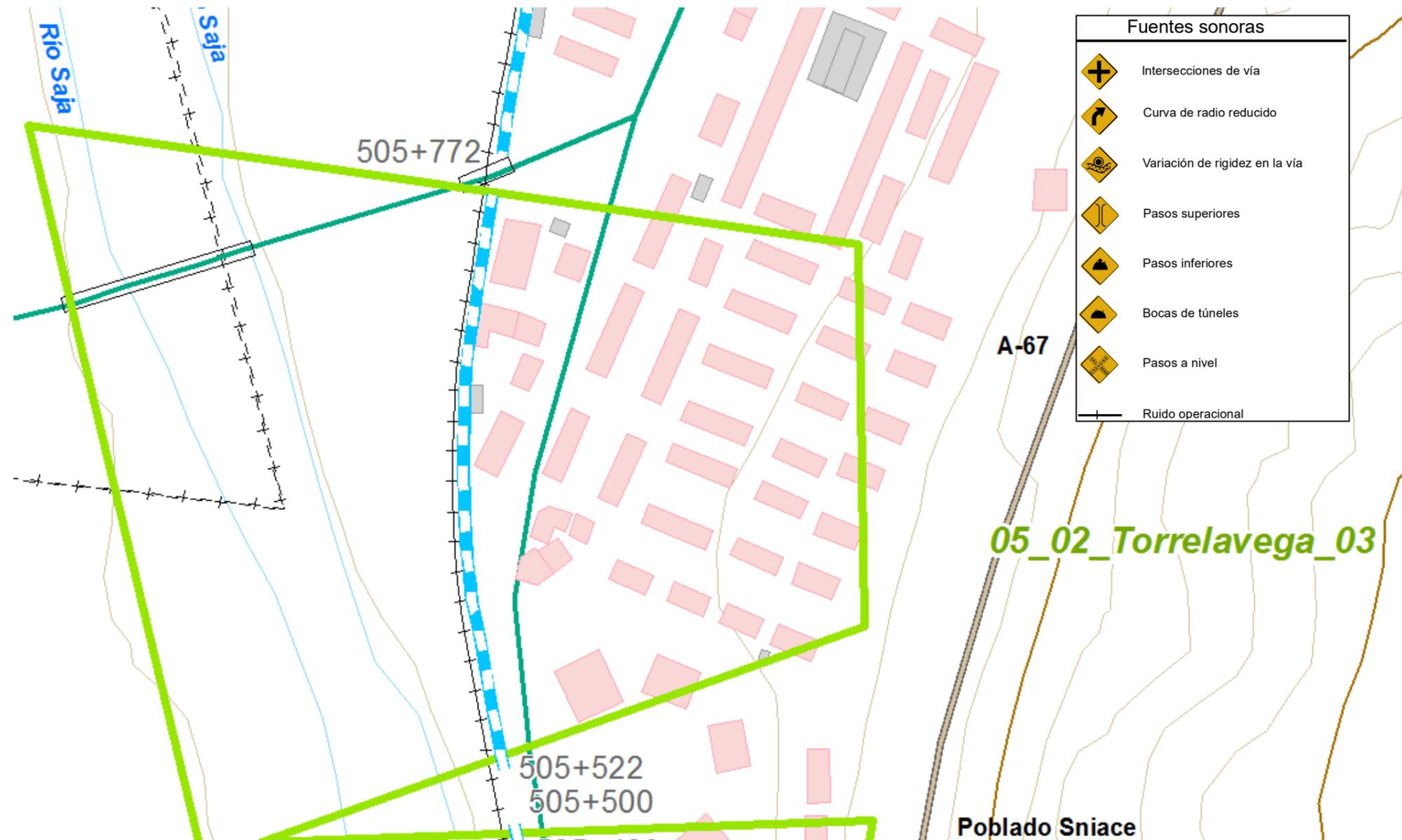
Definición de la casuística

Presencia de una alta densidad de aparatos de vía (Travesías y cruzamientos)

<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>	<i>Inspección en Gabinete</i>	<i>Inspección en campo</i>
 <p><i>Localización:</i> PK 506+491, extrarradio de Torrelavega</p>		<p><i>Localización:</i></p>	

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Torrelavega_03



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Traviesa monobloque MR
- Balasto



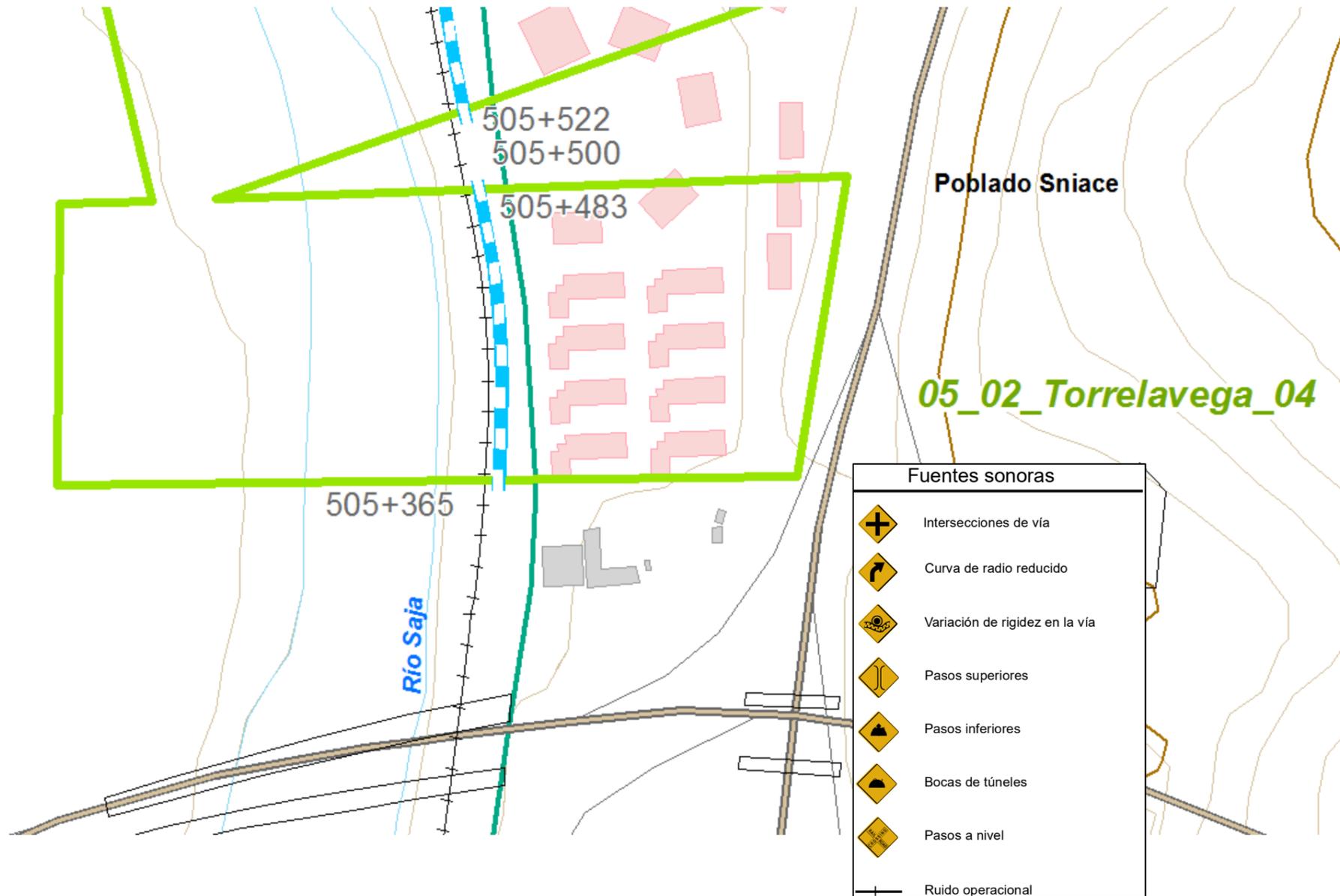
CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

U.M.E. 05_02: TORRELAVEGA-SANTANDER

ZONA DE ESTUDIO: 05_02_Torrelavega_04



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA LÍNEA

Descripción superestructura de vía:

Tramo interurbano en superficie con vía a nivel.

Descripción del material de vía instalado:

De forma generalizada a lo largo del tramo

- Carril E1 (54)
- Travesía monobloque MR
- Balasto



CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL

Caracterización del material rodante

- Cercanías pasajeros

10. DEFINICIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS

10.1. Descripción de la problemática acústica

10.1.1. Problemática general

La explotación ferroviaria comprende un conjunto de operaciones que conllevan diferentes niveles de emisión acústica que, en determinadas situaciones de proximidad a receptores, pueden producir niveles de inmisión acústica indeseables.

La operación más evidente es la circulación de los trenes de viajeros y mercancías, aunque existen otras actividades auxiliares que tienen en ocasiones gran repercusión en el entorno acústico en el cual se enclavan: estaciones de viajeros, terminales de mercancías, operaciones de mantenimiento en vía y en taller.

Si el problema se centra en el ruido ocasionado por la circulación, efecto analizado en el cartografiado estratégico de ruido, el ferrocarril constituye un modo de transporte guiado y el efecto sonoro generado está, por tanto, localizado en el espacio.

En principio el ruido de la circulación ferroviaria corresponde a sucesos discretos, con ligeras diferencias que se suceden a lo largo del tiempo. A la hora de realizar un análisis global del ruido ferroviario, hay que tener en cuenta varias circunstancias que concurren:

- ✓ El índice de frecuencia de circulaciones, especialmente elevado en entornos urbanos.
- ✓ El desarrollo de nuevas tecnologías que permiten desarrollar mayores velocidades
- ✓ El alto número de circulaciones en periodo nocturno, en el que disminuye la actividad de otros focos de ruido.
- ✓ El desplazamiento de las circulaciones de mercancías hacia el periodo nocturno en algunas líneas para favorecer el servicio de cercanías.

El ruido ferroviario tiene su origen en tres fuentes fundamentales; todas ellas intervienen en el ruido global y su contribución depende del tipo de tren, de las características y estado de la vía así como de la velocidad de circulación. Así se puede analizar cómo focos diferenciados:

- ✓ Ruido originado en el contacto rueda - carril o ruido de rodadura.

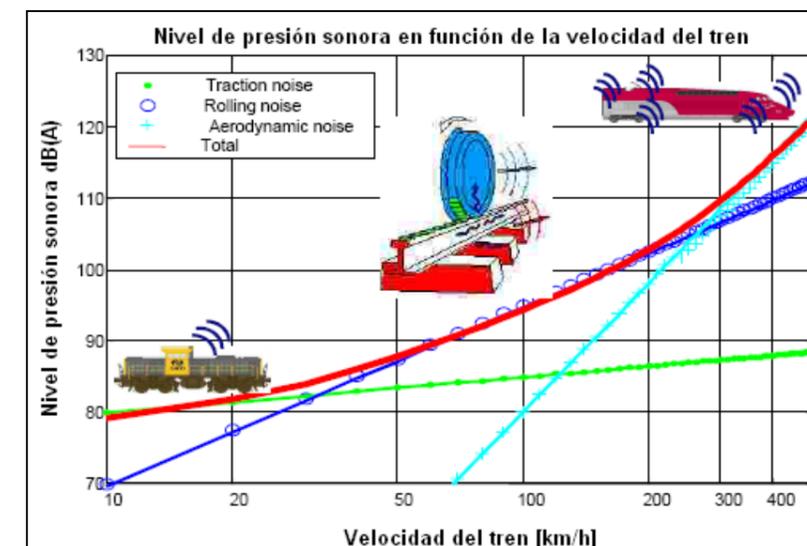
- ✓ Ruido mecánico o de propulsión, y elementos auxiliares del tren.

- ✓ Ruido aerodinámico.

Según numerosos estudios realizados en las últimas décadas, la participación de cada una de estas fuentes emisoras en los niveles globales está relacionada con la velocidad de circulación del material rodante, teniendo los diferentes umbrales:

- ✓ Hasta 50 km/h, el ruido ferroviario está dominado por el ruido motor generado por la tracción del vehículo.
- ✓ De 50 km/h a 300 km/h, la emisión de ruido está dominada por el material rodante. Como las velocidades estándar están entre estos dos valores, son las que pasaremos a definir en los siguientes puntos.
- ✓ A partir de 300 km/h, el ruido predominante es el debido a la aerodinámica.

Ilustración 10.1. Valoración de las fuentes ferroviarias principales en función de la velocidad de circulación



Fuente: Elaboración propia

Por tanto, para las condiciones normales de circulación más habituales y predominantes en el tramo de estudio, la mayor fuente de ruido del tren en movimiento radica en la interacción

entre las ruedas y el carril. En ellos es necesario analizar todas las variables que intervienen en su generación, por las propias condiciones dinámicas de las circulaciones.

A continuación se describe cada una de las fuentes diferenciadas con mayor detalle.

RUIDO DE RODADURA

El contacto entre la rueda y el carril puede constituir una fuente de emisión debido a varias causas:

Rodadura

El contacto rueda-carril no ocurre en un punto concreto, sino en un área llamada elipse de contacto, cuyas características geométricas dependen de la carga por eje y del perfil, tanto de rueda como del carril.

Se trata de un ruido de banda ancha y se produce por el rozamiento generado entre el raíl y la rueda. Su efecto se incrementa con la velocidad de circulación en relación logarítmica, pudiéndose considerar que al doblar la velocidad los niveles de ruido se incrementan del orden de 6-12 dB según Curso Savoir: Noise and Vibration from Rail Transportation System. 1996. Capt 7 Rolling and Impact Noise.

Este aumento de velocidad, además de provocar por tanto un aumento del nivel de ruido, hace que el espectro del ruido se traslade hacia frecuencias más altas.

Conviene diferenciar dos etapas de la generación del ruido de rodadura:

- ✓ El primer efecto de la interacción rueda - raíl es la existencia de vibraciones, tanto en la rueda, como en el raíl y, a través de las uniones, también en las traviesas.
- ✓ Como consecuencia de ello, en los tres elementos (rueda, raíl y traviesas) se producen resonancias que hacen que se conviertan en focos de ruido, así como la base de la vía (balasto o plataforma) por la reflexión del ruido que en ella se produce.

Existen dos factores que contribuyen a agravar los efectos sonoros generados por la simple circulación:

✓ Rugosidad de las superficies de rodadura

La combinación de las rugosidades de las superficies de rodadura tanto del carril como de la rueda, son las principales causas de la generación de ruido pudiendo alcanzar un incremento del nivel sonoro de 8 dBA.

La rugosidad de la rueda depende en un alto grado del sistema de frenado del vehículo. Numerosos estudios realizados muestran la eficiencia de usar frenos de disco y frenos de zapatas para reducir la generación de este fenómeno en la rueda.

La caracterización de la generación de rugosidad de carril, más conocido como desgaste ondulatorio, debido al paso ferroviario no se puede evaluar tan fácilmente como el caso anterior. Un correcto amolado en las labores de mantenimiento reduce de manera eficaz el ruido producido por este tipo de fenómeno. Según datos facilitados por el Grupo de Trabajo en Ruido Ferroviario de la Comisión europea las diferencias entre un carril perfectamente amolado y otro con rugosidad máxima pueden llegar a ser de hasta 30 dB en determinada longitud del espectro.

Ilustración 10.2. Representación del desgaste ondulatorio



Fuente: Elaboración propia

✓ Variaciones de nivelación en sentido transversal

La rugosidad de la rueda no solo cambia por efectos producidos en la dirección longitudinal sino también en dirección transversal, especialmente en curvas, donde la elipse de contacto difiere de la resultante en tramos rectos debido a:

- La diferencia de alturas entre el hilo bajo e hilo alto dispuesta en curvas para compensar la fuerza de la gravedad y la fuerza centrífuga.
- La cara interna del carril de los distintos hilos se ve afectada de diferente forma al paso de circulación ferroviaria, adquiriendo así diferentes rugosidades.

Incluso en rectas, la emisión de ruido en los dos hilos es diferente debido a las condiciones de rodadura.

Existencia de discontinuidades

La existencia de juntas o discontinuidades en la circulación puede ocasionar ruidos de impacto no deseables como consecuencia de la variación de fuerzas que existen en estos obstáculos.

El ruido en las uniones puede disminuirse reduciendo al mínimo los huecos entre juntas, alineando los extremos del carril y tensando las barras de unión que los sujetan. La utilización cada vez más extendida, del carril largo soldado reduce la aparición de este tipo de ruido a las zonas de desvíos o cambios.

Tal y como se ha descrito, el estado del material (planos en las ruedas) también origina este tipo de ruidos. La aparición de ruedas planas puede ser minimizada empleando sistemas de frenado que impidan el deslizamiento de las ruedas; en cualquier caso, es recomendable la rectificación de las ruedas tan pronto como se detecten este defecto.

Excitación paramétrica

La excitación paramétrica es un conjunto de fenómenos relacionados con las frecuencias propias de los elementos que constituyen la superestructura y que puede representar la generación de niveles sonoros audibles. Depende principalmente del espaciado de entre traviesas y la variación de las características mecánicas de los componentes de la vía, es decir, las condiciones del contacto a lo largo del trazado, la fricción por contacto durante el paso del vehículo y otros efectos no lineales.

En alta velocidad, en algunos estudios llevados a cabo, revelan que la contribución de la excitación paramétrica a nivel del sonido global es insignificante comparada con el ruido producido por efectos aerodinámicos.

La amortiguación acústica es también un factor a estudiar, dependiendo de la rigidez de la placa de asiento y del coeficiente de atenuación acústica del material que conforma la placa y las traviesas.

RUIDO MOTOR

El ruido generado por los elementos mecánicos que constituyen la tracción del ferrocarril es predominante a bajas velocidades. La mayor parte de las locomotoras de uso comercial funcionan con motores de tracción eléctrica conectados a los ejes que obtienen la energía necesaria mediante generadores diésel o por líneas superiores de suministro eléctrico.

En función de cual sea la tipología de tracción del material móvil el efecto sonoro es diverso. Por ejemplo, en el caso de la tracción obtenida por suministro eléctrico vía catenaria, el ruido motor es reducido contribuyendo, de manera sustancial a la emisión global, los sistemas de refrigeración. Las locomotoras diésel, por otra parte, poseen un mayor nivel de emisión como consecuencia de los escapes en función de la carga del motor pero es independiente de la velocidad.

De forma adicional, el equipamiento auxiliar de los trenes, por ejemplo el sistema de ventilación forzada o la climatización, puede representar una fuente adicional de ruido, que se hace más patente en los momentos en el que el tren se encuentra detenido.

RUIDO AERODINÁMICO

Las fuentes de ruido aerodinámico adquieren una mayor importancia a partir de los 300 km/h. El ruido aerodinámico emitido por un tren es el resultado de presiones, que fluctúan rápidamente, en las turbulencias de aire situadas cerca o sobre la superficie del tren en movimiento. El flujo de aire sobre esta superficie en movimiento se convierte en turbulento a medida que va encontrando protuberancias, superficies rugosas o bordes ásperos. El ruido surge por una combinación de efectos de capas adyacentes turbulentas y separaciones de flujo.

Entre las causas del ruido aerodinámico se encuentran los remolinos causados por los perfiles de las ruedas, por algunas partes del sistemas de sujeción y de los bogies que interfieren en las

corrientes de aire, y por los objetos de la superficie del tren (pantógrafos, limpiaparabrisas, etc...).

El aumento del nivel de presión sonora alcanzado es proporcional a la velocidad (en ensayos realizados en EEUU en un tramo recto, se han establecido promedios de aproximadamente $60 \cdot \log_{10} v$). Por esta razón, el ruido aerodinámico generado por trenes de formas lisas a velocidades menores de 240 km/h no es significativo. Para velocidades mayores, el ruido aerodinámico es superior al ruido de rodadura. Incluso en trenes a alta velocidad, en los que no se produce contacto entre rueda de acero y carril, por ejemplo trenes de levitación magnética, las características del ruido aerodinámico son similares.

10.1.2. Zonas con especial problemática de emisión de ruido

Aparte del ruido ocasionado por la circulación ferroviaria teórica, existen numerosas situaciones operativas que incorporan varias de las casuísticas especiales descritas y representan unos posibles focos acústicos adicionales. Se describen a continuación.

CURVAS DE RADIO REDUCIDO

Las curvas de radio reducido son muy comunes en la red de ferrocarriles convencional y comprenden todas aquellas de radio inferior a 300 metros de radio, aunque, el fenómeno acústico asociado puede producirse en radios mayores.

Debido a las condiciones de trazado, la existencia de curvas de radio reducido unido a la existencia de coches de mayor longitud provoca una inscripción incorrecta de los mismos, provocando la interacción entre la pestaña y la cabeza de carril que se traduce en un desgaste de ambos elementos.

El efecto sonoro ocasionado por esta interacción consiste de forma mayoritaria en una intensa emisión acústica de alta frecuencia ocasionada por tres mecanismos de excitación posibles:

- ✓ Desplazamiento lateral de las ruedas sobre el carril.
- ✓ Desplazamiento longitudinal de las ruedas interior y exterior de la curva.
- ✓ Fricción de la pestaña de la rueda con el carril.

Según estudios realizados recientemente, para curvas de radio menores de 300 metros el nivel sonoro aumenta del orden de 8 dBA y para radios comprendidos entre 300 y 500 metros, del orden de 3 dBA.

Ilustración 10.3. Curva de radio reducido



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a estudios holandeses (De Jong, Opmeer & Miedema, 1994) se constató que el 7% de la población altamente molesta ante el ruido ferroviario se debía a esta causa.

DESVÍOS

En ocasiones, al paso de las circulaciones sobre desvíos y travesías, se producen una serie de impactos sucesivos sobre el cruzamiento, generando una emisión ondulatoria traducible en ruido ambiental y vibraciones que se transmiten hacia las estructuras próximas.

El efecto producido se encuentra relacionado con la velocidad del tren, la carga por eje, así como la geometría del desvío y su estado de conservación. Así mismo, el impacto global que tiene la presencia de una junta en los niveles sonoros se incrementa con la velocidad "V" con una tendencia próxima a $20 \cdot \log V$. El parámetro de referencia es por tanto el número de juntas por unidad de longitud.

Ilustración 10.4. Presencia de desvíos en la línea



Fuente: Elaboración propia

Esta problemática es más frecuente en las proximidades de las estaciones donde estos elementos se encuentran más presentes en la superestructura de vía.

TÚNELES

En un túnel el sonido que produce el paso de tren es reflejado, tanto por la base de la vía como por las paredes del túnel, con lo que el nivel generado en el interior será mayor que si el tren discurre por terreno abierto. El incremento de nivel asociado al efecto túnel dependerá de las características de absorción de las superficies, paredes y base, del túnel.

Este mismo efecto contribuye a incrementar los niveles de ruido cerca de las bocas de túnel, añadiéndose al efecto sonoro generado por el paso del tren, la contribución del campo reverberante que se genera dentro del túnel. Así constituye un fenómeno que puede causar molestia para las edificaciones cercanas.

No obstante se trata de un suceso temporal y no de fuentes continuas como en el caso de los túneles de carreteras. En muchos casos la base de la vía dentro del túnel es una plataforma de hormigón, en lugar de balasto, por lo que la contribución del sonido reflejado en la base es mayor.

Ilustración 10.5. Existencia de túneles



Fuente: Elaboración propia

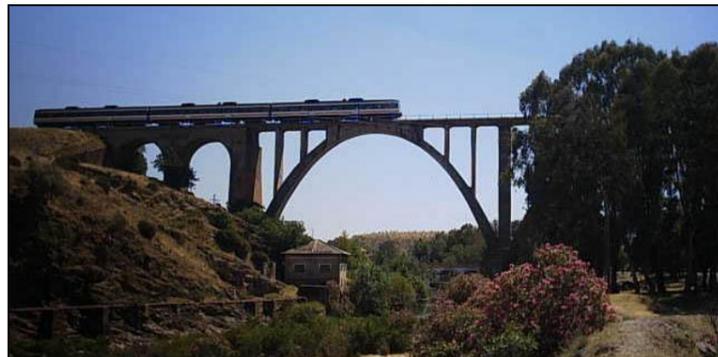
VIADUCTOS

En general, cuando un tren atraviesa una estructura produce un efecto sonoro mayor que en una plataforma convencional debido a la existencia de discontinuidades o elementos que puedan entrar en resonancia de vibración. De forma análoga, el mismo estudio holandés que valoraba la repercusión de la presencia de radios reducidos y los chirridos en ellas generados, establece que el 24% de la población altamente molesta atribuye su malestar como consecuencia del efecto ocasionado por la estructura.

Así, los mayores problemas de emisión de ruido se tienen generalmente a bajas frecuencias, las cuales excitan los modos propios de vibración del puente.

La causa radica en que la vibración producida por el contacto rueda-carril, convierte en focos adicionales, a la estructura soporte. El grado de incremento de los niveles de emisión producidos será en función de la longitud del viaducto, tipo de estructura de soporte, juntas existentes, etc.

Ilustración 10.6. Presencia de viaductos



Fuente: Elaboración propia

CAMBIO DE SUPERESTRUCTURA DE VÍA

En ocasiones se presenta un cambio en la superestructura de vía: alteración en el espaciado de traviesas, modificación de la tipología de vía (vía en placa, vía en balasto, vía con manta bajo balasto,...), el tipo de traviesa (de traviesas de madera a hormigón, por ejemplo).

Ilustración 10.7. Variación de la rigidez de la vía



Fuente: Elaboración propia

PASOS A NIVEL

En los pasos a nivel existen normalmente señales acústicas como medida de seguridad para indicar la proximidad del tren. Aunque el ruido que producen estos avisos no es tan elevado como el ruido máximo del tren, son motivo frecuente de queja por su carácter repetitivo, sus características tonales y su larga duración. Además la existencia de un paso a nivel conlleva normalmente la emisión de pitido por parte del tren.

Ilustración 10.8. Tipología de paso a nivel con barrera. Generación de pitidos



Fuente: Wikipedia

OTRAS CASUÍSTICAS

Zonas de frenado

La emisión adicional de ruido durante el frenado del tren depende del sistema de frenado que se disponga en el mismo. Dirigiendo nuestro análisis a los frenos mecánicos, de los dos sistemas usados de manera más regular, el sistema de frenado mediante zapatas produce mucho más ruido que los frenos de disco.

Existen muchas tipologías de ruido ocasionado en el fenómeno de frenado. Entre los efectos más conocidos y que generan una gran molestia se encuentra aquel caracterizado por altas frecuencias y a menudo altas amplitudes lo cual lo hace muy similar al chirrido experimentado en las curvas de radio reducido. De forma análoga a éste, el origen del sonido se centra en el deslizamiento del rotor de frenado durante la reducción de la velocidad, especialmente al final del proceso a una velocidad muy reducida.

Otros tipos importantes de efectos sonoros generados en la operación de frenado se derivan de las vibraciones generadas en las partes integrantes del freno causadas por las irregularidades en las superficies en contacto o de las tolerancias de manufacturación elevadas.

Ilustración 10.9. Zona de frenado



Fuente: Elaboración propia

Juntas embridadas

En las zonas en las que hay una presencia de discontinuidad de carril (carril con juntas), se produce un impacto de la rueda con esta discontinuidad. En estos casos la emisión de ruido viene ligada a la velocidad de paso del tren, la geometría de la junta y la carga por eje.

Ilustración 10.10. Junta embridada



Fuente: Elaboración propia

10.2. Criterios básicos para la definición de medidas

La definición de las medidas protectoras y correctoras a aplicar debe mantener la tendencia iniciada por la Comisión Europea que ya estableció en el Libro Verde de Lucha contra el Ruido (1996) la nueva política de la Comisión Europea en materia acústica.

La creación de un grupo de trabajo en la materia formado por expertos de los estados miembros así como las principales asociaciones ferroviarias a nivel internacional (UIC, UIP, CER, etc.), ha configurado un marco de desarrollo e innovación continua sobre la detección de la problemática existente y la definición de las principales líneas de actuación.

Entre los objetivos de este grupo de trabajo se definió la necesidad de investigar y evaluar el impacto ocasionado por el ruido de los diferentes medios de transporte y el establecimiento de las prioridades para su minimización. Para ello entre las tareas a realizar se contemplaba la recapitulación de las políticas emprendidas por los estados miembros con el propósito de establecer una estrategia europea común para la minimización del ruido ferroviario. Así, en 2003 se presentó el documento "Position Paper on the European strategies and priorities for railway noise abatement", Working Group Railway Noise of the European Commission.

Las principales conclusiones de este estudio fijan la necesidad de darle prioridad como política global de minimización del ruido ferroviario a las **medidas relacionadas con la fuente emisora** debido a que resultan más eficaces atendiendo a los análisis coste-beneficio realizados.

No obstante, se determinó la especial relevancia del ruido de rodadura de los vagones de mercancías. La tecnología de frenado que se utiliza actualmente (fricción de zapatas de freno de metal fundido sobre la superficie de las ruedas) crea rugosidades en la superficie de las ruedas, lo que provoca un elevado nivel de vibración de las vías y las ruedas. Como los trenes de mercancías circulan con frecuencia por la noche, su emisión acústica tiene un impacto aún mayor.

No obstante, según cifras recientes, en Europa se destina cada año un total de 150-200 millones de euros a la construcción de pantallas acústicas. Estas pantallas podrían ser sin duda un elemento eficaz de los programas de reducción del ruido en caso necesario, por ejemplo en zonas urbanas densas. Si van acompañadas de medidas en la fuente, la longitud o la altura de estas pantallas podrían reducirse, lo que supone un ahorro considerable.

Para solucionar los problemas en la fuente y garantizar la interoperabilidad de las líneas ferroviarias, la Comisión ya ha comenzado a adoptar medidas tales como la especificación técnica de interoperabilidad referente al ruido del sistema ferroviario (ETI «Ruido»)¹ en noviembre de 2014, que fija límites para el material rodante utilizado en la Unión Europea. Estos límites son aplicables al material rodante nuevo y renovado, en particular los vagones de mercancías, que deberán ir equipados con zapatas de freno de bajo nivel de ruido, que reduzcan las emisiones sonoras en torno a un 50%.

Sin embargo, debido a la elevada vida útil del material rodante, se tardará varios años antes de poder reducir de manera sensible todas las emisiones sonoras de los trenes de mercancías de conformidad con la legislación en vigor, si no se introducen medidas adicionales en relación con la flota existente. Por esta razón, la Comisión se encuentra en estudio de futuras medidas encaminadas a la instalación de vagones de mercancías con sistemas de freno poco ruidosos.

En definitiva, a pesar de que no se considera análoga la problemática global de la Unión Europea con la inventariada en cada una de las zonas de actuación, se considera importante mantener la política descrita mediante la cual se priorizarán las actuaciones a diseñar en el siguiente orden: **medio emisor, medio trasmisor y por último, medio receptor.**

10.3. Tipología de medidas correctoras

En general, los principios básicos para reducir los efectos nocivos de los medios de transporte son:

- ✓ Minimizando los transportes realizados o aumentando su eficiencia (como por ejemplo aumentando la tasa de ocupación).
- ✓ Desplazando la demanda hacia modos de transporte de menor impacto sobre los diferentes factores ambientales, especialmente sobre la población.
- ✓ Reduciendo las emisiones realizadas en la fuente mediante medidas técnicas en los vehículos o las líneas, así como mediante restricciones operativas (a la velocidad de circulación, número de operaciones, periodo horario en el que tienen lugar, etc.).

Para manejar aquellas problemáticas de naturaleza más local, resultan disponibles medidas adicionales más ligadas al entorno territorial en el que se producen:

- ✓ Gestión adecuada del uso del suelo en el entorno de las infraestructuras.
- ✓ Medidas aplicadas en el medio trasmisor.
- ✓ Regulación del tráfico.
- ✓ Medidas dirigidas al tratamiento de los edificios expuestos.

A continuación se realiza una descripción de las principales medidas posibles a considerar en cada una de las fases de intervención así como una propuesta de medidas óptimas para el presente estudio.

¹Reglamento 1304/2014 de la Comisión de 26 de noviembre de 2014(DO L 356 de 12.12.2014)

10.3.1. Actuaciones en el foco emisor

Las actuaciones en el medio emisor que pueden ser planteadas son muy numerosas debido al gran número de variables involucradas.

Tal y como se ha descrito ampliamente en apartados anteriores, las principales fuentes ferroviarias son el ruido motor, ruido derivado de la rodadura y el ruido aerodinámico. Las mejoras introducidas en estas fuentes se refieren tanto a las actuaciones sobre el material móvil, a partir del empleo de vehículos de menor emisión acústica (nuevos o adaptación de los antiguos), así como medidas sobre la superestructura, encaminadas a paliar el ruido de rodadura como principal fuente que contribuye a los niveles totales emitidos por el ferrocarril. En ambos supuestos se atribuye una importancia esencial al adecuado mantenimiento de ambos elementos.

Para el **ruido de rodadura** podría plantearse:

- ✓ Suavizar los perfiles tanto de las ruedas como de las vías para mejorar el contacto. Esta medida implica:
 - El uso de sistemas de frenado que permitan asegurar el mantenimiento de un adecuado contacto.
 - Adecuado mantenimiento de las vías y las ruedas.
- ✓ Empleo de diseños en que favorezcan el aislamiento vibratorio y amortiguamiento de los elementos que intervienen en la rodadura. Entre las posibilidades disponibles se citan:
 - Optimización en el diseño de las ruedas.
 - Frenos de disco instalados en las ruedas.
 - Dispositivos colocados en la superestructura de vía.
- ✓ Apantallamiento de los vehículos:
 - Carenado de ruedas, bogies y cualquier elemento que constituya un posible foco emisor.
 - Diseño de pantallas acústicas de reducidas dimensiones y muy próximas a la vía que alcancen la cobertura del contacto rueda-carril.

En el caso del **ruido motor**, las opciones podrían ser las siguientes:

- ✓ Diseño de vehículos diésel de mínima emisión mediante optimizaciones del motor, adecuados aislamientos de los elementos que lo componen, empleo de equipos más silenciosos, etc.
- ✓ En el caso de los trenes eléctricos, pueden existir problemas relacionados con los sistemas de ventilación y los sistemas de cambio de velocidad a bajas velocidades. En ambos casos, es posible mejorar los niveles de emisión mediante un adecuado proceso de innovación de las instalaciones.

Por último, el **ruido de tipo aerodinámico** tiene una singularidad muy especial relacionada con el diseño del material rodante. Por este motivo, las soluciones se enfocan en mejorar el perfil aerodinámico tanto de las unidades motoras como de los vagones mediante el carenado de elementos, la supresión de cavidades con salida al exterior a lo largo del tren o cubrimientos del pantógrafo.

Estas medidas de tipo teórico se incorporan en el estudio mediante las siguientes propuestas.

Tabla 10.1. Medidas planteables en medio emisor

Medio en el que se interviene	Medida	Problemática a resolver
Material Móvil	<ul style="list-style-type: none"> - Empleo de material móvil más silencioso. - Sustitución sistema frenado en trenes de mercancías - Mejora de ruedas - Minimización de pitidos - Reducción velocidad - Planificación de horarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Tramos operativos muy próximos a zonas pobladas - Pasos a nivel - Curvas de radio reducido
Superestructura	<ul style="list-style-type: none"> - Supresión de pasos a nivel - Sustitución de tramos metálicos - Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Eliminación juntas - Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Amolado 	<ul style="list-style-type: none"> - Tramos operativos muy próximos a zonas pobladas - Pasos superiores. - Zonas de alta densidad de desvíos - Curvas de radio reducido

Medio en el que se interviene	Medida	Problemática a resolver
	- Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Modificación tipología desvío	- Pasos a nivel
	- Modificadores de fricción. Lubricantes	
	- Cambio de elasticidad de la superestructura	
	- Renovación completa de vía	

Fuente: Elaboración propia

Las innovaciones en el material rodante se consideran de forma genérica en base a una única medida denominada "empleo de material móvil más silencioso" con el objeto de considerar el esfuerzo por efectuar una renovación de los equipos existentes de acuerdo a las políticas europeas existentes y de obligado cumplimiento a nivel estatal.

10.3.2. Actuaciones en el medio de propagación

Las pantallas acústicas constituyen la medida protectora más común a aplicar en el medio trasmisor aunque existen metodologías alternativas que consiguen el mismo efecto, tales como la construcción de edificios con uso no sensible entre la infraestructura y las edificaciones de naturaleza residencial. Sin embargo, esta solución presenta condicionantes de espacio que en ocasiones no es posible resolver.

Las medidas seleccionadas a plantear de manera efectiva sobre los tramos en estudio, se citan en la tabla adjunta a continuación.

Tabla 10.2. Medidas planteables en medio trasmisor

Medio en el que se interviene	Medida	Problemática a resolver
Medio trasmisor	- Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción - Paneles fonoabsorbentes en muros - Soterramiento vía - Cubrimiento vía	- Tramos operativos muy próximos a zonas pobladas

Fuente: Elaboración propia

10.3.3. Actuaciones en el receptor

Las soluciones dirigidas a actuar sobre el propio receptor deberían constituir la última opción disponible una vez agotadas las líneas de acción sobre los medios anteriores.

Su naturaleza puede ser diversa, debido a que pueden concentrarse en la atenuación de niveles mediante aislamiento de viviendas o la reducción de la sensación de molestia a partir de la creación de climas de entendimiento, confianza y transparencia con el organismo gestor de la infraestructura.

Las medidas planteadas en este estudio serán las siguientes.

Tabla 10.3. Medidas planteables en medio receptor

Medio en el que se interviene	Medida	Problemática a resolver
Medio receptor	- Medidas de aislamiento edificio - Divulgación problemática - Campañas de medición periódicas	- Resolución de problemáticas no corregidas mediante medidas en medio emisor y receptor.

Fuente: Elaboración propia

10.4. Caracterización de las medidas seleccionadas

De las medidas descritas anteriormente, se han seleccionado aquellas que debido al alcance y limitaciones de este estudio son posibles de abordar. Existen, no obstante, medidas de tipo económico que pueden desincentivar el uso de un determinado material rodante mediante la aplicación de una tarificación especial debido al deterioro de la calidad ambiental que producen.

A continuación se describen las medidas especificadas de acuerdo al medio sobre el cual actúan. Para ello se ha adoptado el formato ficha que incluye información de la definición de la medida, la problemática a la cual es aplicable, la valoración acústica y la valoración económica de su implantación.

Para poder efectuar un análisis multicriterio de estas medidas enmarcadas en una propuesta para cada zona de actuación, deberíamos contar con el mismo grado de información de las medidas planteadas. Esta situación no se produce, existiendo gran variabilidad de resultados e indeterminaciones en alguna de las soluciones, especialmente cuando se introducen medidas relativas a material y superestructura de vía.

Por esta razón, se ha incluido en la ficha un esquema que facilite la valoración y selección de las medidas a adoptar por cada zona de actuación de forma cualitativa. Para ello, cada una de las medidas ha sido catalogada con una graduación de colores de acuerdo a su eficacia acústica y coste económico. Así mismo se incluye la valoración de la prioridad de adopción de la medida que atribuye el "Position Paper on the European strategies and priorities for railway noise abatement" del Working Group Railway Noise de la Comisión Europea, 2003.

10.4.1. Actuaciones en el foco emisor

ACTUACIONES EN EL FOCO EMISOR. MATERIAL MÓVIL

ME. MM. 1 MEDIDAS MEDIO EMISOR. MATERIAL MÓVIL Empleo de material móvil más silencioso

Definición de la medida

La medida contempla el empleo de material móvil más silencioso.

Para ello es posible actuar en diferentes áreas. Por un lado, el material motor puede estar equipado con silenciadores y amortiguadores que reduzcan la señal emitida en todos los elementos motores o de ventilación. Por otro lado es posible efectuar el carenado de los elementos motores para atenuar su transmisión al exterior. Con esta medida se consigue además una minimización del ruido aerodinámico, aunque este efecto cobre relativa importancia a altas velocidades. Así mismo, contempla la adquisición de nuevo material rodante que genere menor emisión de ruido.



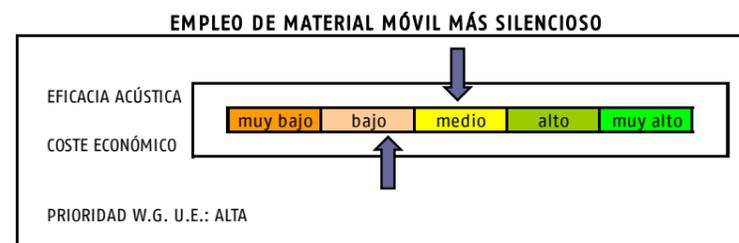
Serie 432 eléctrica (www.listadotren.es)



Serie 490 eléctrica (www.listadotren.es)

Problemática aplicable	Medida de carácter general aplicable a todo el trazado
Valoración acústica	No es posible evaluar la repercusión acústica global de estas medidas debido a la gran cantidad de variables que engloba.
Valoración económica	Se ha considerado el volumen de inversión previsto por RENFE Operadora para la adquisición de nuevo material móvil que cumple las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad en los próximos 5 años.

Síntesis de la medida



El nuevo material que tiene previsto adquirir Renfe Operadora cumplirá con la Especificación Técnica de Interoperabilidad aplicable al Subsistema Material Rodante – Ruido, Reglamento (UE) Nº 1304/2014 de la Comisión de 26 de noviembre de 2014, en lo que se refiere al ruido estacionario, al ruido de puesta en marcha y al ruido de paso.

En el periodo de vigencia de este Plan de Acción, las nuevas adquisiciones se centran en 15 trenes de Alta Velocidad para ancho UIC con un valor de fabricación de 337 Millones de €.

Estas adquisiciones se podrán ampliar, dependiendo de las necesidades operativas, a 15 trenes de Alta Velocidad de ancho variable, 22 vehículos autopropulsados para los servicios en red de ancho métrico, y a un número de vehículos autopropulsados eléctricos, por determinar, para los servicios de media distancia.

En cuanto a la renovación de material de transporte de mercancías, la Sociedad Renfe Mercancías no tiene previsto que se incorporen nuevos vagones, ni locomotoras en los próximos años.

ME. MM. 2 MEDIDAS MEDIO EMISOR. MATERIAL MÓVIL
Sustitución de zapatas de fundición por zapatas sintéticas tipo LL ó K

Definición de la medida

La medida contempla la sustitución del sistema actual de frenado de los trenes de mercancías, basados en zapatas de fundición, a frenos de disco o de bloque elaborados con materiales sintéticos con menor nivel de emisión.

Constituye la alternativa más eficiente al problema del ruido de mercancías desde un punto de vista técnico, económico y por otras ventajas adicionales que conlleva, como prolongar la vida útil de la superficie de contacto de la rueda.

Tipo K: Se utiliza mayoritariamente en los nuevos vagones. Renfe Mercancías exige en sus especificaciones técnicas que los nuevos vagones vengan equipados con zapatas sintéticas tipo K.

Tipo LL: Constituyen la tipología seleccionada para renovar las unidades antiguas, dado que la sustitución de los frenos de zapata de fundición por las de tipo K, implica modificar las timonerías de freno, lo que supone un coste muy elevado

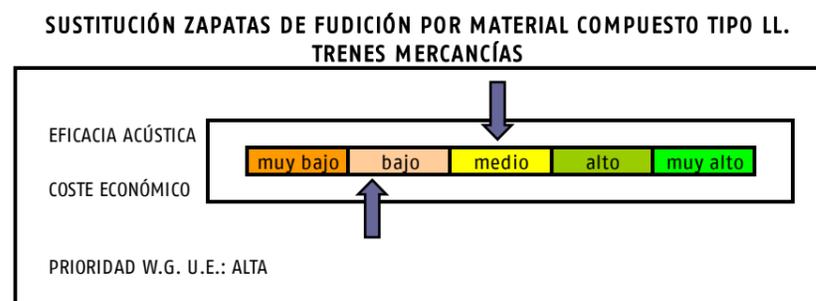


Problemática aplicable: Aquellos tramos con un nivel de tráfico elevado de trenes de mercancías

Valoración acústica Se han constatado reducciones comprendidas entre 6 y 10 dBA

Valoración económica Tipo LL: 3.000 €/vagón
 Tipo K: 6.000 €/vagón

Síntesis de la medida



En el momento de la elaboración del Plan de Acción de la primera fase (datos año 2009) la implantación de zapatas sintéticas tipos "K" o "LL" en vagones de mercancías, alcanzaba el 31% del parque total.

En la actualidad, el 45 % de los vagones existentes disponen de sistemas de frenado de baja emisión sonora (datos de septiembre de 2016).

En lo que se refiere al escenario temporal del presente Plan de Acción está previsto que se sustituyan las zapatas de 418 vagones por zapatas tipo "LL", con un coste de 1.254.000 €, no estando prevista la adquisición de nuevos vagones de mercancías con zapatas tipo "K".

Con estas nuevas sustituciones está previsto que en los próximos 5 años el 49% de los vagones de mercancías dispongan de zapatas sintéticas "K" o "LL".

ME. MM. 3 MEDIDAS MEDIO EMISOR. MATERIAL MÓVIL
Mejoras en las ruedas

Definición de la medida

El mantenimiento del perfil de la rueda contribuye a mejorar el contacto rueda carril que constituye una de las fuentes principales del ruido ferroviario. Así, de acuerdo al *Curso Savoir: Noise and Vibration from Rail Transportation System. 1.996. Capt 7 Rolling and Impact Noise*:

- ✓ La simetría de las ruedas puede suponer una reducción de hasta 4 dB en la emisión.
- ✓ La utilización de ruedas más gruesas reduce la amplitud de la vibración y puede suponer 2 dB menos de emisión sonora.
- ✓ Si el diámetro es menor se reduce la radiación de sonido en unos 3 dB, ante la misma excitación por vibraciones en su borde.

La amortiguación de la rueda también contribuye a una menor emisión acústica reduciendo los niveles en un intervalo comprendido entre 1 y 3 dBA.

En este aspecto se están siguiendo las indicaciones de la normativa actual relativa al análisis del comportamiento acústico de la rueda, dentro del procedimiento de aceptación técnica establecido en la Norma EN13979 y complementado con la Ficha UIC 510-5.



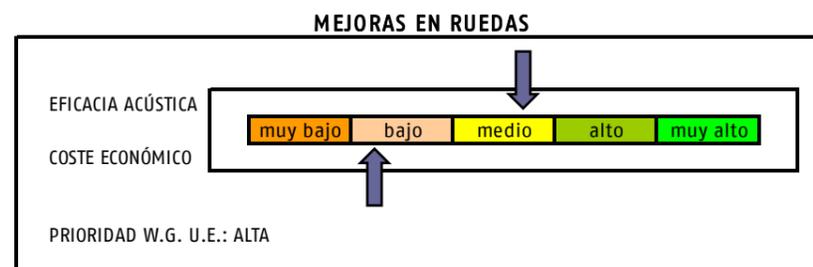
Suspensión de bogies
(www.tramvia.org)

Problemática aplicable: Zonas de curvas de radio reducido, alta densidad de desvío o cambios de rigidez en la plataforma de vía

Valoración acústica Las medidas descritas ocasionan mejoras acústicas comprendidas entre 3 y 5 dBA aunque pueden alcanzar los 15 dBA en caso de deterioros muy graves.

Valoración económica 0,14 €/km (supone unos 130M € en toda la Red durante los próximos 5 años)

Síntesis de la medida



ME. MM. 4 MEDIDAS MEDIO EMISOR. MATERIAL MÓVIL
Minimización de pitidos

Definición de la medida

La medida consiste en la minimización en el uso de los pitidos salvo en aquellas circunstancias en las cuales sea imprescindible por motivos de seguridad. En la actualidad, esta práctica es muy común al paso del tren por estaciones o pasos a nivel para evitar la presencia de personales o animales en la vía.

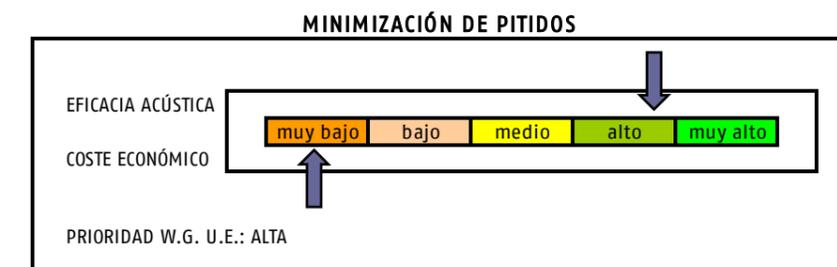
La minimización de esta práctica debería conllevar un análisis exhaustivo de las circunstancias en las cuales es conveniente su empleo debido a motivos de seguridad que prevalecen ante cualquier afección medioambiental.

Problemática aplicable: Se encuentran muy asociados a la existencia de invasiones en las vías. Por este motivo pueden ser frecuentes en aproximaciones a estaciones, cruce con otros vehículos durante la operación, presencia de pasos a nivel, etc.

Valoración acústica La eliminación de pitidos implica la reducción puntual de los niveles de emisión en valores comprendidos entre 65 y 100 dBA.

Valoración económica No evaluable en términos cuantitativos.

Síntesis de la medida



ME. MM. 5 MEDIDAS MEDIO EMISOR. MATERIAL MÓVIL
Reducción de velocidad

Definición de la medida

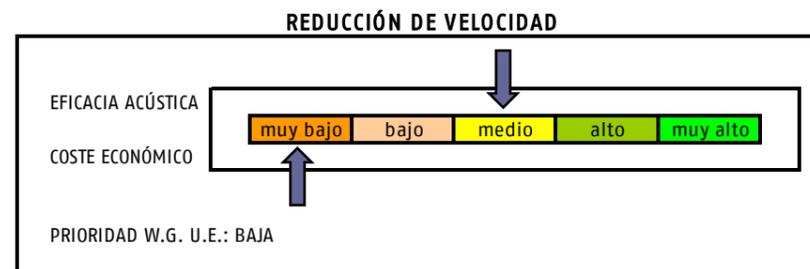
La minimización de la velocidad es una medida muy útil para paliar el efecto ocasionado por los trenes de mercancías. El efecto causado provoca variaciones en la fuente de ruido debido a que al reducir la velocidad el tiempo de paso se amplía cobrando más importancia el ruido motor. Su repercusión debe ser valorada en cada caso mediante la modelización acústica.

Problemática aplicable: En aquellos tramos en los que coincida la presencia de trenes de mercancías a alta velocidad o circulando sobre superestructuras de vía que impliquen transiciones de rigidez, pasos de estructuras, alta densidad de aparatos de vía, etc.

Valoración acústica Se constatan reducciones próximas a 9 dBA.

Valoración económica No es posible evaluar económicamente el coste de implantación de esta medida debido a que implica la definición de una metodología de "conducción acústica eficaz" y específica para cada tramo.

Síntesis de la medida



ME. MM. 6 MEDIDAS MEDIO EMISOR. MATERIAL MÓVIL
Planificación de horarios

Definición de la medida

La planificación de horarios de circulación es una medida muy efectiva para aquellas categorías de material rodante más ruidosas. Haciendo coincidir su paso con los periodos de baja sensibilidad acústica, el nivel de molestia acústica generada será menor a pesar de mantener similares niveles de emisión.

No obstante, esta medida resulta de muy difícil aplicación debido a que los trenes de mercancías (material móvil más ruidoso) planifican su operación en aquellas franjas horarias de menor tráfico, es decir durante el periodo nocturno de máxima sensibilidad para la población próxima.

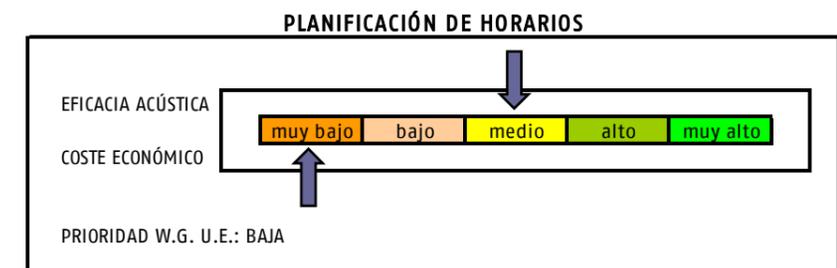
Para otras tipologías que se caracterizan por la intensidad y regularidad de su tráfico, esta medida resulta de muy difícil aplicación, por ejemplo en el caso de cercanías.

Problemática aplicable: Tramos de la línea que soporten un alto tráfico de mercancías.

Valoración acústica No es posible cuantificar acústicamente el traslado de la operación de una tipología de tren a otro periodo horario debido a que este valor es función de la totalidad del conjunto del tráfico, específico de cada tramo.

Valoración económica No es posible evaluar económicamente esta medida.

Síntesis de la medida



ACTUACIONES EN EL FOCO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA

ME. S. 1 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA Supresión de pasos a nivel

Definición de la medida

La medida consiste en la supresión de los pasos a nivel concretos que se encuentran próximos a alguna de las zonas de actuación identificadas. Adif está desarrollando un programa de supresión de este tipo de infraestructuras por motivos de seguridad.



Paso a nivel con barrera (www.wikipedia.com)

Problemática aplicable: Los pasos a nivel normalmente están asociados a cambios de rigidez (vía en placa por ejemplo) lo cual origina un efecto sonoro diferenciador. Así mismo se trata de zonas en las que existe gran densidad de juntas por el motivo anterior y coinciden con la emisión de pitidos por razones de seguridad.

Valoración acústica La eficacia acústica no puede ser cuantificada numéricamente debido a que son muchos los efectos a eliminar con la medida.

Valoración económica Los costes de implementar la medida son los siguientes:

€/ud	Con paso superior	Con paso inferior
Zona urbana	2.500.000	3.000.000
Zona rural	550.000	800.000

Síntesis de la medida



ME. S. 2 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA Sustitución de tramos metálicos

Definición de la medida

En los viaductos se produce un cambio en la rigidez de la vía por lo que, el aumento de vibraciones y emisiones acústicas va estrechamente ligado al tipo de estructura que se construya. En el siguiente cuadro se puede ver cómo, a la hora de proyectar un viaducto se puede anticipar que tipología es más conveniente según los condicionantes propios de la zona.

Tipo de Puente	L _A [dB]
Puente de acero (referencia)	0
Puente de acero con balasto	-10
Puente de acero con balasto y manta	-12
Puente mixto con balasto	-12
Puente mixto con balasto y aislamiento vibratorio	-15
Puente de hormigón armado con balasto	-12
Puente de hormigón armado con balasto y manta	-15
Puente de hormigón armado con vía en placa	-15



Fuente: Harmonoise WP1.2. State of the art report

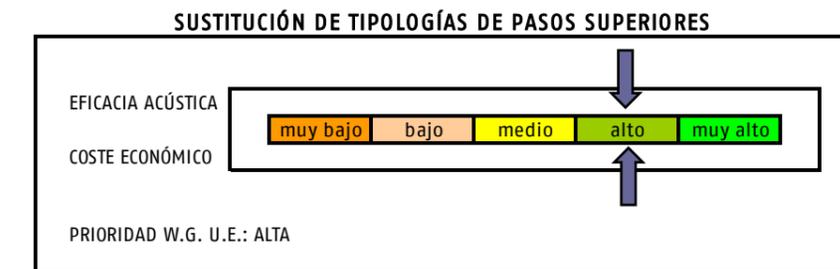
Así el cambio de tipología de tablero modifica sustancialmente las condiciones de emisión de un tren circulando a través de él.

Problemática aplicable: Se aplica a aquellas zonas en las que el trazado ferroviario discurre en estructura, especialmente de tipo metálico.

Valoración acústica La eficacia acústica es variable en función de la tipología de tablero o tratamiento de amortiguación al cual se someta. El intervalo de mejora puede cifrarse entre 10-15 dBA.

Valoración económica Se estima un coste de sustitución de tablero metálico por hormigón de 9.500 €/m

Síntesis de la medida



ME. S. 3 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Eliminación de juntas

Definición de la medida

La existencia de juntas en el contacto rueda carril genera un efecto de ruido de golpe como consecuencia de la discontinuidad. El efecto generado es función del peso del material móvil y de la velocidad de circulación.

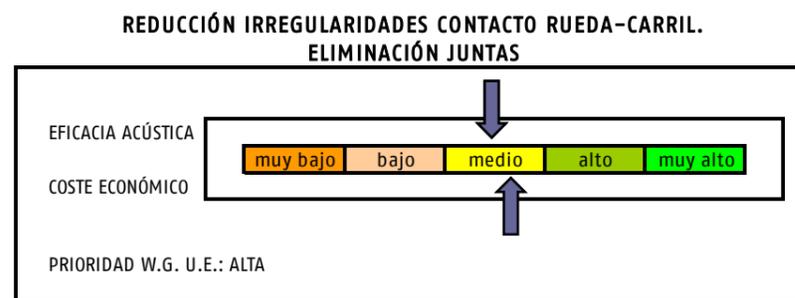
Las juntas pueden deberse a la existencia de aparatos de vía o a la propia tipología del carril o por la presencia de aparatos de vía. De este modo el empleo del carril soldado mejora el contacto y anula estas singularidades.

Problemática aplicable: Esta problemática puede producirse en zonas de alta densidad de desvíos o tramos de líneas antiguas de ferrocarril que se encuentren muy próximas a núcleos habitados.

Valoración acústica La medida puede representar una reducción de los niveles comprendida entre 2 y 5 dBA pudiendo alcanzar hasta los 10 decibelios.

Valoración económica La eliminación de juntas en un tramo se ha valorado de acuerdo a proyectos ya realizados siendo 180 €/m de vía única tratado (implantación de Barra Larga Soldada de 54 kg/m).

Síntesis de la medida



ME. S. 4 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Amolado

Definición de la medida

El amolado consiste en el reperfilado del carril devolviéndole la alineación proyectada en sentido transversal y longitudinal. Con esta acción se mejora el contacto de la pestaña con la cara activa del carril, disminuyendo la fricción y el consiguiente desgaste (la inscripción de los vehículos en curvas de radio reducido).

Según la norma NRV 7521: "Amolado de las superficies activas de carril, en vía", se recomienda eliminar por amolado el desgaste ondulatorio cuando alcance un nivel nocivo. La norma alemana fija como valor recomendado cuando la amplitud de D0 alcance 0,1 mm, indicando como máximo valor de la profundidad de ondulación permitido 0,3 mm.



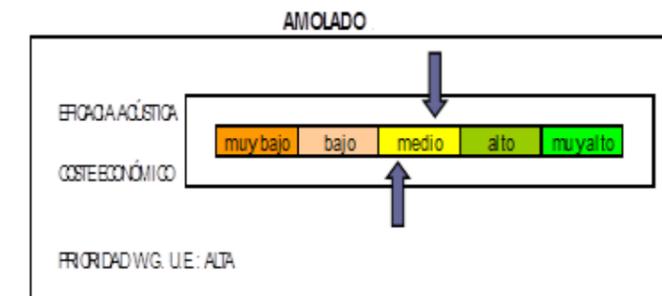
Elaboración propia

Problemática aplicable: Especialmente indicada en zonas en las que los fenómenos de desgaste ondulatorios son más frecuentes.

Valoración acústica Las reducciones frecuentes tras un amolado se cifran en 2 dBA aunque es posible obtener mejoras de hasta 15 dBA en aquellos casos en los que la situación de partida era muy desfavorable.

Valoración económica El coste de ejecución del amolado se cifra en 20 €/m.

Síntesis de la medida



ME. S. 5 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Modificación tipología de desvío

Definición de la medida

Los desvíos constituyen un cambio de vía que puede ocasionar variaciones bruscas en la rodadura generando efectos sonoros no deseados.

Las tipologías de desvío basadas en corazones de punta móvil obtienen como resultado una zona de transición continua, sin interrupciones en el borde de la superficie de rodadura, con lo que es particularmente apropiado para la atenuación acústica y vibratoria que ocasionan los corazones tradicionales al paso del material rodante.

Con este tipo de corazón tampoco se producen golpes e impactos en la zona de transición, lo cual reduce también la emisión de ruido



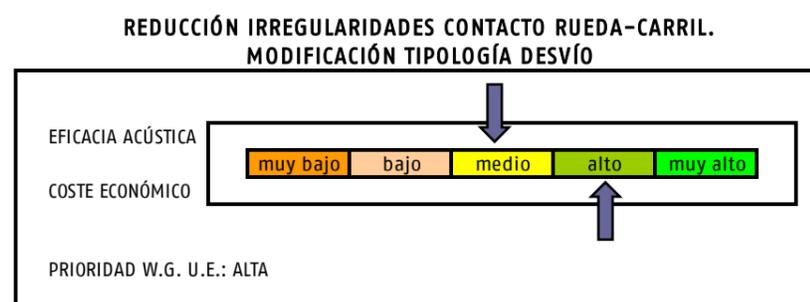
Elaboración propia

Problemática aplicable: Aquellas zonas en las que existen desvíos muy próximos a población circundante y que experimenten tráfico de material móvil ruidoso.

Valoración acústica La atenuación obtenida en esta transición puede alcanzar valores comprendidos entre 5 y 10 dBA

Valoración económica Se considera el coste de sustituir un desvío A ó B a un tipo C, estimado en 110.000 €/ud

Síntesis de la medida



ME. S. 6 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
Modificadores de fricción. Lubricantes

Definición de la medida

El principio de acción de los lubricantes de carril es el de modificar el coeficiente de fricción entre rueda y carril, mejorando la estabilidad de la rodadura y reduciendo los microdeslizamientos frente al aumento de las secuencias de adherencia. Se ha observado durante la realización de numerosos proyectos el retraso en la evolución de desgaste ondulatorio en ambas vías con la lubricación del carril. Los dispositivos que dosifican el lubricante consiguen una impregnación "visual" de carril de 150 m, aunque los restos pueden llegar a cientos de metros.

El lubricante mejora la rodadura en la curva sobre todo en las zonas inmediatamente posteriores, retrasando la aparición de desgaste ondulatorio y, por consiguiente, se genera menos ruido característico con las circulaciones sobre el carril con este tipo de desgaste. Se ha constatado con mayor o menor eficacia que en función del estado del material rodante, el lubricante reduce el nivel de chirridos de alta frecuencia.

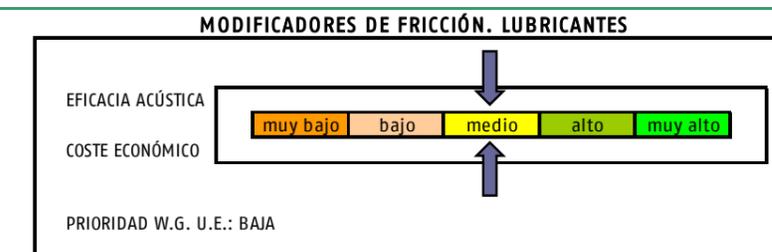


Problemática aplicable: Curvas de radio reducido

Valoración acústica Se han constatado reducciones de hasta 10 dBA en los tramos ensayados

Valoración económica Se ha estimado un coste de 51 €/m de acuerdo a costes de implantación reales y mantenimiento. La medición se realizará por metro sobre el cual se aplique la medida.

Síntesis de la medida



ME. S. 7 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
Cambios de elasticidad. Placas de asiento

Definición de la medida

La modificación de la rigidez de la placa de asiento puede amortiguar la generación de vibraciones y ruido como la disposición de las mismas. Colocadas de forma alterna en ambas vías, contribuyen a la aportación de elasticidad no homogénea a la superestructura de la curva, con objeto de "romper" la periodicidad del mecanismo de formación de desgaste ondulatorio.

Existen una gran diversidad de placas de asiento, con elasticidades que van desde los 22,5 kN/mm (vía en placa) hasta los 500 kN/mm (como elasticidades más comúnmente utilizadas).

La función de esta lámina es absorber parte del ruido irradiado por el carril.



Comportamiento dinámico de placas de asiento de sujeción de vía de ferrocarril

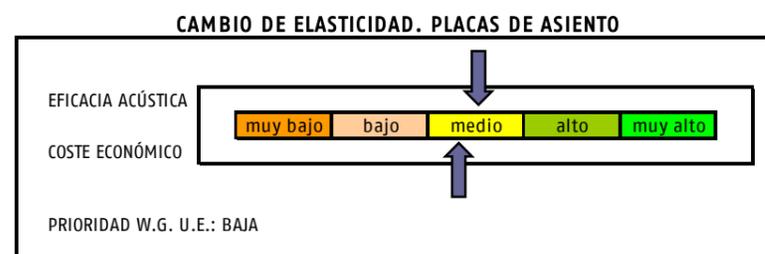
I. A. Carrascal, J. A. Casado, J.A. Polanco y F. Gutiérrez-Solana

Problemática aplicable: Aplicable en curvas de radio reducido, cambios de rigideces en la superestructura de vía (estructuras) o presencia de elementos móviles como desvíos.

Valoración acústica Los efectos alcanzan una reducción de hasta 12 dBA.

Valoración económica El coste de tratamiento asciende a 25 €/m colocado.

Síntesis de la medida

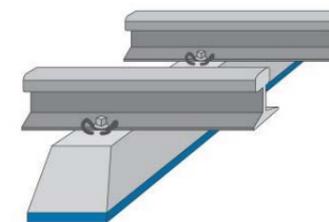


ME. S. 8 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
Cambios de elasticidad. Suelas bajo traviesa

Definición de la medida

Estas suelas colocadas bajo la traviesa, con su aportación de elasticidad a la vía, contribuyen a amortiguar las bajas frecuencias acústicas y vibratorias transmitidas hacia el balasto, protegiéndolo además de su degradación y reduciendo el desarrollo de desgaste ondulatorio.

Con las suelas bajo traviesa se consigue una mayor redistribución de la carga reduciéndose la compresión del balasto y haciendo así el lecho menos rígido; aumentamos la superficie de contacto balasto – traviesa, evita un apoyo incompleto de la traviesa, reduciéndose así el ruido y las vibraciones en la superestructura.



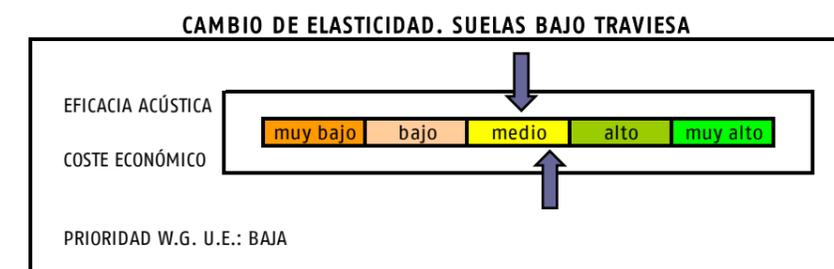
www.railarea.com

Problemática aplicable: Aplicable en curvas de radio reducido, cambios de rigideces en la superestructura de vía (estructuras) o presencia de elementos móviles como desvíos.

Valoración acústica Los efectos alcanzan una reducción de hasta 12 dBA.

Valoración económica El coste de tratamiento asciende a 200 €/m colocado debido a que implica la sustitución de las traviesas implicadas.

Síntesis de la medida



10.4.2. Actuaciones en el medio de propagación

ME. S. 9 MEDIDAS MEDIO EMISOR. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
Renovación completa de vía

Definición de la medida

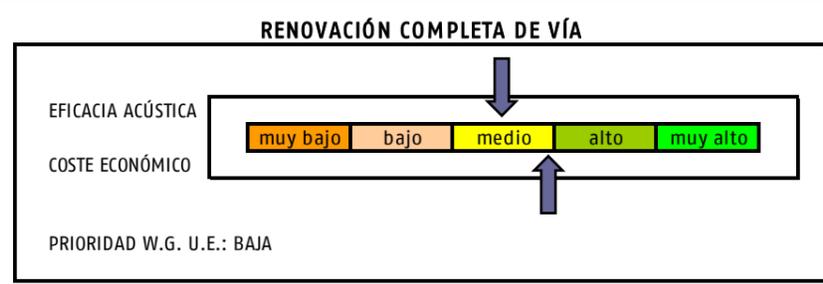
La medida implica la sustitución de todos los elementos que conforman la superestructura de vía, incluyendo sustitución de traviesas carril, desguarnecidos de balasto en caso de existir y colocación de elementos amortiguadores bajo algunos de los elementos para aminorar la rigidez de la plataforma.

Problemática aplicable: En aquellas configuraciones de vía que se encuentren muy deterioradas y se localicen de forma muy próxima a zonas habitadas.

Valoración acústica La adopción de la medida implica una reducción de los niveles comprendida entre 5 y 10 dBA.

Valoración económica La sustitución de la infraestructura de vía implica un coste lineal de 500 €/m de vía única ejecutado. Estas tareas ya están siendo abordadas con cierta periodicidad dentro de la programación del mantenimiento de las líneas. Así el coste de ejecución de la medida, que incrementaría la frecuencia de estas actuaciones en las zonas cuyo deterioro produce un mayor impacto acústico, representaría un incremento en los presupuestos asignados a estos trabajos. El coste ha sido estimado para una renovación de vía con 20 cm de balasto, traviesa PR-01 y carril de 54 kg/m.

Síntesis de la medida



MT. 1 MEDIDAS MEDIO TRASMISOR
Pantalla acústica de doble/alta absorción

Definición de la medida

Con relación a la propagación, la medida más convencional es la colocación de pantallas acústicas fuera de la vía que protejan a las edificaciones próximas.

El grado de atenuación de una pantalla acústica se basa en que el material que la constituye proporciona un aislamiento suficiente como para que el camino de propagación a través de ella sea despreciable en relación al camino obtenido si la rodeara tanto por su parte superior como por los laterales.



Fuente: www.durisol.com/p1noise.htm

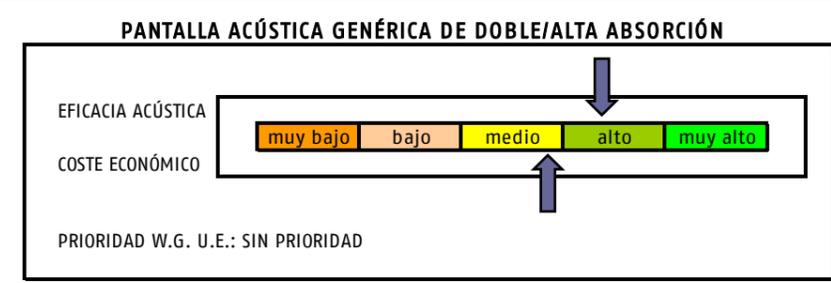
La pantalla con doble absorción corresponde con acabados absorbentes por ambos sentidos en previsión de que al otro lado de la línea ferroviaria exista una carretera que pueda ver reflejados los niveles emitidos por ella. El carácter absorbente de cara a la línea ferroviaria responde al mismo efecto ante posibles reflexiones entre el tren y la pantalla a su paso por una determinada sección.

Problemática aplicable: Existencia de edificaciones de baja altura muy próximas a la vía.

Valoración acústica Los valores de atenuación alcanzados se encuentran en el intervalo comprendido entre 16 y 31 dBA.

Valoración económica El precio de la pantalla asciende a 450 €/m², según precio base de licitación de ADIF-ADIF AV.

Síntesis de la medida



MT. 2 MEDIDAS MEDIO TRASMISOR
Paneles fonoabsorbentes en muros

Definición de la medida



Fuente: www.durisol.com/p1noise.htm

En ocasiones, los paramentos de muros existentes en el entorno o aquellos necesarios para la estabilidad de la plataforma pueden contribuir negativamente a la propagación acústica de la señal ocasionada por un vehículo ferroviario en circulación.

Es posible que las superficies lisas representen un incremento de niveles en los receptores como consecuencia de las señales emitidas y reflejadas en estos elementos. Así es posible detectar afección en localizaciones que en otras condiciones no tendrían lugar.

Un caso muy especial responde a los emboquilles de los túneles, constituidos normalmente por muros que van aumentando en dimensiones hasta alcanzar la boca de entrada. Este lugar se caracteriza por ser una fuente sonora singular debido a los cambios de presión existentes en el mismo. De forma análoga, este efecto puede verse amplificado por reflexión en los muros de acceso al mismo.

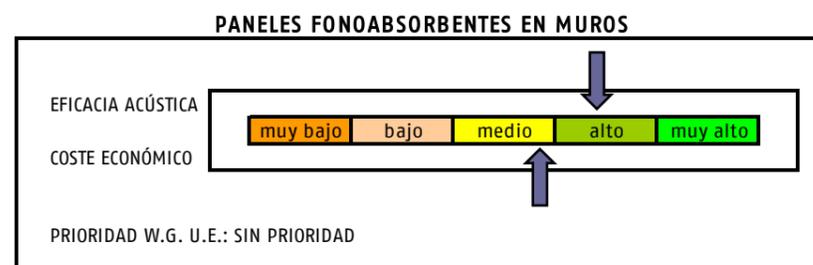
Dotar a estas superficies de materiales fonoabsorbentes representa una minimización de la señal emitida en su camino al receptor, atenuando así, los niveles de inmisión registrados en el mismo.

Problemática aplicable: Emplazamientos en los cuales existan muros que puedan representar un elemento reflectante para la población.

Valoración acústica Los valores de atenuación acústica oscilan desde 14 a 33 dBA.

Valoración económica Se estima un coste de 93 €/m² instalado.

Síntesis de la medida



MT. 3 MEDIDAS MEDIO TRASMISOR
Soterramiento de vía

Definición de la medida

El soterramiento de la línea consiste en efectuar una depresión de la línea para que atraviese la zona a salvar de forma subterránea. La medida posee unas grandes dificultades técnicas muy específicas del ámbito de actuación. A esta circunstancia se une la necesidad de efectuar una situación provisional operativa durante la duración de las obras de construcción.

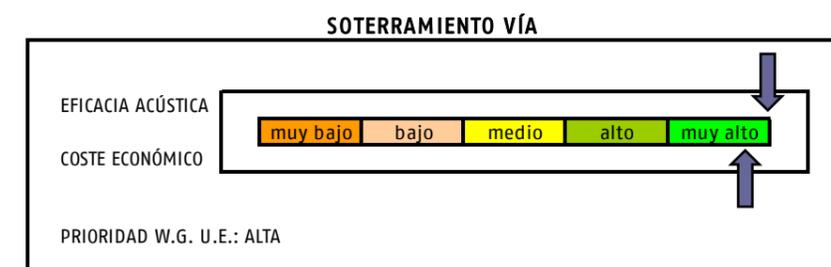
Problemática aplicable: Aplicable a problemáticas acústicas muy severas a lo largo de un tramo de dimensiones considerables. Se considera una de las últimas posibles medidas a adoptar, y debido a su coste debe ser adecuadamente justificada.

Para llevar a cabo esta medida será necesario un estudio acústico global que analice la posible aparición de vibraciones.

Valoración acústica La actuación anula la fuente emisora en la zona soterrada atendiendo a los niveles sonoros.

Valoración económica El coste asociado a esta actuación asciende a 3.400 €/m².

Síntesis de la medida



MT. 4 MEDIDAS MEDIO TRANSMISOR
Cubrimiento de vía

Definición de la medida

Consiste en la ejecución de una estructura que envuelva la línea ferroviaria a su paso por zonas densamente pobladas. Las tipologías a adoptar dependen del enclave en el cual se ubiquen y de la posición de la línea ferroviaria en relación a la cota de terreno.

De este modo, la actuación a desarrollar puede consistir en la colocación de una pantalla que cubra la totalidad de la vía con los materiales apropiados para conseguir la atenuación necesaria. Por el contrario, si la posición de la vía lo permite, es posible disponer una losa de cubrimiento que conforme un falso túnel.

Con ambas tipologías se consigue la práctica anulación del efecto sonoro ocasionado por la operación de la línea.



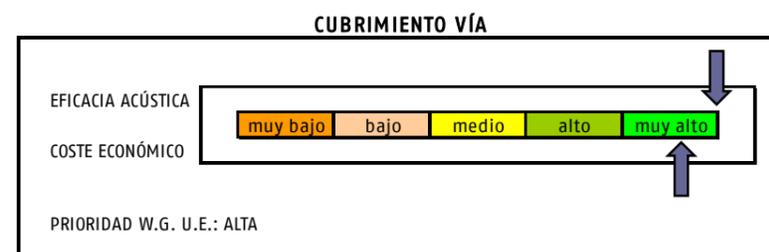
<http://www.roundel.com.au/>

Problemática aplicable: Edificaciones muy próximas a la vía de gran altura que no pueden ser protegidas por las pantallas convencionales.

Valoración acústica Mediante el empleo de materiales adecuados la atenuación de niveles de rebase es completa.

Valoración económica Se ha estimado un coste de 1.500 €/m² obtenido en base a la ejecución de un falso túnel.

Síntesis de la medida



10.4.3. Actuaciones en el receptor

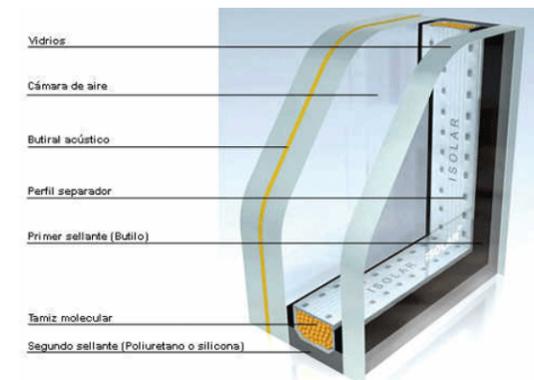
MR. 1 MEDIDAS MEDIO RECEPTOR
Medidas de aislamiento acústico de edificios

Definición de la medida

En relación con la protección al receptor, la actuación habitual radica en la mejora del aislamiento de los edificios afectados.

El objetivo radica en alcanzar que los niveles en el interior de las viviendas verifiquen el cumplimiento legal establecido por la Ley 37/2003, del Ruido. Las fachadas son, en general, elementos constructivos mixtos en los que se alternan materiales compactos con otros más débiles como ventanas y puertas.

De este modo, las tareas primordiales que abarcan este tipo de medidas van encaminadas a la mejora del aislamiento de las fachadas mediante el estudio o acondicionamiento de las características de aislamiento de ventanas o puertas.



Fuente: Ejemplo de doble acristalamiento, ISOLAR AKUSTEX. www.vitrocristalglass.com

Problemática aplicable: Aquellos emplazamientos en los cuales se hayan agotado las posibilidades de actuación tanto en el medio emisor y en la propagación hasta niveles razonables.

Valoración acústica Los valores a obtener son muy diversos en función del tratamiento aplicado pudiendo alcanzarse atenuaciones de hasta 65 dBA.

Valoración económica El coste económico de las medidas ascienden a 10.000 €/vivienda y 50.000 €/planta de hospital o colegio

Síntesis de la medida



MR. 2 MEDIDAS MEDIO RECEPTOR
Divulgación de la problemática

Definición de la medida

La molestia acústica es una variable que posee un fuerte carácter subjetivo para la población expuesta a niveles elevados de exposición sonora. En esta valoración individual de la afección sufrida cobran mucha importancia los valores de la comprensión, transparencia y sobre todo la confianza.

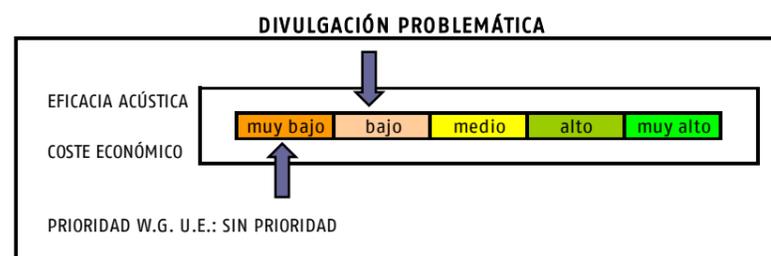
La divulgación clara y concisa de la problemática existente contribuye a aumentar el grado de conocimiento del problema y a favorecer el contacto cooperativo entre las partes implicadas. Por esta razón, es muy importante la divulgación de la problemática existente, así como de las líneas de acción a iniciar para paliarla. Los cauces para desarrollar esta comunicación son muy numerosos y pueden consistir en la creación de grupos de trabajo técnico en los que se decidan las medidas a adoptar y se valoren las posibles alternativas.

Problemática aplicable: Medida aplicable a la totalidad de las zonas en las cuales se haya constatado la existencia de una problemática acústica.

Valoración acústica La valoración de la medida no repercute sobre los niveles de inmisión existentes sino sobre el grado de entendimiento de los mismos.

Valoración económica No constituye una medida que pueda ser evaluada económicamente.

Síntesis de la medida



MR. 3 MEDIDAS MEDIO RECEPTOR
Campañas de medición periódica

Definición de la medida

Dada la existencia de problemática en las zonas de actuación, se abordan campañas de medición orientadas a la verificación de los niveles existentes en un emplazamiento concreto.

La medida a aplicar consiste en el mantenimiento del compromiso existente en la actualidad de la realización de aquellas campañas de muestreo que se consideren justificadas ante la existencia de una posible afección no caracterizada, o para la verificación de unos niveles previsibles calculados mediante métodos de estimación.

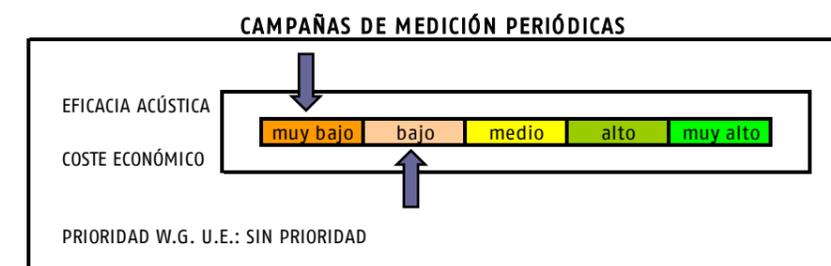
Esta medida se fundamenta en tratar de ofrecer la mayor transparencia en las metodologías seguidas, así como la completa disposición a aclarar cuantas dudas pudieran existir sobre las mismas.

Problemática aplicable: Medida aplicable a la totalidad de las zonas en los cuales se haya constatado la existencia de una problemática acústica.

Valoración acústica La medida no repercute en los niveles sonoros existentes, pero favorece la transparencia y confianza de la población implicada en el ámbito de análisis.

Valoración económica Se define una campaña de medidas por zona de actuación en caso de ser necesaria al coste aproximado de 4.000 €/zona estudiada.

Síntesis de la medida



10.5. Síntesis de la librería de medidas aplicables

A continuación se incluye una tabla que sintetiza la totalidad de las medidas a plantear así como su valoración desde el punto de vista acústico y económico.

Tabla 10.4. Tabla resumen de la librería de medidas protectoras y correctoras aplicable

Medio en el que interviene	Medida	Prioridad W.G.	Eficacia acústica CL (1-6)	Eficacia acústica en dBA	Coste CL (1-6)	Coste de Implantación	Viabilidad de implantación	
MEDIO EMISOR (ME) MATERIAL MÓVIL (MM)	1	Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disipadores)	alta	media	5-11	bajo	No evaluable	Implementación RENFE/ operadoras
	2	Sustitución zapatas de fundición por material compuesto tipo LL o K en mercancías	alta	media	6-10	bajo	Tipo LL: 3.000 €/vagón Tipo K: 6.000 €/vagón	Implementación RENFE/ operadoras
	3	Mejoras ruedas (Ruedas con amortiguación elástica, Ruedas rectificadas)	alta	media	3-5 hasta 15	bajo	0,14 €/km	Implementación RENFE/ operadoras
	4	Minimización de pitidos	alta	alta	65-100	Muy bajo	No evaluable	Interesa a protocolos seguridad. RENFE
	5	Reducción velocidad	baja	media	hasta 9	Muy bajo	No evaluable	Imposible en cercanías
	6	Planificación de horarios	baja	media	No evaluable	Muy bajo	No evaluable	Implementación RENFE/ operadoras
MEDIO EMISOR (ME) SUPERESTRUCTURA (S)	1	Supresión de pasos a nivel	alta	alta	No evaluable	alto	550.000 – 3.000.000 €/Ud	Situación transitoria
	2	Sustitución tramos metálicos	alta	alta	10 -15	alto	9.500 €/m	Situación transitoria
	3	Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Eliminación juntas	alta	media	2-5 (10)	medio	180 €/m	Situación transitoria
	4	Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Amolado	alta	media	2 (15)	medio	20 €/m	Sujeto a la disponibilidad del tren amolador. Exige planificación
	5	Reducción irregularidades contacto rueda-carril. Modificación tipología desvío	alta	media	5-10	alta	110.000 €/Ud	Situación transitoria
	6	Modificadores de fricción. Lubricantes	alta	media	Hasta 10	medio	51 €/m	No dificultad
	7	Cambio de elasticidad. Placas de asiento	alta	media	Hasta 12	medio	25 €/m	No dificultad
	8	Cambio de elasticidad. Suelas bajo traviesa	alta	media	Hasta 12	medio	200 €/m	No dificultad
	9	Renovación completa de vía	alta	Media	5-10	medio	510 €/m vía única	Situación transitoria

Medio en el que interviene	Medida	Prioridad W.G.	Eficacia acústica CL (1-6)	Eficacia acústica en dBA	Coste CL (1-6)	Coste de Implantación	Viabilidad de implantación	
MEDIO TRASMISOR (MT)	1	Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	Sin prioridad	Alta	16/31	medio	450 €/m ²	Problemática ubicación
	2	Paneles fonoabsorbentes en muros	Sin prioridad	alta	14-33	alto	93 €/m ²	No dificultad
	3	Soterramiento vía	Alta	Muy alta	completa	Muy alto	3.400 €/m ²	Necesidad de situación provisional a las obras
	4	Cubrimiento de vía	Alta	Muy alta	completa	Muy alto	1.500 €/m ²	Necesidad de situación provisional a las obras
MEDIO RECEPTOR (MR)	1	Medidas de aislamiento acústico de edificios	Sin prioridad	alta	Hasta 65	Alto	10.000 €/vivienda 50.000 €/ planta de hospital o centro docente.	Dificultad ejecución plan de aislamiento. Consenso entre administraciones
	2	Divulgación problemática	Sin prioridad	Baja	No evaluable	Muy bajo	No evaluable	No dificultad
	3	Campañas de medición periódicas	Sin prioridad	Muy baja	No evaluable	bajo	4.000 €/campaña	No dificultad

Fuente: Elaboración propia

11. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS POR ZONA DE ACTUACIÓN

11.1. Metodología empleada

Una vez definidas las zonas de actuación del Plan de Acción, es necesario analizar aquellas medidas protectoras o correctoras cuya aplicación corresponda con la solución más óptima al problema existente.

En el apartado anterior se definieron todas aquellas medidas protectoras y correctoras que podrían ser consideradas en cada uno de los medios que intervienen en la generación y transmisión del fenómeno acústico. La metodología de actuación consistirá en el planteamiento de una serie de propuestas para cada zona de actuación siguiendo el siguiente esquema:

- ✓ Medidas a plantear en el medio emisor: en este apartado se valorarán:
 - Medidas en material móvil.
 - Medidas en superestructura de vía.
- ✓ Medidas en medio trasmisor.
- ✓ Medidas en medio receptor.

Así, de aquellas medidas disponibles, se seleccionarán aquellas que resuelvan la problemática existente. En base a la valoración cualitativa realizada de cada una de ellas, se realizará una propuesta de actuación por zona. El resultado podrá consistir en la aplicación combinada de medidas en foco emisor, instalación de vía y medio trasmisor dependiendo de la casuística existente.

La secuencia a seguir en el proceso de definición de la propuesta final será la siguiente:

- ✓ En primer lugar se adoptarán las medidas que a nivel de **foco emisor** (infraestructura de vía o material móvil) sean óptimas para mejorar la operación ferroviaria en la zona de actuación. La mejora acústica que implica esta solución será difícilmente evaluable.
- ✓ En segundo lugar se definirán aquellas medidas que permitan, actuando en el **medio trasmisor**, minimizar los niveles de exposición. Esta solución, por el contrario, sí permitirá

evaluar su eficacia acústica de forma cuantitativa, y estimar así la población que ha visto reducida sus niveles de inmisión a valores por debajo de los OCA. Este valor será cuantificado para la solución propuesta.

- ✓ Por último, se definirán aquellas casuísticas en las cuales las medidas anteriores no han conseguido su objetivo y sea necesario la definición de medidas en el **medio receptor**, como son el aislamiento de fachadas, dobles acristalamientos, etc.

El resultado global permitirá asegurar la corrección de la situación inventariada en la Fase II de los Mapas Estratégicos de Ruido. Esta propuesta final será estimada en coste para permitir efectuar la priorización de actuaciones a lo largo del lote y efectuar una previsión de la inversión necesaria.

11.2. Metodología de diseño por tipología de medida

11.2.1. Medidas en el medio emisor

Las medidas en el medio emisor se han planteado de acuerdo a las casuísticas espaciales de generación acústica inventariadas en apartados anteriores del presente estudio. Así, en función de la gravedad de la misma y de la existencia de receptores de tipo residencial en las proximidades del emisor, se ha definido la mejor de las opciones a plantear.

La propuesta de medidas correctoras considerada en el apartado anterior, plantea para cada una de las zonas de actuación, distintas alternativas para la misma casuística, por ejemplo cambio de la elasticidad. En estas ocasiones, se ha desarrollado y valorado aquella de las opciones más conveniente en cada caso teniendo en cuenta criterios técnicos y económicos. Concretamente, se ha optado por la solución placa de asiento en lugar de suela bajo traviesa debido a que ocasiona el mismo efecto acústico a un coste y dificultad técnica mucho menor.

Existen dos medidas que se han considerado en la totalidad de las zonas de actuación debido a su importancia, y éstas implican directamente a la empresa operadora del servicio ferroviario. Una se corresponde con el empleo de material rodante más silencioso, y la otra consiste en la sustitución paulatina de las tipologías de sistema de frenado en los trenes de mercancías.

En lo referente a la renovación del material rodante, RENFE operadora ya ha dispuesto una inversión destinada a este fin en sus presupuestos e inversiones a corto plazo. En este estudio se trata de cuantificar que parte del citado presupuesto correspondería al tramo en cuestión.

La sustitución del sistema de frenado para los trenes de mercancías ha consistido en el planteamiento de la solución "tipo K", ya iniciada su sustitución por RENFE para el material nuevo puesto en servicio. La tipología LL, a pesar de no representar tantos problemas como la K en el acondicionamiento de los vagones, no se encuentra aún homologada a nivel nacional.

11.2.2. Medidas en el medio trasmisor

Con relación a la propagación, tal y como se ha mencionado, la actuación convencional es la colocación de pantallas acústicas. Por ello es necesario ampliar la información relativa al diseño de este tipo de instalaciones.

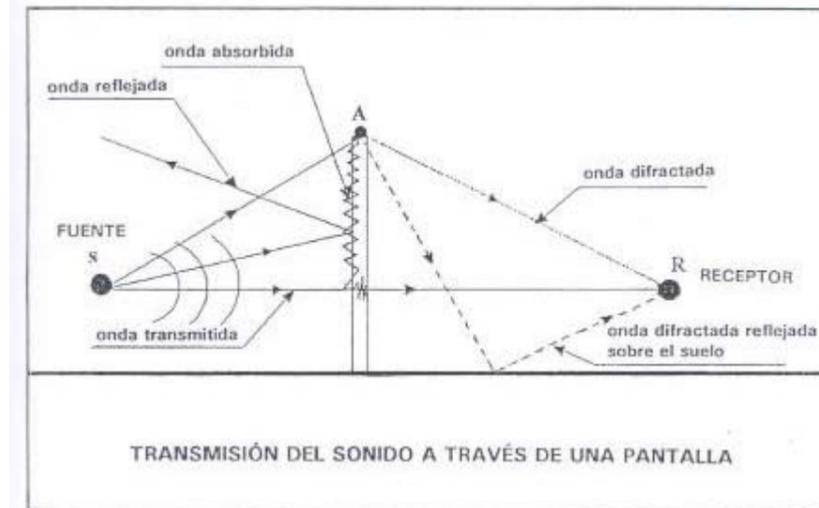
FUNDAMENTO ACÚSTICO DE UNA PANTALLA

Una pantalla acústica es un muro o barrera que ofrece una gran resistencia a la transmisión del sonido a su través y distinto grado de absorción acústica, dispuesta entre la fuente y el receptor y dimensionada convenientemente para crear una zona de "sombra acústica" junto al receptor, por difracción de las ondas sonoras en sus bordes.

El sonido emitido por una fuente S, se propaga en campo libre por el aire hasta alcanzar al receptor R sin más atenuación que la debida a la distancia entre ambos y a la absorción del aire.

Si se interpone una pantalla entre la fuente y el receptor, la propagación del sonido resulta modificada.

Ilustración 11.1. Transmisión del sonido a través de una pantalla acústica



Fuente: Curso de Evaluación y gestión del ruido ambiental, CEDEX

Parte de la energía acústica que incide en la pantalla pasa a través de la misma y alcanza al receptor (onda transmitida). Del resto de la energía incidente sobre la pantalla una parte es absorbida por el material (onda absorbida) y otra parte es reflejada según sea el ángulo de incidencia de la onda (onda reflejada). La parte de energía absorbida será mayor y por tanto, la parte reflejada menor, cuanto mayor sea la capacidad de absorción acústica de los materiales empleados en la construcción de la pantalla.

El resto de la energía acústica que alcanza al receptor, proviene de la difracción de los rayos sonoros en los bordes de la pantalla, que sufren un cambio de trayectoria (ondas difractadas). Los niveles de ruido disminuyen tras la pantalla en diferente medida, según el punto considerado, creando una zona de "sombra acústica".

La aplicación de las teorías de la difracción de Fresnel, fórmula de Kurze & Anderson y ábacos de Maekawa, permiten estimar la disminución del nivel de ruido en el punto receptor, causada por la difracción.

Para focos puntuales, se considera que por una barrera la atenuación máxima en la práctica es de 20 dB, pero para fuentes lineales como una vía férrea, la atenuación se suele limitar a 15

dB, salvo en puntos prácticamente situados detrás de la barrera y a baja altura en donde la atenuación puede ser ligeramente mayor.

Es importante mencionar los efectos ocasionados por la reflexión sonora. Tal y como se ha descrito, parte de la onda sonora incidente en la pantalla se refleja sobre ella. Esta circunstancia no afectaría al receptor situado al otro lado de la pantalla, ya que se dirigiría hacia el lado en que está el emisor. Sin embargo en esta dirección de propagación puede existir un potencial receptor que al considerar conjuntamente la señal del tren junto con las reflexiones de la pantalla pueda obtener unos niveles globales no deseables.

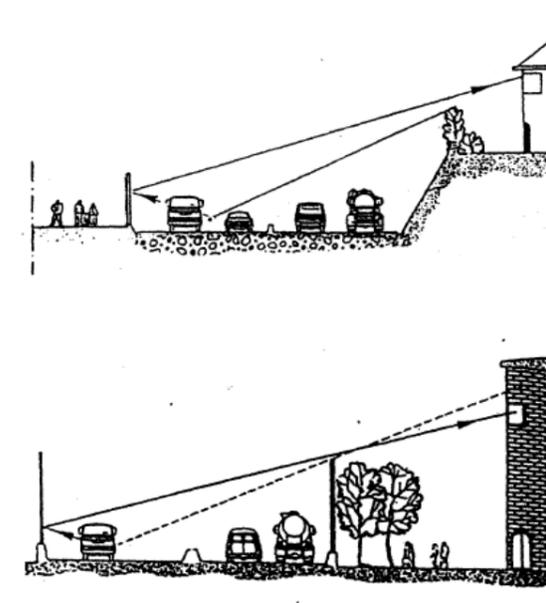
En el caso de pantallas de altura reducida (no cubren la altura del material rodante), se produce otro fenómeno especial que consiste en la propia reflexión entre la pantalla y el tren de forma sucesiva que puede sobrepasar la altura de la medida correctora.

Así la reflexión en los obstáculos puede disminuir la efectividad de la pantalla al crear caminos alternativos para la propagación, por lo que se debe tener precaución con las posibles reflexiones. Para ello dotar de un tratamiento absorbente a muros situados cerca de la vía, por ejemplo con un acabado de hormigón poroso o con un recubrimiento de tierra y vegetación, puede evitar que al sonido directo se sume el sonido reflejado, que puede implicar niveles de orden similar, lo que supone un incremento de 3 dB.

Por ejemplo, en los casos en los que la distancia entre la vía y la base de ubicación de la pantalla se presume demasiado corta, se aconseja la utilización de una pantalla con material absorbente, $DL_{\alpha} > 8$, en la cara orientada hacia la vía. De esta manera, se evitará que las reflexiones entre pantalla y los propios trenes puedan reducir su eficacia.

Reducciones en este índice, por ejemplo si se desea dar transparencia o ir a soluciones con materiales ligeros como en viaductos (pantallas de metacrilato), requeriría adecuaciones para minimizar las reflexiones, como darle una ligera inclinación.

Ilustración 11.2. Influencia de la reflexión en la valoración de los efectos globales aportados por la colocación de una pantalla acústica



Fuente: Estudio piloto para la definición del Plan de Acción para los Mapas Estratégicos de Ruido, ADIF

EFICACIA DE LA PANTALLA

La eficacia acústica, para un determinado receptor, de una pantalla instalada en una infraestructura de transporte es la atenuación sonora que proporciona frente al ruido del emisor, disminuyendo el nivel de ruido en ese punto receptor. Los factores que influyen en la eficacia de una pantalla, según lo expuesto, son los siguientes:

- ✓ La capacidad de aislamiento acústico a ruido aéreo y el carácter absorbente o reflectante de la pantalla viene determinada por los materiales constitutivos de la pantalla.
- ✓ El dimensionamiento geométrico. Fundamentalmente la altura y longitud de la pantalla.
- ✓ Su ubicación. Es decir la situación relativa de la pantalla con relación a la fuente de ruido y a la zona a proteger, así como la topografía y demás características del lugar de su implantación.

El diseño de una pantalla anti-ruido suele ser muy complejo e implica la realización de un análisis profundo de todos los factores que intervienen:

- ✓ Cuantificación precisa del problema acústico, es decir, de contaminación por ruido, a resolver y definición de la eficacia acústica que deberá aportar la pantalla.
- ✓ Determinación de la ubicación de la pantalla con respecto a la fuente. Una pantalla de una determinada altura, en general, será más eficaz cuanto más próxima se halle de la fuente sonora. No obstante, en la mayor parte de los casos, la colocación de la pantalla estará condicionada por la disponibilidad de terreno y por la necesidad de garantizar ciertas condiciones de seguridad, como es la seguridad de circulación de los vehículos en caso de las infraestructuras de transporte.

Ilustración 11.3. Ubicación de una pantalla acústica

EMPLAZAMIENTO DE LA BARRERA



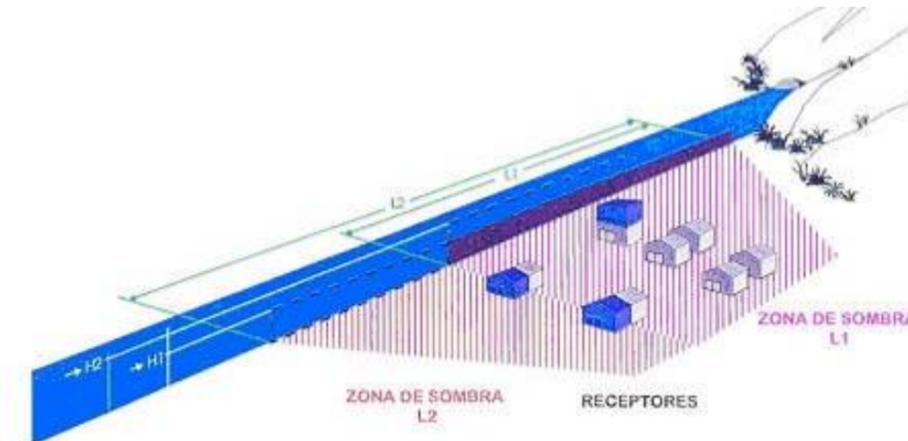
Fuente: Curso de Evaluación y gestión del ruido ambiental, CEDEX

- ✓ Diseño geométrico de la pantalla: como se ha indicado, la eficacia de la pantalla depende, entre otros factores, de su altura y de su longitud. En principio este par de factores se pueden combinar de multitud de maneras para obtener la eficacia deseada, en base a las teorías de la difracción acústica ya indicadas.

En primer lugar es necesario tener en cuenta si se trata de una fuente lineal (o asimilable como en el caso de carreteras y ferrocarriles) o de una fuente puntual. Cada uno de los casos exige la utilización de diferentes formulaciones. Existen distintos modelos de cálculo con muy diferente grado de fiabilidad a la hora de optimizar el dimensionamiento geométrico de la pantalla, siendo recomendable, salvo en casos muy simples, acudir al empleo de programas expertos tridimensionales, que permiten optimizar el proceso de forma fiable

aunque más costosos. El gasto suele amortizarse con el ahorro de materiales que se produce, al quedar la dimensión de la pantalla reducida al mínimo necesario.

Ilustración 11.4. Importancia de la longitud de una pantalla



Fuente: Curso de Evaluación y gestión del ruido ambiental, CEDEX

HIPÓTESIS DE CÁLCULO ADOPTADAS EN EL DIMENSIONAMIENTO

De acuerdo a las consideraciones realizadas, en el estudio se han considerado unos criterios de diseño mantenidos a lo largo de todo el proceso de diseño de las pantallas acústicas propuestas. Para su cálculo se ha contado con la localización geográfica de todos aquellos receptores que presentaban rebase de los objetivos de calidad acústica. Se han realizado propuestas sucesivas de variaciones de parámetros, situación, altura, longitud y prestaciones que tras el cálculo de las mismas, ha permitido alcanzar la solución óptima.

Como criterios de diseño de partida se han fijado los siguientes:

- ✓ En relación a la altura:
 - Se han empleado pantallas de alturas 3, 4 y 5 metros (excepto en los viaductos que el máximo se ha establecido en 2 metros y en los usos docentes y sanitarios, donde excepcionalmente podrá llegarse a los 6 metros).

- Se ha fijado una altura máxima de pantalla debido a que las dificultades constructivas asociadas a la ejecución de pantallas más altas implican que otro tipo de soluciones sean más convenientes.
 - La altura de la pantalla en caso de viaductos se ha fijado en 2 metros no excedibles en ninguna condición. La razón consiste en que dimensiones muy elevadas de pantallas en estructuras puede ocasionar que la propia estructura portante no sea eficaz y deba ser reforzada como consecuencia del nuevo balance de fuerzas ejercido por el peso propio de la pantalla o la carga del viento.
 - Se ha dado una altura homogénea a cada una de las pantallas propuestas en cada solución.
 - La superación de los OCA en una edificación sensible ha supuesto la propuesta de una pantalla acústica de una altura mínima de 3 metros. La altura de pantalla se ha elevado a 4 metros si los receptores a proteger con dicha pantalla siguen superando los OCA en más de 1 dB (de 1,1 dB en adelante). Cuando con la pantalla de 4 metros sigue existiendo una superación en más de 2 dB en algún receptor (de 2,1 dB en adelante), la pantalla se eleva a la altura máxima propuesta de 5 metros.
 - En los casos en los que incrementando la altura de las pantallas no se reduce la superación de los OCAs, se ha propuesto la pantalla de menor tamaño que cumpla con los requisitos citados anteriormente. En estos casos los apantallamientos acústicos se han complementado con medidas correctoras en la fuente y en el receptor.
- ✓ **Tipología de pantalla a adoptar.** Se ha considerado una sola tipología de pantalla acústica absorbente.
- ✓ **La localización de la pantalla** ha tratado de mantener los criterios descritos anteriormente buscando el emplazamiento en el cual la pantalla pueda ser más eficaz. Generalmente cuanto más se aproxime la pantalla a la infraestructura más eficaz llegará a ser manteniendo las normas de seguridad precisas (en este caso colocación del elemento constructivo por detrás de las torres de soporte de la catenaria). En ocasiones la orografía existente determinará **la localización más conveniente** para optimizar el efecto deseado.

En el cálculo se han considerado pantallas verticales en la totalidad de los casos, no siendo objeto de este estudio la optimización de tipologías de pantalla mediante inclinaciones o curvado de las mismas, colocación de elementos atenuadores o viseras en la parte superior.

DIMENSIONAMIENTO DEL RESTO DE MEDIDAS EN MEDIO TRANSMISOR

El resto de soluciones propuestas sobre el medio trasmisor, salvo el tratamiento fonoabsorbente en muros, han sido planteadas como alternativa a la localización de pantallas. Los soterramientos y cubrimientos se han planteado en aquellos casos en los cuales la solución de pantallas resultaba de gran complejidad constructiva o la eficacia de las mismas sobre los receptores a proteger era muy reducida y exigía grandes labores de aislamiento acústico en el medio receptor para asegurar la reducción a niveles inferiores a los OCA.

La adopción de tratamiento fonoabsorbente en muros ha sido considerado en aquellos emboquilles de paso inferior o túnel que pudiera tener repercusión sobre la población cercana.

11.2.3. Medidas en el medio receptor

Las medidas en el medio trasmisor tienen un tratamiento diferenciado debido a su naturaleza muy diversa. Así las medidas de aislamiento acústico en el medio receptor se han considerado en aquellas zonas de actuación en las cuales, las medidas en medio trasmisor no han permitido la reducción de niveles por debajo de los OCA de la totalidad de los receptores considerados en el cálculo.

Las medidas relativas a divulgación de la problemática se han considerado prioritarias y de obligada realización en la totalidad de las zonas analizadas.

11.3. Definición y valoración de medidas en cada una de las zonas de actuación

Una vez estudiada en detalle la problemática existente en cada una de las zonas de estudio que forman parte de la U.M.E., se ha realizado una propuesta de medidas correctoras. Estas medidas se adaptan a cada tipología de zona de actuación analizada, actuando con la prioridad fijada, es decir, actuando en primer lugar en el medio emisor, después en el medio trasmisor para por último intervenir en el medio receptor.

Para efectuar la valoración de cada una de las propuestas de medidas realizadas se ha establecido un formato de tabla que mantiene información sobre:

- ✓ Medio sobre el cual se actúa.
- ✓ Elemento sobre el que se aplica la medida.
- ✓ Identificación de la medida propuesta.
- ✓ Valoración económica de la medida en el caso de haber sido evaluada.

La información se ha ordenado por zona de actuación para mantener todas las medidas aplicables a cada uno de ellas de forma conjunta.

11.4. Síntesis de resultados

Una vez definidas y valoradas en detalle la problemáticas existentes en cada uno de los municipios que forman parte de la U.M.E. objeto de estudio, se realizaron los cálculos finales de los costes totales para las medidas correctoras. Esta serie de valoraciones de las medidas se adaptaron a cada tipología de zonas de actuación pudiendo actuar en el foco emisor, en el medio transmisor o en el mismo receptor. El resultado final del análisis de las diferentes definiciones y valoraciones propuestas para cada zona de actuación se muestra en las tablas que vienen a continuación.

Tabla 11.1. Zona de actuación 05_02_Santander_01

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santander_01			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
	Superestructura	✓ Modificación tipología desvío	110.000 €
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	151.065 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			261.065 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.2. Zona de actuación 05_02_Santander_02

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santander_02			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
	Superestructura	✓ Amolado	6.920 €
		✓ Modificadores de Fricción	17.646
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	83.700 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			108.266€

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.3. Zona de actuación 05_02_Santander_03

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santander_03			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	564.750 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			564.750 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.4. Zona de actuación 05_02_Santander_04

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santander_04			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	220.500 €
Receptor	Edificación	✓ Medidas de aislamiento en edificios	10.000€
		✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			230.500 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.5. Zona de actuación 05_02_Santander_05

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santander_05			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	302.400 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			302.400 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.6. Zona de actuación 05_02_Santander_06

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santander_06			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
	Superestructura	✓ Placa de Asiento	550
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	47.250 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			47.800 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.7. Zona de actuación 05_02_Santander_07

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santander_07			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	451.800 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			451.800 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.8. Zona de actuación 05_02_Santa-Cruz-Bezana_01

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santa-Cruz-Bezana_01			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	57.375 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			57.375 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.9. Zona de actuación 05_02_Santa-Cruz-Bezana_02

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santa-Cruz-Bezana_02			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
	Superestructura	✓ Placa de Asiento	3.000
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	167.400 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluado
TOTAL			170.400 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.10. Zona de actuación 05_02_Santa-Cruz-Bezana_03

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Santa-Cruz-Bezana_03			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	174.150 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluado
TOTAL			174.150 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.11. Zona de actuación 05_02_Pielagos_01

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Pielagos_01			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Receptor	Edificación	✓ Medidas de aislamiento en edificios	30.000€
		✓ Divulgación problemática	No evaluado
TOTAL			30.000 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.12. Zona de actuación 05_02_Pielagos_02

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Pielagos_02			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	249.750 €
Receptor	Edificación	✓ Medidas de aislamiento en edificios	10.000€
		✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			259.750 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.13. Zona de actuación 05_02_Miengo_01

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Miengo_01			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	95.400 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			95.400 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.14. Zona de actuación 05_02_Polanco_01

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Polanco_01			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	439.200 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			439.200 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.15. Zona de actuación 05_02_Polanco_02

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Polanco_02			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	519.300 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			519.300 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.16. Zona de actuación 05_02_Torrelavega_01

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Torrelavega_01			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
	Superestructura	✓ Modificación tipología desvío	110.000 €
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	84.375 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			194.375 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.17. Zona de actuación 05_02_Torrelavega_02

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Torrelavega_02			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
	Superestructura	✓ Modificación tipología desvío	110.000 €
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	274.149 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			384.149€

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.18. Zona de actuación 05_02_Torrelavega_03

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Torrelavega_03			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	485.550 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			485.550 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.19. Zona de actuación 05_02_Torrelavega_04

Definición y valoración de las medidas en 05_02_Torrelavega_04			
Medio	Elemento singular	Medida	Coste total
Emisor	Material móvil	✓ Empleo de material móvil más silencioso. (Adquisición de nuevas unidades, carenado de bogies, de pantógrafo, silenciadores, disparadores)	No evaluado
Transmisor	Área de propagación	✓ Pantalla acústica genérica de doble/alta absorción	119.700 €
Receptor	Edificación	✓ Divulgación problemática	No evaluable
TOTAL			119.700 €

Fuente: Elaboración propia

12. EQUIPO DE TRABAJO

En la elaboración del presente estudio ha participado el siguiente equipo:

✓ Dirección del estudio:

Adif Alta Velocidad

Gerencia de Área de Medio Ambiente

- Pedro Pérez del Campo.
- Rosa María Matas López.
- Marta Ruiz Sierra.

✓ Control de calidad, supervisión técnica y apoyo a la Dirección del estudio:

Ineco

Gerencia de Área de Medio Ambiente y Territorio

- Ana Gendive Barrio.
- Celia Marivela Chicharro.
- Mirela Vladovic Zupcevic.
- Concepción Garcés de San Millán.
- Jorge Almaraz Moreno.
- Verónica Martínez Ruiz de Gopegui.

✓ Redacción del Estudio:

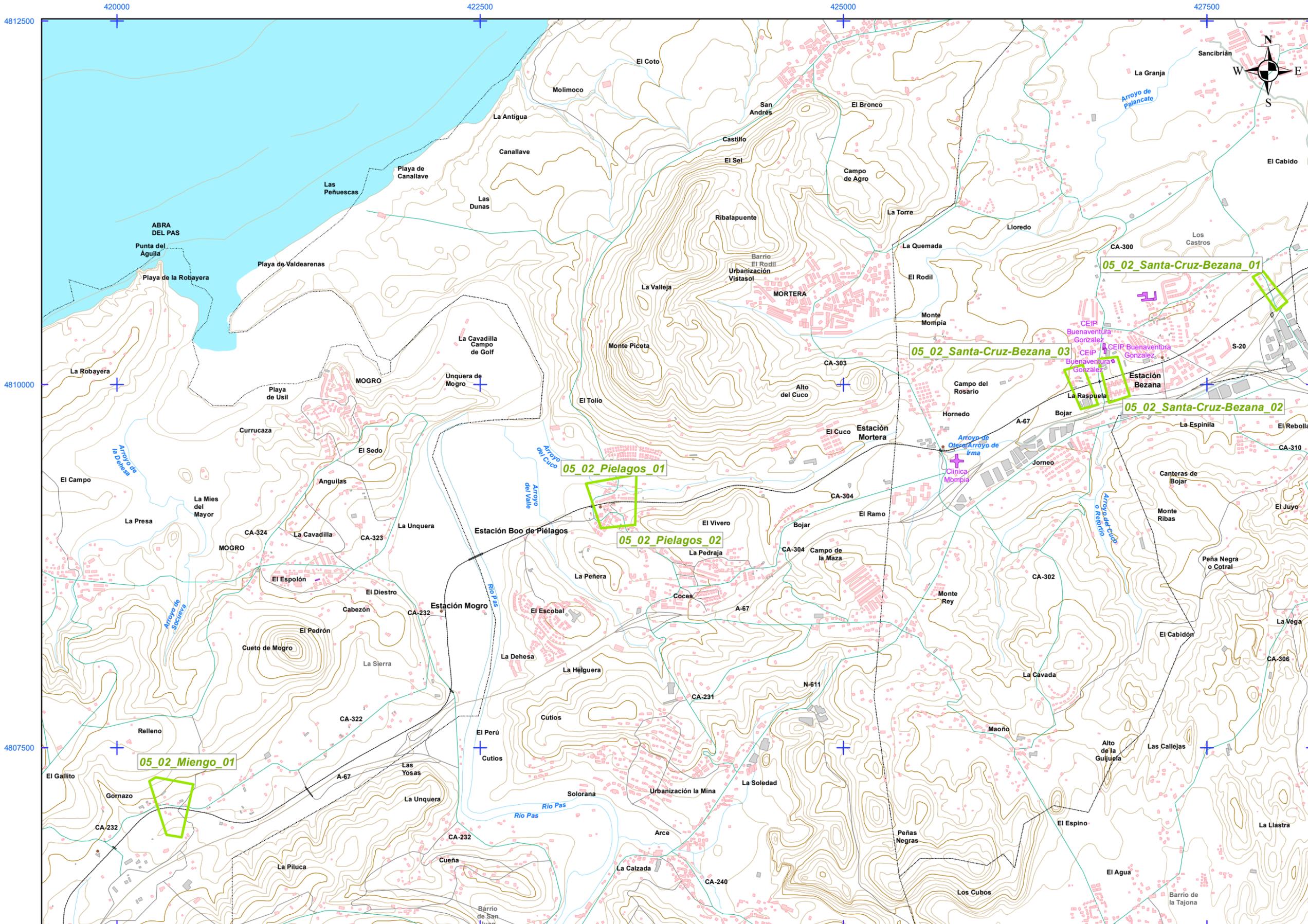
CECOR SL

- Antonio Hidalgo Otamendi
- Alberto Hernandez Martín
- Pablo Beneitez

ANEXO Nº1: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

PLO1 MAPA DE LOCALIZACIÓN ZONAS DE ESTUDIO DEL PLAN DE ACCION. 1:25.000

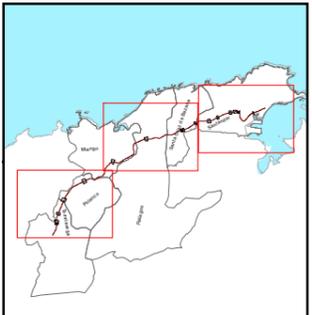


UME 05_02
TORRELAVEGA - SANTANDER
CLAVE: 14223.05602.05621



LEYENDA TEMÁTICA
Pantallas y muros

- Muros y Pantallas acústicas existentes
- Zonas de estudio**
- Zona de estudio
- Tipos de edificio**
- Uso residencial
- Usos sanitario, docente, cultural
- Otros usos
- Elementos cartográficos**
- Límite municipal
- Autopistas y autovías
- Carreteras nacionales y autonómicas
- Carreteras locales y caminos
- Curvas de nivel maestra
- Curvas de nivel normal
- Cursos de agua
- Cursos de agua intermitentes
- Viaducto
- Túnel
- Ferrocarril
- Estación de ferrocarril
- Depósito
- Zona verde
- Laguna, lago, etc
- Camping



DIRECCIÓN DEL ESTUDIO
ADIF ALTA VELOCIDAD
DIRECCIÓN DE ACTUACIONES TÉCNICAS



AUTOR DEL ESTUDIO
D. ANTONIO HIDALGO OTAMENDI
D. JOSÉ ALBERTO HERNÁNDEZ MARTÍN

ESCALAS
1:25.000
ETRS89 H30N
0 125 250 500 m
UME A3 ORIGINALES

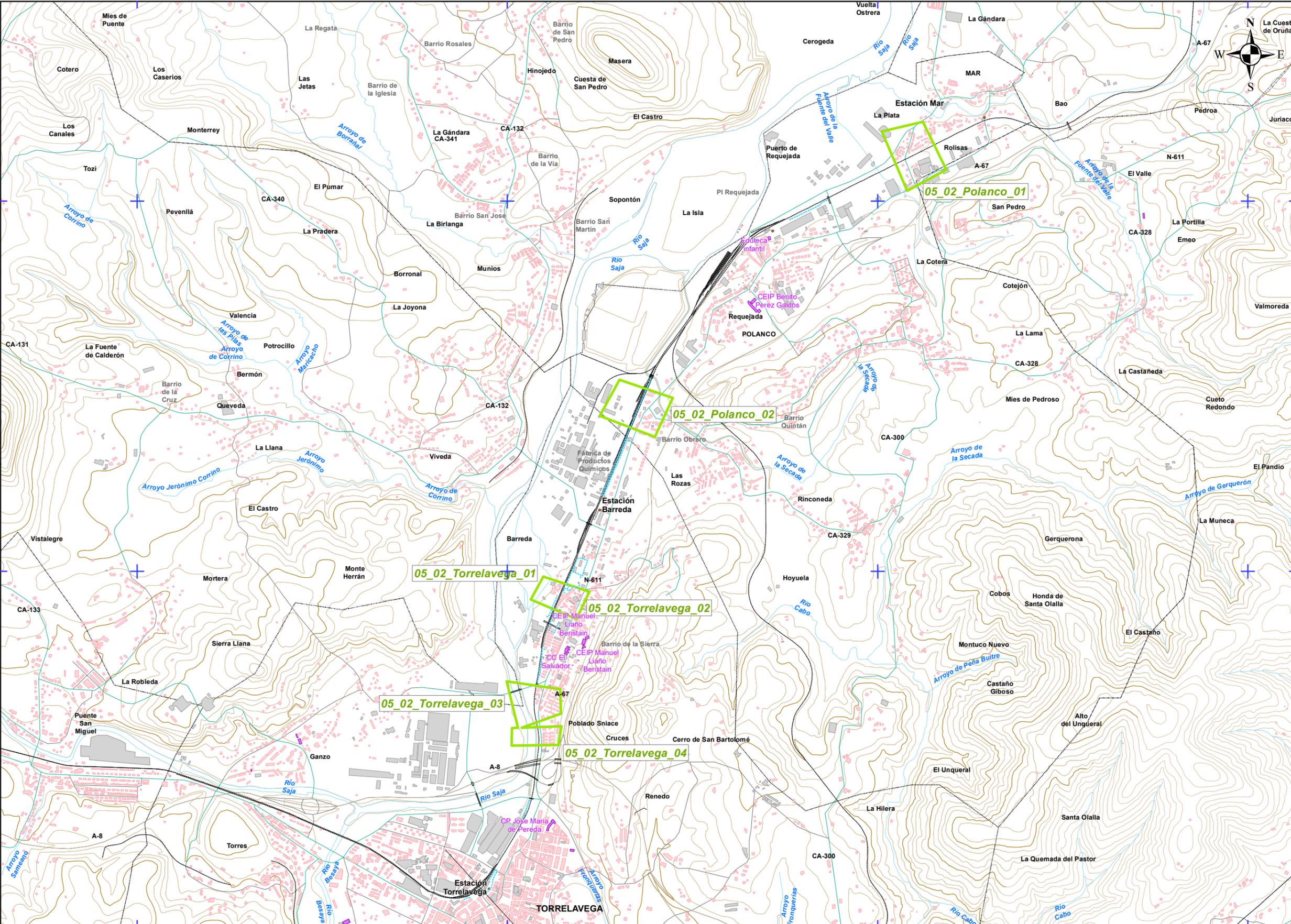
TÍTULO COMPLEMENTARIO
MER. GRANDES EJES FERROVIARIOS FASE II
UME_05_02 Torrelavega - Santander

FECHA
OCTUBRE 2017

Nº PLANO 01
PÁGINA 2 de 3
DESIGNACIÓN
MAPA DE LOCALIZACIÓN ZONAS DE ESTUDIO DEL PLAN DE ACCIÓN

412500 415000 417500 420000

4805000 4802500



UME 05_02
TORRELAVEGA - SANTANDER
CLAVE: 14223.05602.05621

LEYENDA TEMÁTICA
Pantallas y muros

- Muros y Pantallas acústicas existentes

Zonas de estudio

- Zona de estudio

Tipos de edificio

- Uso residencial
- Usos sanitario, docente, cultural
- Otros usos

Elementos cartográficos

- Límite municipal
- Autopistas y autovías
- Carreteras nacionales y autonómicas
- Carreteras locales y caminos
- Curvas de nivel maestra
- Curvas de nivel normal
- Curso de agua
- Curso de agua intermitentes
- Otros elementos cartográficos
- Viaducto
- Túnel
- Ferrocarril
- Estación de ferrocarril
- Depósito
- Zona verde
- Laguna, lago, etc
- Camping

