

APÉNDICE 2. ESTUDIO DE VIBRACIONES

ÍNDICE

1. Introducción y objeto	1
2. Análisis de la normativa aplicable	1
2.1. Normativa comunitaria	2
2.2. Normativa estatal	2
2.3. Normativa autonómica	2
2.4. Normativa local	3
2.5. Niveles límite aplicables.....	3
3. Inventario de fuentes y receptores	3
3.1. Inventario de fuentes de vibración	3
3.2. Inventario de receptores	3
4. Campaña de mediciones en la situación actual	5
4.1. Introducción	5
4.2. Selección de los puntos de medida	5
4.3. Condiciones de la toma de datos.....	7
4.4. Equipos de medida	7
4.5. Análisis de los datos de las medidas de vibración actual	9
4.6. Resultados de las medidas de vibración actual	10
4.7. Resultados de caracterización de los terrenos	13
5. Cálculos de niveles en la situación futura	15
5.1. Metodología	16
5.2. Emisión por el material rodante	16
5.3. Transmisión por la superestructura	17
5.4. Transmisión por el terreno	17
5.5. Validación del modelo en la situación actual	17
5.6. Recepción en los edificios	20
5.7. Resultados en la situación futura.....	20
6. Medidas protectoras.....	23
7. Síntesis y conclusiones	24

Anexo 1. Plano de receptores sensibles y puntos de medida

Anexo 2. Plano de ubicación de medidas antivibratorias

1. Introducción y objeto

El objeto de este documento es detallar el estudio de vibraciones de comparación entre las dos alternativas del estudio informativo de la reordenación y mejora de la seguridad de la red de ancho métrico en el municipio de Zalla, que pretende establecer la conexión entre las líneas ferroviarias de ancho métrico 790 Asunción Universidad-Aranguren (León-Bilbao) y 780 Santander-Bilbao La Concordia a la altura del municipio de Zalla.

En concreto, este informe presenta el estudio de vibraciones en fase de explotación de este proyecto, cuya zona de estudio es el tramo de la línea de unos 525 m en el caso de la alternativa 1 y de unos 872 m en el caso de la alternativa 2.

En función de los resultados, se compararán ambas alternativas desde el punto de vista vibratorio, es decir que se determinará en ambos casos, los tramos en los que sería necesaria la implantación de medidas antivibratorias y en base a este resultado, se realizará una recomendación razonada de la alternativa que sería preferible ejecutar desde el punto de vista de la afección vibratoria.

En todo caso, las medidas protectoras necesarias se podrán detallar a posteriori en los correspondientes proyectos constructivo y/o de protección.

En este estudio, se analiza toda la zona próxima a la actuación, es decir las edificaciones que pudieran resultar expuestas a niveles de vibraciones no deseables. Se presta especial atención a las edificaciones actuales de uso residencial, sanitario y docente.

El presente informe está estructurado de la siguiente manera:

- Introducción
- Análisis de la normativa aplicable
- Inventario de fuentes y receptores
- Mediciones y niveles actuales
- Situación futura
- Medidas protectoras
- Conclusiones y síntesis del documento

El alcance y contenido de este estudio se ajusta a lo especificado en las "Instrucciones y recomendaciones para redacción de proyectos de plataforma" de ADIF (PGP 2011), y en particular, de la IGP 6.4. Estudio para la prevención de ruidos y vibraciones en fase de explotación.

2. Análisis de la normativa aplicable

A continuación, se analizan las diferentes normativas aplicables en el tramo objeto de estudio que a diferentes niveles contengan valores límite para el estudio de afección por vibraciones que pudiera provocar el tráfico ferroviario.

2.1. Normativa comunitaria

No existe normativa europea aplicable a las vibraciones causadas por infraestructuras.

2.2. Normativa estatal

La transposición de la Directiva 2002/49/CE a la legislación estatal se realizó mediante la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, de Ruido (modificada parcialmente mediante el Real Decreto-Ley 8/2011, de 1 de julio). La Ley su Capítulo II a la Calidad Acústica y, más concretamente la Sección 1ª a las Áreas Acústicas. En el artículo 7.1 están definidos los tipos de áreas acústicas que, como mínimo, deben definir las comunidades autónomas en función del uso predominante del suelo. Por otro lado, en el artículo 7.2 se establece la competencia del Gobierno para definir los objetivos de calidad acústica en las áreas acústicas, así como en espacios interiores habitables.

La Ley de Ruido ha sido desarrollada reglamentariamente mediante dos disposiciones:

- En materia de evaluación y gestión del ruido ambiental, el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre.
- En lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre.

El primero se centra, especialmente, en la evaluación estratégica de ruido, además de definir los índices acústicos, y métodos de cálculo y de evaluación para los mismos.

Entre los aspectos de mayor relevancia que interesan del segundo, el RD 1367/2007, de aplicación más directa al presente caso, destacarían los siguientes:

- La definición y aplicación de índices.

- La definición y delimitación de áreas y de objetivos de calidad.
- El establecimiento de valores límite inmisión originados por los emisores.
- Los procedimientos y métodos de evaluación.

En relación con los valores límite de vibración aplicables, el Art. 26 del RD 1367/2007 establece para los nuevos emisores acústicos relacionados en el artículo 12.2 de la Ley 37/2003, entre los que se encuentran los ferrocarriles, "deberán adoptar las medidas necesarias para no transmitir al espacio interior de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, vibraciones que contribuyan a superar los objetivos de calidad acústica para vibraciones que les sean de aplicación de acuerdo con el artículo 16, evaluadas conforme al procedimiento establecido en el anexo IV". Para vibraciones transitorias con más de 9 eventos al día, como es el caso aquí, dichos valores se encuentran en la Tabla C del Anexo II del R.D., en relación con el uso del edificio afectado:

Tabla C. Objetivos de calidad acústica para vibraciones aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales.

Uso del edificio	Índice de vibración L_{sv}
Vivienda o uso residencial	75
Hospitalario	72
Educativo o cultural	72

2.3. Normativa autonómica

El Decreto 213/2012, de 16 de octubre, de contaminación acústica (BOPV 16/11/2012 con corrección de errores publicada en el BOPV 31/12/2012) desarrolla en la Comunidad Autónoma del País Vasco lo estipulado en la normativa estatal.

En su artículo 35, se establece que para eventos superiores a 9 al día, se considera que se respetan los objetivos de calidad acústica establecidos en el párrafo 3 del artículo 31 cuando ningún valor del índice supere los valores fijados en la tabla C del anexo I coincidiendo con el RD 1367/2007 de la legislación estatal.

2.4. Normativa local

No consta que los ayuntamientos de Zalla y Aranguren tengan una ordenanza específica que aplique a las vibraciones de infraestructuras.

2.5. Niveles límite aplicables

En ausencia de Declaración de Impacto Ambiental, del análisis realizado, se concluye que son de aplicación los límites comunes al Real Decreto 1367/2007 y al decreto autonómico 213/2002:

Uso del edificio	Índice de vibración L_{sw}
Vivienda o uso residencial	75
Hospitalario	72
Educativo o cultural	72

No obstante, aunque no es de aplicación y no se tendrá en cuenta para el diseño de posibles medidas protectoras, también se analizará a modo informativo el índice K, ya que resulta complementario, con los siguientes valores límite provenientes de la norma ISO 2631-2:1989:

Uso del edificio	Valor límite Índice informativo de vibración K
Residencial	1.4
Sanitario	1
Docente/Cultural	1
Terciario	4
Industrial	8

3. Inventario de fuentes y receptores

3.1. Inventario de fuentes de vibración

Aunque pueda existir cierta vibración debida a la actividad urbana, industria y al tráfico rodado por la BI-3602, se considera que, en la zona de actuación, la única fuente verdaderamente relevantes de vibración actual y futura es la línea ferroviaria objeto de este estudio.

3.2. Inventario de receptores

Se realiza un inventario de la situación actual en el entorno de la plataforma ferroviaria, centrándose en la identificación de las edificaciones y zonas sensibles existentes a lo largo del trazado.

En la siguiente tabla se identifican las edificaciones encontradas a menos de 70 m de la traza, en las que es necesario realizar cálculos de vibraciones siempre que el edificio sea sensible y en uso:

ID	Localización				Distancia Alt1 (m)	Distancia Alt2 (m)	Uso	Estado	Nº de plantas	¿Cálculo de vibraciones?	¿Medidas de vibraciones?
	P.K. Alt1	Margen Alt1	P.K. Alt2	Margen Alt2							
29	L790_0+000_Alt1	Izquierdo	L790_0+000_Alt2	Izquierdo	377	50	Residencial	Habitada	5	Sí	No
28	L790_0+000_Alt1	Izquierdo	L790_0+000_Alt2	Izquierdo	384	56	Residencial	Habitada	5	Sí	No
33	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+000_Alt2	Derecho	291	4	Docente	Habitada	2	Sí	No
32	L790_0+000_Alt1	Izquierdo	L790_0+000_Alt2	Izquierdo	337	27	Sanitario	Habitada	3	Sí	No
34	L790_0+000_Alt1	Izquierdo	L790_0+050_Alt2	Izquierdo	280	18	Industrial	Habitada	2	No	No
35	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+040_Alt2	Derecho	270	3	Terciario	Habitada	2	No	No
37	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+060_Alt2	Derecho	245	15	Residencial	Habitada	5	Sí	No
38	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+080_Alt2	Derecho	225	18	Residencial	Habitada	4	Sí	No
40	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+090_Alt2	Derecho	212	63	Residencial	Habitada	5	Sí	No
36	L790_0+000_Alt1	Izquierdo	L790_0+110_Alt2	Izquierdo	238	16	Otros	Habitada	1	No	No
39	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+100_Alt2	Derecho	204	23	Residencial	Habitada	4	Sí	Sí
41	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+100_Alt2	Derecho	195	68	Residencial	Habitada	5	Sí	No
50	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+170_Alt2	Derecho	142	56	Terciario	Habitada	1	No	No
52	L790_0+000_Alt1	Izquierdo	L790_0+200_Alt2	Derecho	131	29	Residencial	Habitada	2	Sí	No
51	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+200_Alt2	Derecho	113	64	Terciario	Habitada	1	No	No
55	L790_0+000_Alt1	Derecho	L790_0+370_Alt2	Derecho	5	73	Residencial	Habitada	3	Sí	Sí
56	L790_0+000_Alt1	Izquierdo	L790_0+370_Alt2	Derecho	8	56	Otros	Habitada	1	No	No
58	L790_0+130_Alt1	Izquierdo	L790_0+480_Alt2	Derecho	5	23	Residencial	Habitada	4	Sí	No
59	L790_0+140_Alt1	Izquierdo	L790_0+480_Alt2	Derecho	20	12	Otros	Habitada	1	No	No
60	L790_0+140_Alt1	Derecho	L790_0+530_Alt2	Derecho	31	68	Industrial	Habitada	1	No	No
63	L790_0+290_Alt1	Derecho	L790_0+630_Alt2	Derecho	12	17	Residencial	Habitada	5	Sí	Sí
64	L790_0+320_Alt1	Derecho	L790_0+660_Alt2	Derecho	21	22	Otros	Habitada	1	No	No
65	L790_0+340_Alt1	Derecho	L790_0+680_Alt2	Derecho	19	20	Residencial	Habitada	3	Sí	No
321	L790_0+430_Alt1	Derecho	L790_0+770_Alt2	Derecho	11	10	Otros	Habitada	1	No	No
72	L790_0+440_Alt1	Derecho	L790_0+780_Alt2	Derecho	23	23	Residencial	Habitada	3	Sí	No
71	L780_0+100_Alt1	Izquierdo	L780_0+100_Alt2	Izquierdo	26	26	Otros	Habitada	1	No	No
322	L790_0+440_Alt1	Derecho	L790_0+790_Alt2	Derecho	9	9	Otros	Habitada	1	No	No
73	L790_0+460_Alt1	Derecho	L790_0+800_Alt2	Derecho	4	4	Otros	Habitada	1	No	No
79	L790_0+470_Alt1	Derecho	L790_0+820_Alt2	Derecho	47	46	Residencial	Habitada	6	Sí	No
77	L780_0+130_Alt1	Izquierdo	L780_0+130_Alt2	Izquierdo	51	51	Otros	Habitada	2	No	No
80	L790_0+500_Alt1	Derecho	L790_0+840_Alt2	Derecho	46	46	Residencial	Habitada	6	Sí	No
78	L780_0+150_Alt1	Izquierdo	L780_0+150_Alt2	Izquierdo	54	54	Residencial	Habitada	3	Sí	No
81	L790_0+525_Alt1	Derecho	L790_0+870_Alt2	Derecho	45	45	Residencial	Habitada	6	Sí	No
90	L780_0+180_Alt1	Izquierdo	L780_0+180_Alt2	Izquierdo	58	58	Residencial	Habitada	3	Sí	No
82	L790_0+525_Alt1	Derecho	L790_0+870_Alt2	Derecho	45	45	Residencial	Habitada	6	Sí	No
91	L790_0+525_Alt1	Izquierdo	L790_0+871_Alt2	Izquierdo	40	39	Otros	Habitada	1	No	No
93	L790_0+525_Alt1	Derecho	L790_0+871_Alt2	Derecho	10	10	Residencial	Habitada	2	Sí	Sí
92	L790_0+525_Alt1	Izquierdo	L790_0+871_Alt2	Izquierdo	18	18	Residencial	Habitada	2	Sí	No
101	L790_0+525_Alt1	Derecho	L790_0+871_Alt2	Derecho	51	51	Residencial	Habitada	3	Sí	No
320	L790_0+525_Alt1	Derecho	L790_0+871_Alt2	Derecho	33	33	Otros	Habitada	1	No	No
100	L790_0+525_Alt1	Derecho	L790_0+871_Alt2	Derecho	40	40	Residencial	Habitada	3	Sí	No
99	L790_0+525_Alt1	Izquierdo	L790_0+871_Alt2	Izquierdo	59	59	Residencial	Habitada	2	Sí	No
102	L790_0+525_Alt1	Derecho	L790_0+871_Alt2	Derecho	60	60	Residencial	Habitada	6	Sí	No

En el anexo 1, se muestra un plano con la ubicación de los receptores sensibles.

4. Campaña de mediciones en la situación actual

4.1. Introducción

El objetivo de la campaña de mediciones es doble: determinar los niveles vibratorios actuales y validar el modelo de cálculo de los niveles previsibles en la situación futura, sobre todo en relación con la transmisión del terreno.

En cuanto a la determinación de los niveles actuales, no se trata estrictamente de verificar el cumplimiento de la legislación, ya que no se mide en viviendas según todos los procedimientos descritos en los textos legislativos.

En cuanto a la caracterización de los terrenos, se determina su atenuación a fin de validar el posterior modelo de propagación de la vibración desde la superestructura a los diferentes puntos de interés.

4.2. Selección de los puntos de medida

El primer criterio de elección de puntos de medida se basa en considerar, a lo largo del área de influencia de la traza, las localizaciones donde existen construcciones que pueden sufrir niveles de vibraciones relevantes en la actualidad, teniendo en cuenta el tráfico ferroviario actual y representando los momentos de intensidades más representativas.

El segundo criterio consiste en medir en puntos representativos de los terrenos presentes en el entorno del trazado.

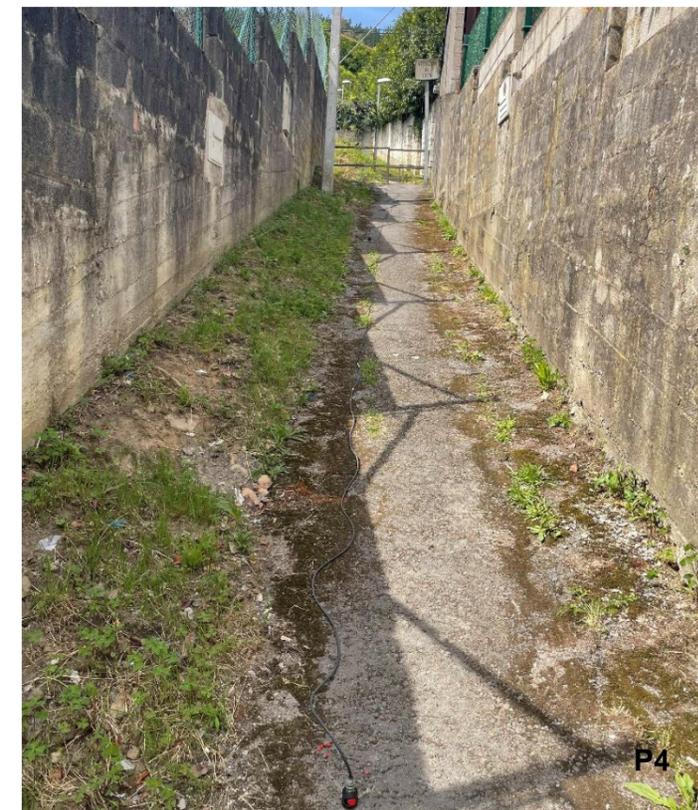
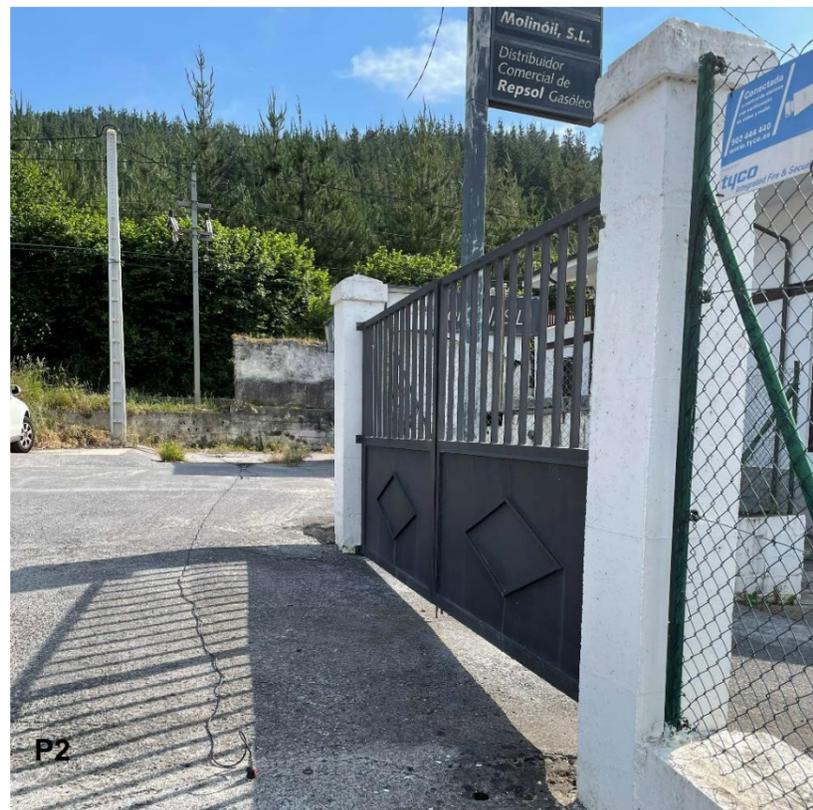
En este caso, no existe aún un perfil geotécnico, pero por los reconocimientos realizados más cercano a la zona en el estudio previo, se puede considerar relativamente uniforme, con entre 1 y 3 m de depósitos aluviales y antrópicos sobre limolitas y lutitas arenosas.

También se tiene en cuenta las facilidades de accesos y obstáculos existentes (propiedades privadas, calles, vallas, obras, etc.) y las posibilidades de colocar varios puntos de medida a varias distancias del trazado para poder determinar la atenuación vibratoria en función de la distancia.

Finalmente, se seleccionaron cuatro puntos de medida:

Punto de medida	Localización	Motivo de la selección
P1	P.K. 0+120 de la Alternativa 2, margen derecho	Proximidad a la línea actual León-Bilbao y a edificios residenciales con bajos comerciales al Este de Zalla
P2	P.K. 0+020 de la Alternativa 1, margen derecho y a la altura del P.K. 0+320 de la Alternativa 2, margen derecho	Proximidad a la línea actual León-Bilbao y a edificio parcialmente residencial en las afueras de Zalla
P3	P.K. 0+270 de la Alternativa 1, margen derecho y P.K. 0+620 de la Alternativa 2, margen derecho	Proximidad a la línea actual León-Bilbao y a edificio residencial con bajo comercial en las afueras de Aranguren
P4	P.K. 0+550 de la Alternativa 1, margen derecho y P.K. 0+890 de la Alternativa 2, margen derecho	Proximidad a la línea actual Santander-Bilbao y a edificios residenciales al Oeste de Aranguren

En el apéndice 1, se muestra un plano con la ubicación de estos puntos de medida y a continuación, se muestran unas fotos:



En estas cuatro localizaciones, se determinaron los niveles actuales triaxiales cerca de la línea de fachada de los edificios y al tratarse, en el caso de medidas de vibraciones, de evaluar el momento de mayor intensidad y no una integración de niveles durante un periodo como en el caso de las medidas de ruido, no se consideraron necesarias medidas de larga duración ni en diferentes periodos (día, tarde, noche). Consecuentemente, se realizaron varias medidas de pasos de trenes en las vías actuales.

En la misma ubicación y de forma simultánea a las medidas de vibración ambiental actual, también se midió la transmisión a través del terreno con varios acelerómetros registrando simultáneamente la aceleración a varias distancias del trazado.

4.3. Condiciones de la toma de datos

Las mediciones se realizaron el miércoles 18 de mayo de 2022.

La metodología de medida y representación de datos se basa en las especificaciones de la Norma ISO 2631-2, de 'Evaluación de la exposición humana a la vibración en cuerpo completo. Parte 2: Vibración continua e inducida por impacto en edificios (1 a 80 Hz)'.

También se consideraron las directrices del Real Decreto 1367/2007, del Decreto 213/2012, así como las siguientes precauciones:

- Se verificó la calibración de la cadena de medida antes y después de las mediciones.
- Los acelerómetros se colocaron en soportes horizontales y se hizo coincidir la vibración en el eje vertical con la dirección de máxima sensibilidad de los acelerómetros.
- Los acelerómetros se colocaron en la acera de forma que la unión con la superficie de vibración sea lo más rígida posible, con disco de medida, cianocrilato o cera.
- En todo momento, se evitó el movimiento del cable de conexión del acelerómetro al analizador de frecuencias. Asimismo, el técnico se situó a más de 2 metros de distancia durante la medida para evitar influencias por su presencia.

- Las condiciones meteorológicas eran normales, sin fenómenos atmosféricos destacables (lluvia, granizo, etc.) que pudieran influir en los resultados de la medida, ni existencia de otras fuentes temporales que pudieran aportar información errónea sobre los niveles habitualmente existentes en la zona (obras en la vía pública, operaciones de carga y descarga, etc.).

4.4. Equipos de medida

El instrumento de medida utilizado para garantizar la calidad de las medidas de vibraciones tanto para para las medidas de la vibración ambiental actual como para las medidas de caracterización del terreno es el analizador Svantek SV106, con nº de serie 45050.

Se le conectó un acelerómetro triaxial Svantek modelo SV84, con nº de serie D2294 y tres acelerómetros monoaxiales PCB modelo 393B12, con nº de serie 34051, 55157 y 55158.

El calibrador utilizado es el Svantek SV111, con nº serie 30590.

Se utilizan otros accesorios como medidores de distancia, velocidad, etc.

A continuación, se muestran los certificados de los principales equipos de medida utilizados:



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of calibration

Número
Number 21/34524125

Página 1 de 3 páginas
Page of pages

Los puntos con * no están amparados por la
marca ENAC

Applus⁺

Metrología

LGAI Technological Center, S.A.

Campus UAB
08193 Bellaterra
T +34 93 567 20 50
F +34 93 567 20 01
metrologia@appluscorp.com
www.applus.com

OBJET
Item

Medidor de vibración para edificios

IDENTIFICACIÓ
Identification

	Medidor	Acelerómetro
Marca / Mark	SVANTEK	SVANTEK
Modelo / Model	SV106	SV84
Nº serie / Serial N°	45050	D2294

SOLICITANTE
Applicant

ACUSTICA Y TELECOMUNICACIONES, S.L.
Pol. Ind. Benieto - c/del Transporte, 12
46702 GANDIA
VALENCIA

FECHA/S DE CALIBRACIÓN
Date/s of calibration

2021-05-14

SIGNATARIO/S
Authorized signatory/ies

Responsable Técnico / Technical Manager

Técnico / Technician

JORDI GIL DEL RIO 14/05/2021 15:23:24
Código Seguro de Verificación (CSV): 004450737N4CB

Eusebi Ruiz Solà
14/05/2021 13:05:09

Este documento ha sido firmado electrónicamente según la Ley 59/2003 e identificado mediante un Código Seguro de Verificación (CSV).
Consulte la validez del documento en el servicio Web de verificación <https://apps.applus.com/firmaws/>

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedidas por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de certificados de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Applus.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Applus.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of calibration

Número
Number 00507106M1

Página 1 de 3 páginas
Page of pages

Los puntos con * no están amparados por la
marca ENAC

Applus⁺

Metrología

LGAI Technological Center, S.A.

Campus UAB
08193 Bellaterra
T +34 93 567 20 50
F +34 93 567 20 01
metrologia@appluscorp.com
www.applus.com

OBJET
Item

Medidor de vibración para edificios

IDENTIFICACIÓ
Identification

	Medidor	Acelerómetros
Marca / Mark	SVANTEK	PCB
Modelo / Model	SV106	393B12
Nº serie / Serial N°	45050	34051 rojo (X) 55158 verde (Y) 55157 azul (Z)

SOLICITANTE
Applicant

ACUSTICA Y TELECOMUNICACIONES, S.L.
POL. IND. BENEITO, C/DEL TRANSPORT
46702 GANDIA
VALENCIA

FECHA/S DE CALIBRACIÓN
Date/s of calibration

2022-02-11

SIGNATARIO/S
Authorized signatory/ies

Responsable Técnico / Technical Manager

Técnico / Technician

Juanjo Sanz 25/02/2022 10:15:11
Código Seguro de Verificación (CSV): 76960923513GV

Eusebi Ruiz Solà
23/02/2022 16:02:27

Este documento ha sido firmado electrónicamente según la Ley 59/2003 e identificado mediante un Código Seguro de Verificación (CSV).
Consulte la validez del documento en el servicio Web de verificación <https://apps.applus.solutions/metrosign/>

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedidas por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de certificados de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de Applus.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).
This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Applus.

4.6. Resultados de las medidas de vibración actual

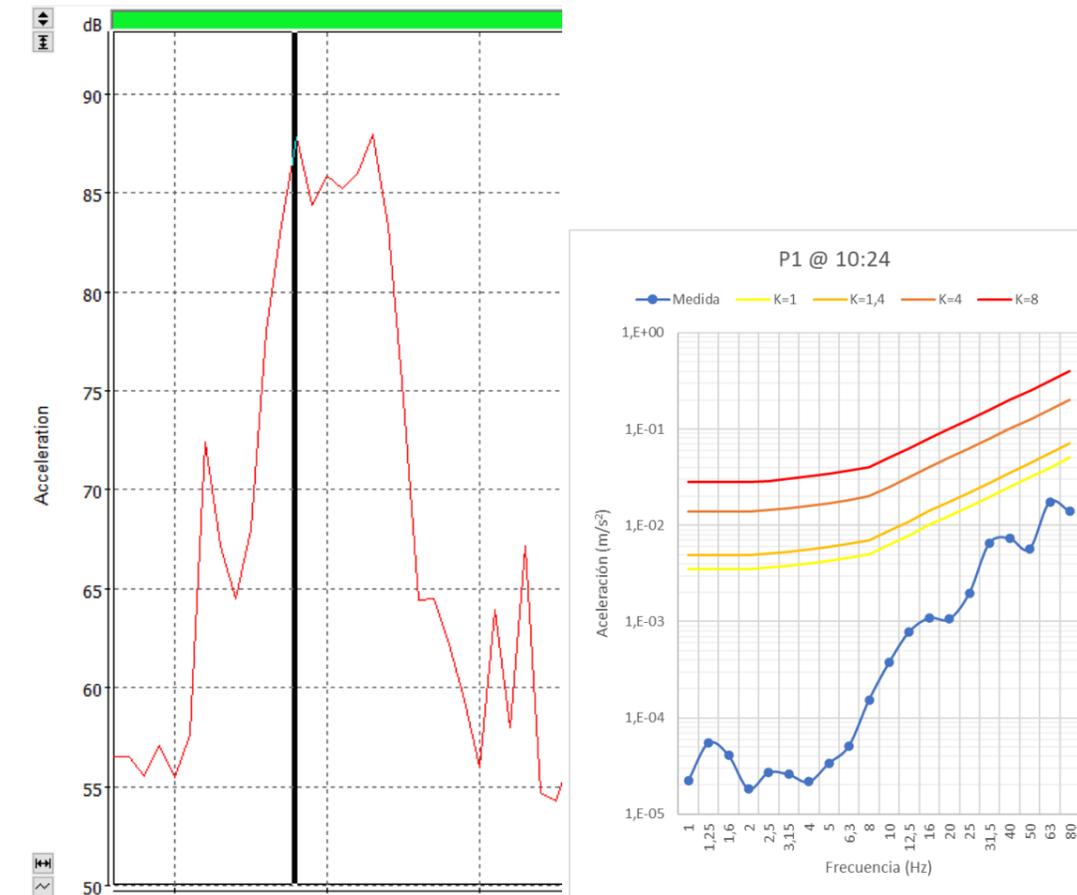
En las tablas siguientes, se detallan los índices Law de evaluación de vibraciones en disco de medida aproximadamente en las líneas de fachada de los edificios con paso de trenes en las vías actuales. También se indica el índice K únicamente como medio para dar información en frecuencia.

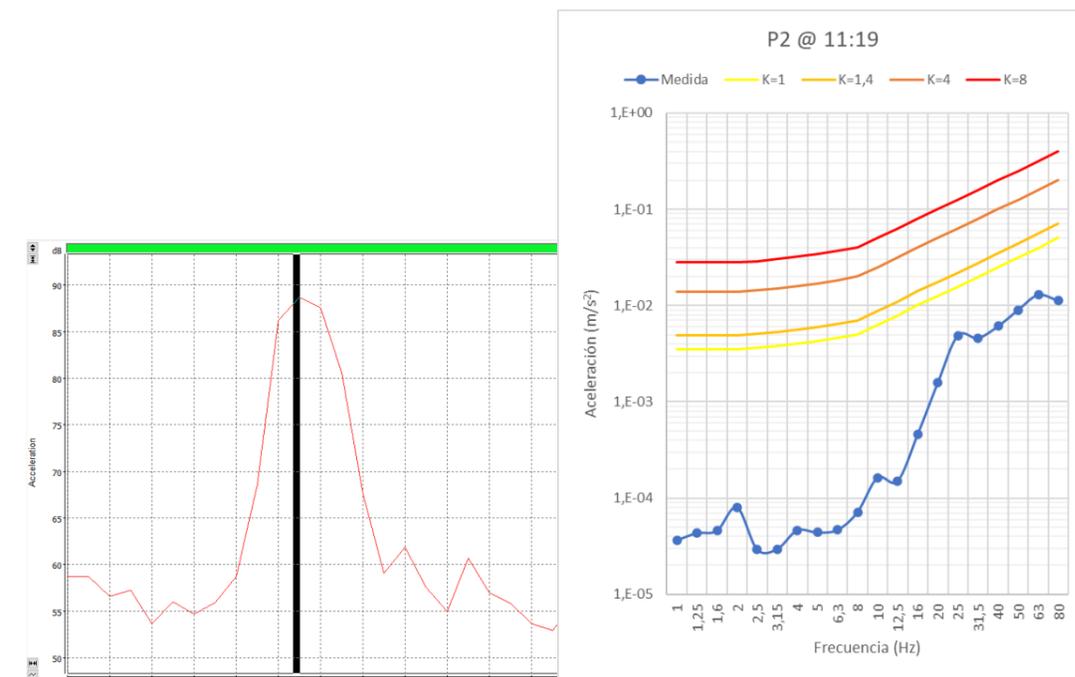
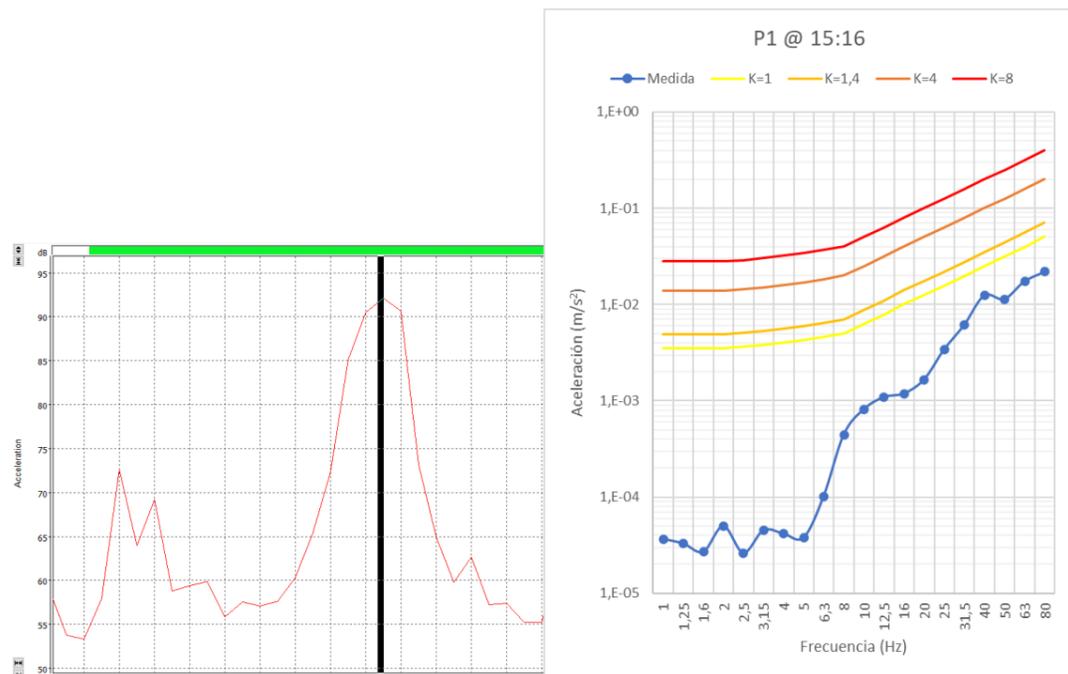
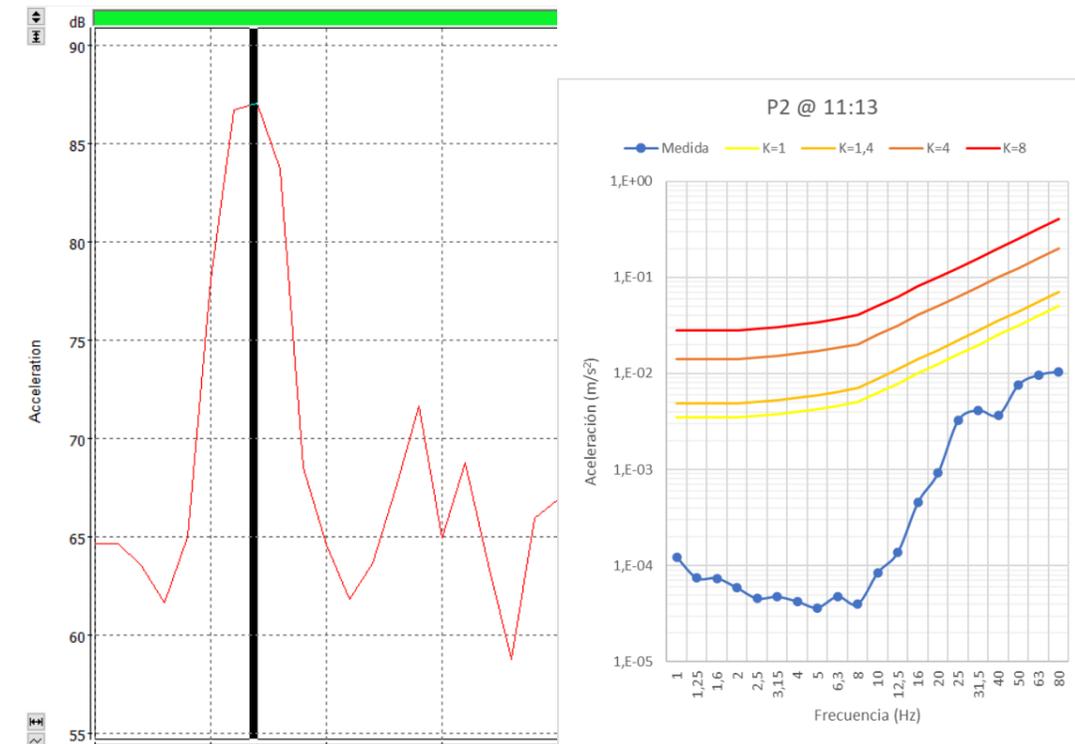
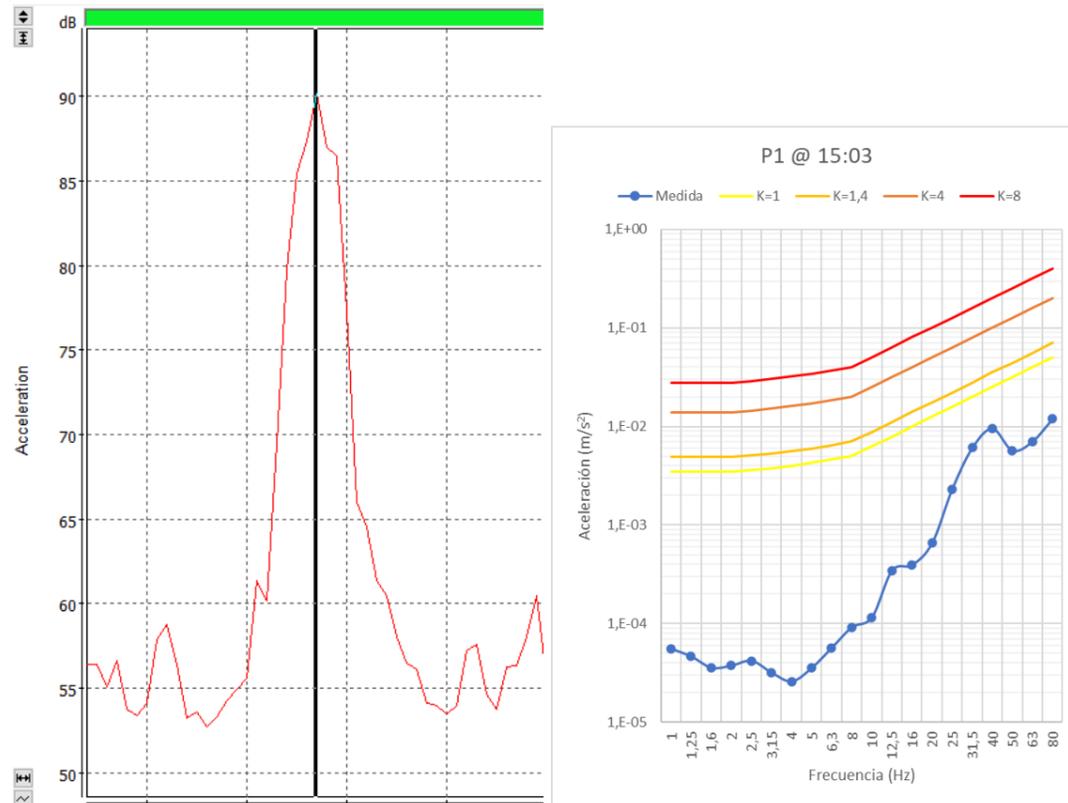
No existe una correspondencia real entre estos dos índices, aunque de forma aproximativa, en el caso de una única frecuencia claramente predominante, un K de 1.0 se corresponde a un Law (algo más restrictivo) de 72 dB.

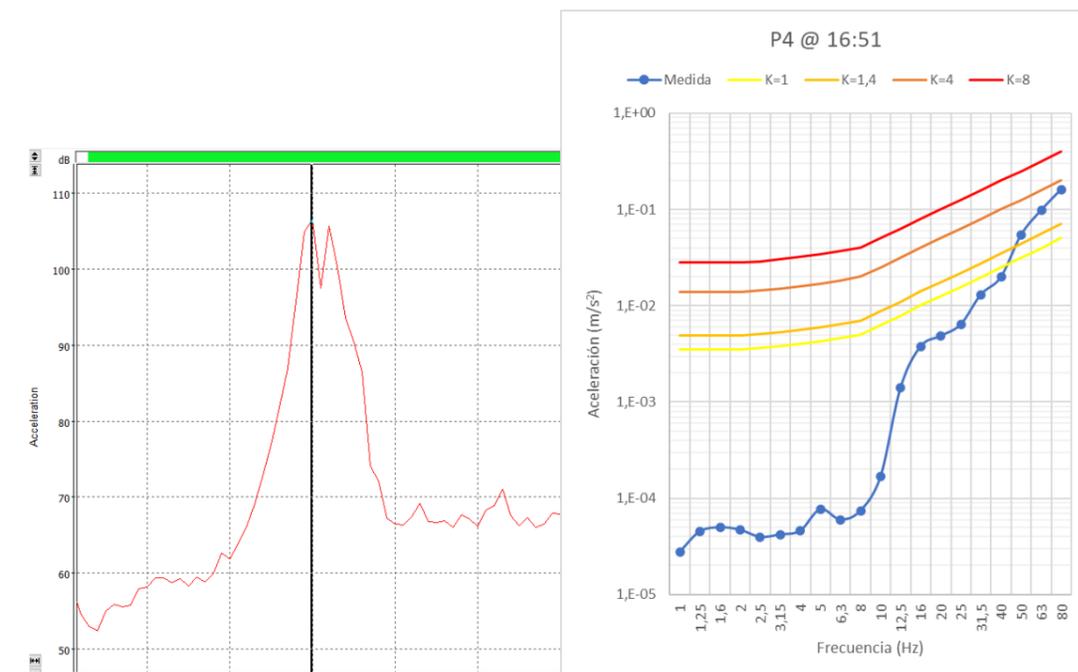
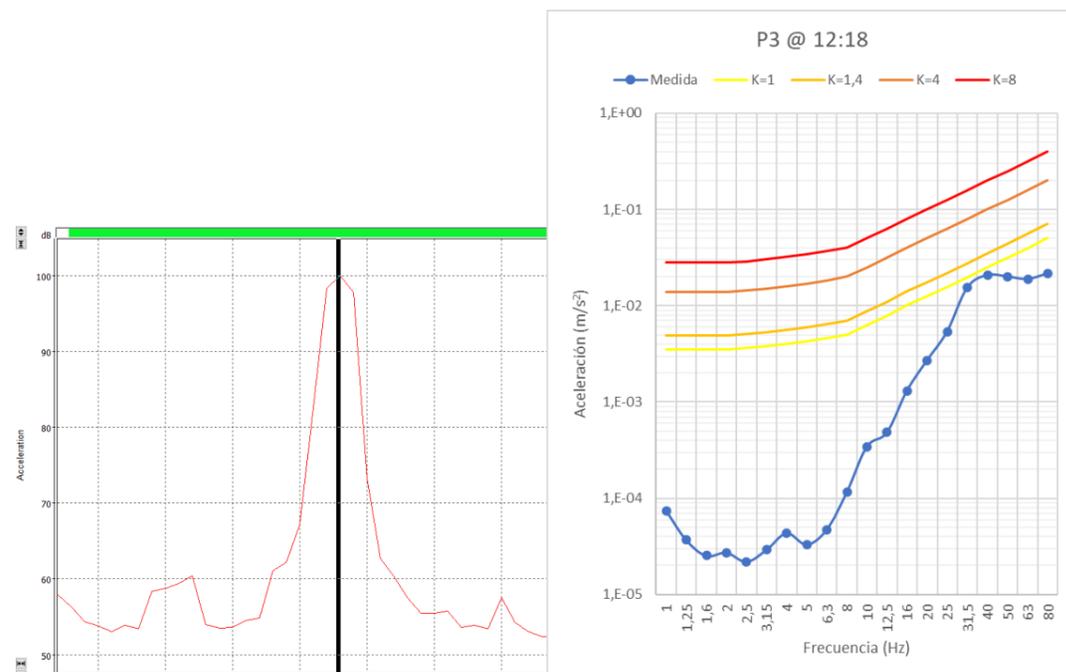
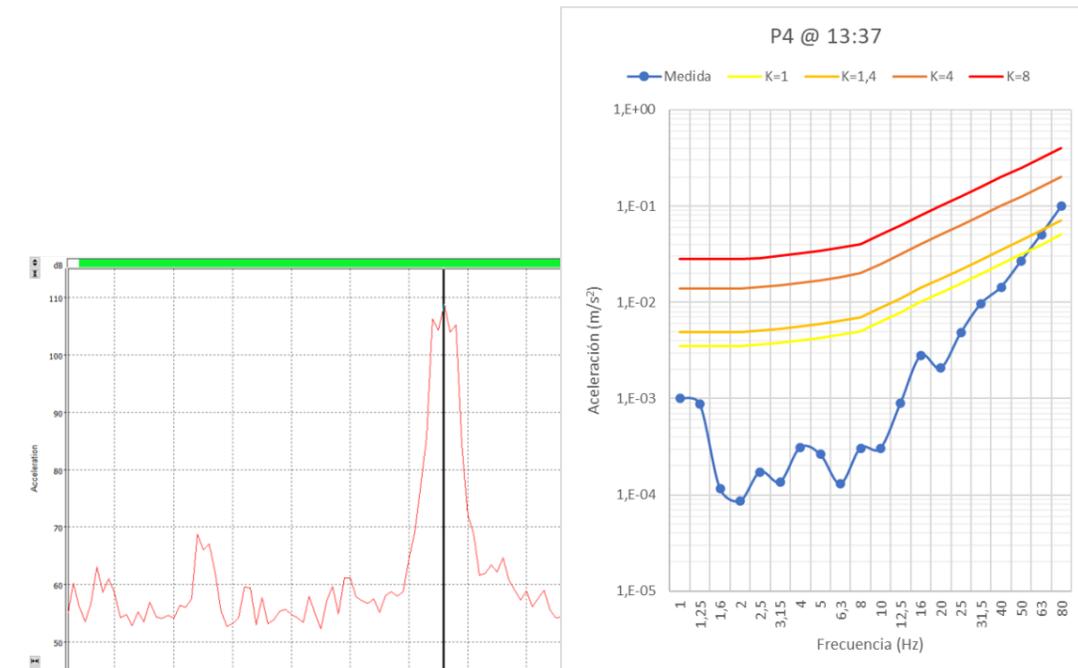
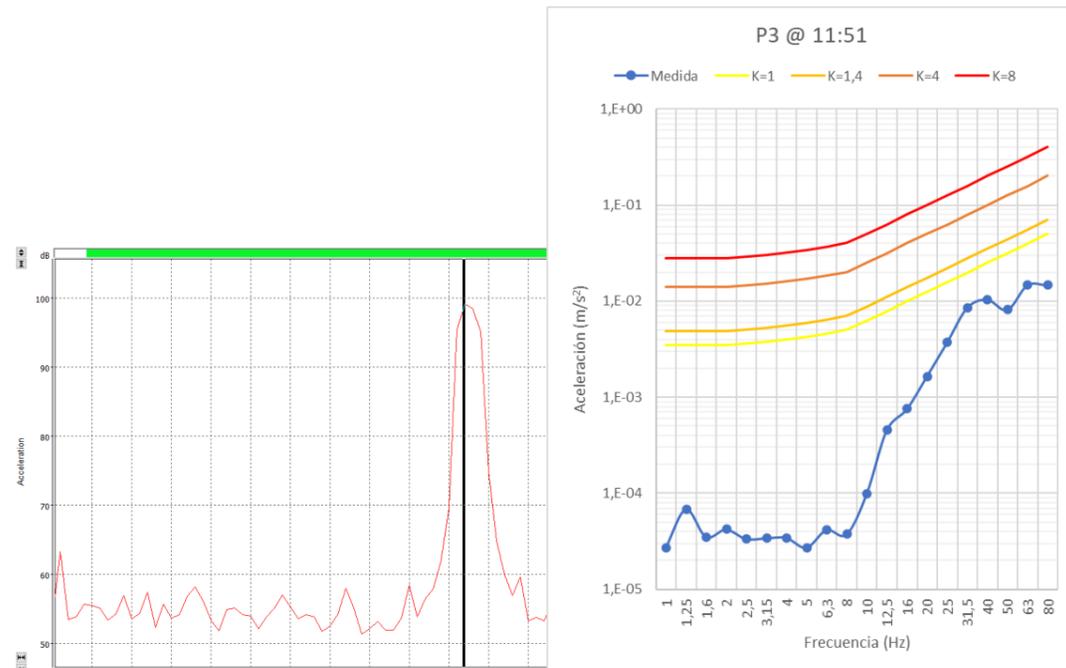
A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos con paso de trenes en las diferentes localizaciones:

Punto de medida	Distancia 2D al eje de vía (m)	Hora	Tipo de tren	Velocidad (km/h)	Sentido	Law (dB)	K (frecuencia)
P1	9	10:24	Cercanías	36	Bilbao	67.9	0.44 (63 Hz)
		15:03	Cercanías	37	La Calzada	66.6	0.38 (40 Hz)
		15:16	Media Distancia	56	Bilbao	70.4	0.49 (40 Hz)
P2	7	11:13	Cercanías	59	La Calzada	65.0	0.24 (63 Hz)
		11:19	Cercanías	57	Bilbao	67.3	0.33 (63 Hz)
P3	5	11:51	Cercanías	48	Bilbao	69.3	0.43 (31.5 Hz)
		12:18	Cercanías	63	La Calzada	74.3	0.82 (40 Hz)
P4	3	13:37	Media Distancia	47	Santander	78.7	1.97 (80 Hz)
		16:51	Media Distancia	45	Bilbao	83.3	3.21 (80 Hz)

A continuación, se muestran para el paso de todos los trenes en todos los puntos de medida los extractos de registros temporales en el eje vertical en línea de fachada aproximadamente y los espectros triaxiales sin ponderar correspondiente al segundo con mayor índice Law:







Las mediciones no se han realizado en el interior de los edificios según todos los procedimientos descritos en los textos legislativos, sino en el exterior de éstos, con el principal objetivo de obtener información de los niveles “ambientales” a nivel de suelo.

No obstante, se pueden comparar los niveles obtenidos con los exigidos en la legislación, a fin de dar una idea de la situación vibratoria actual/preoperacional en la zona.

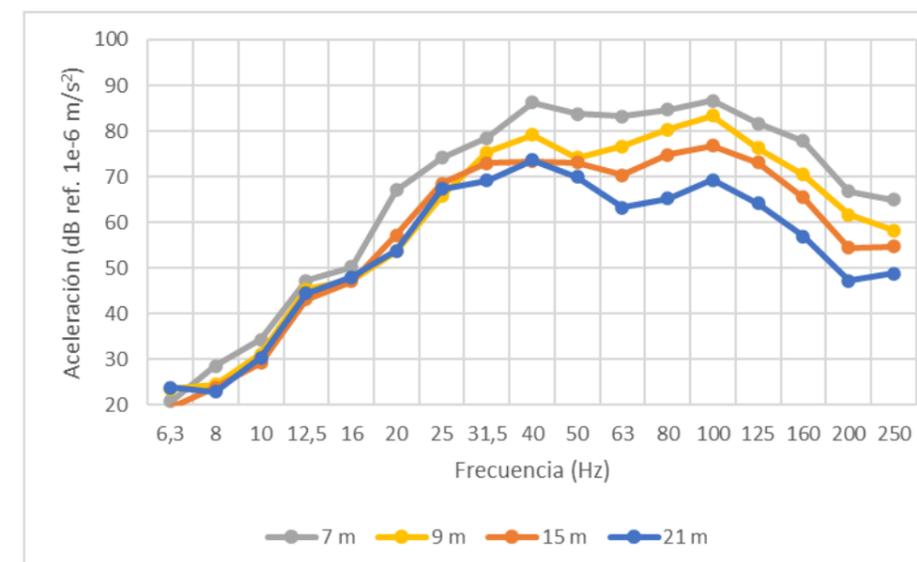
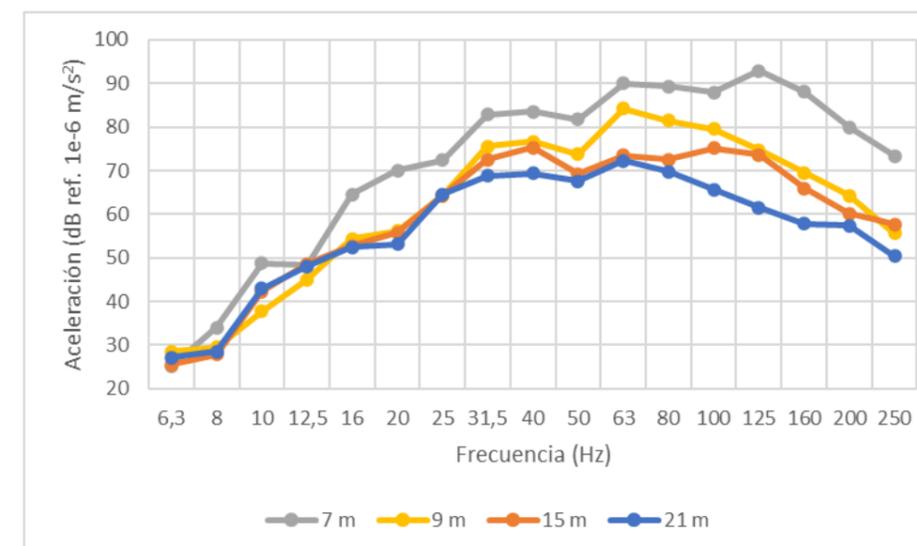
Del análisis de los resultados de las mediciones de vibración realizadas, se concluye que los niveles globales Law obtenidos en superficie entre 5 y 9 m y con velocidades comprendidas entre 36 y 59 km/h son bastante homogéneos, de 67,0 +/- 2,3 dB con pasos de Cercanía. A 5 m y a 63 km/h, ya se registró un índice Law de 74,3 dB. A estas distancias y velocidades, sólo se ha podido medir un Media Distancia a 7 m con 56 km/h, cuyo índice Law es algo mayor: 70,4 dB. Finalmente, en el punto P4, a tan sólo 3 m del eje de vía, se midieron 2 trenes de Media Distancia a 46 +/- 1 km/h, con resultados de Law = 78,7 y 83,3 dB. Serían los únicos resultados que superarían el límite normativo de 75 dB para uso residencial. En este caso, no se observa una influencia relevante del sentido de circulación.

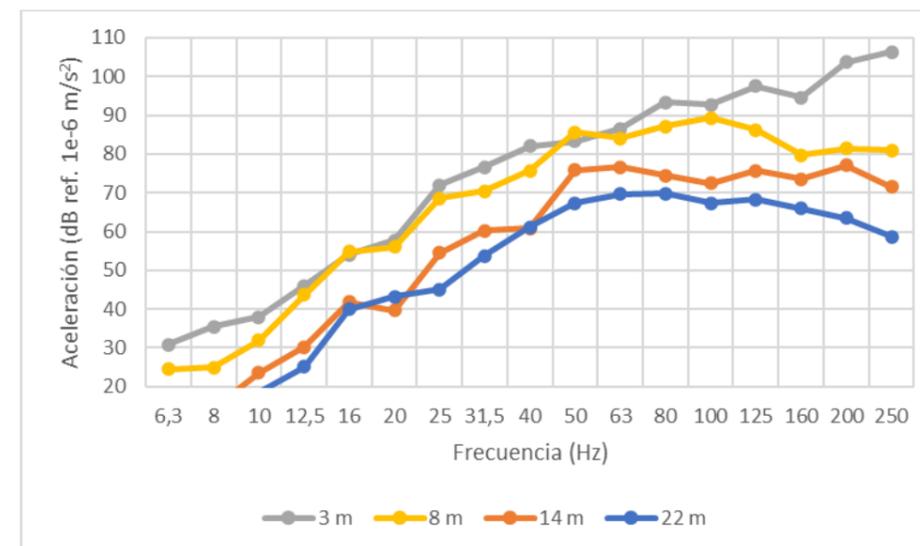
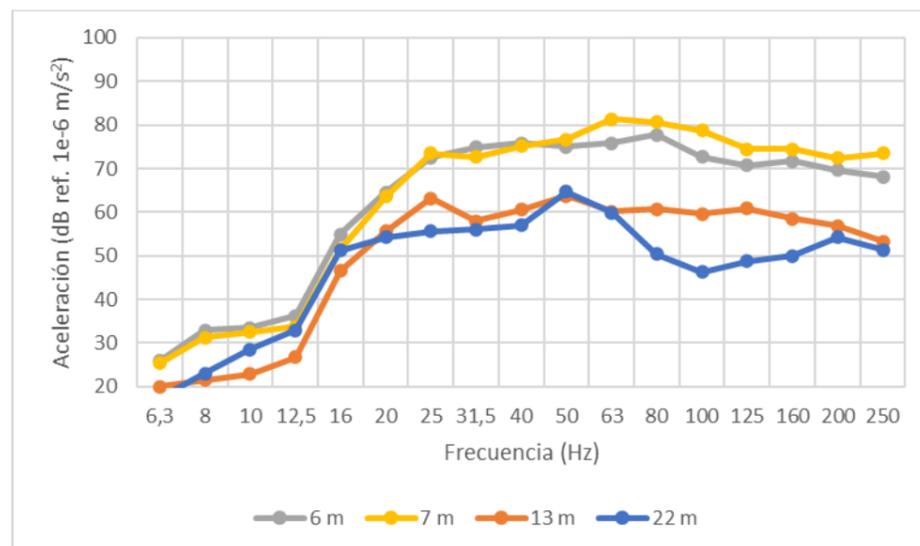
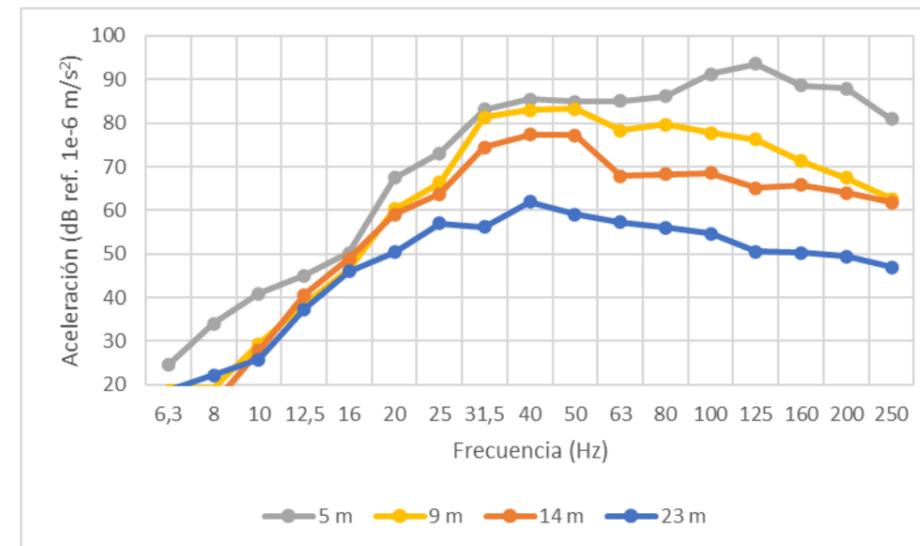
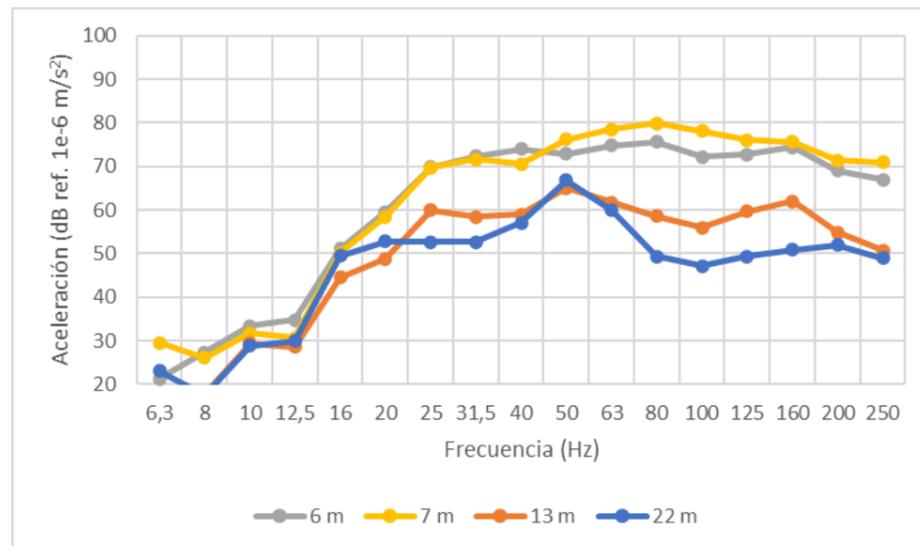
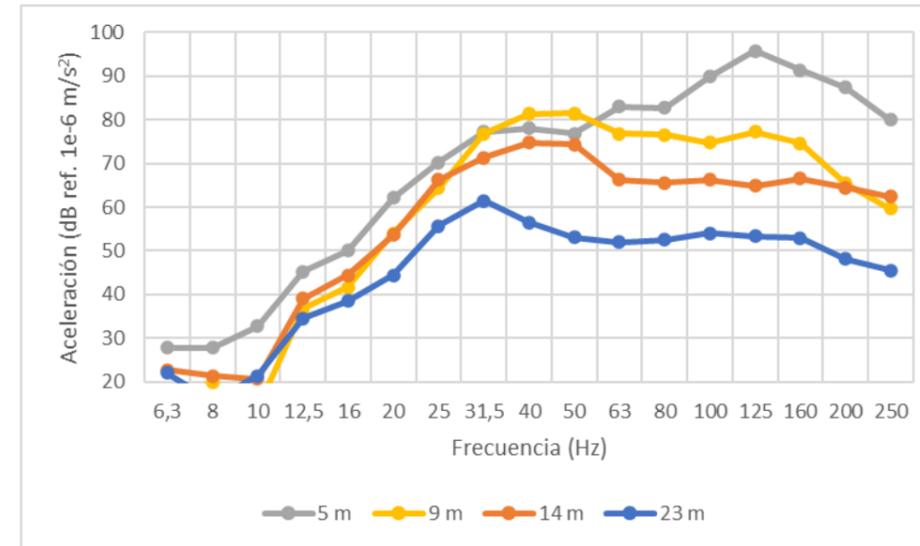
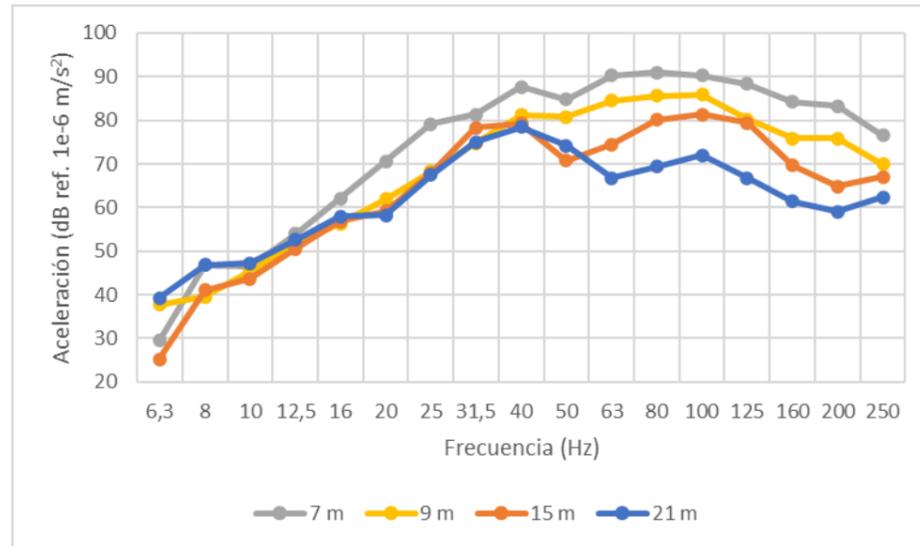
Tal y como es de esperar con vías estándares sobre balasto, los niveles más relevantes se registran en general en las bandas de tercio de octava comprendidas entre 63 y 80 Hz, aunque en algún caso, también se observan niveles relevantes en las bandas de tercio de octava comprendidas entre 31,5 y 50 Hz.

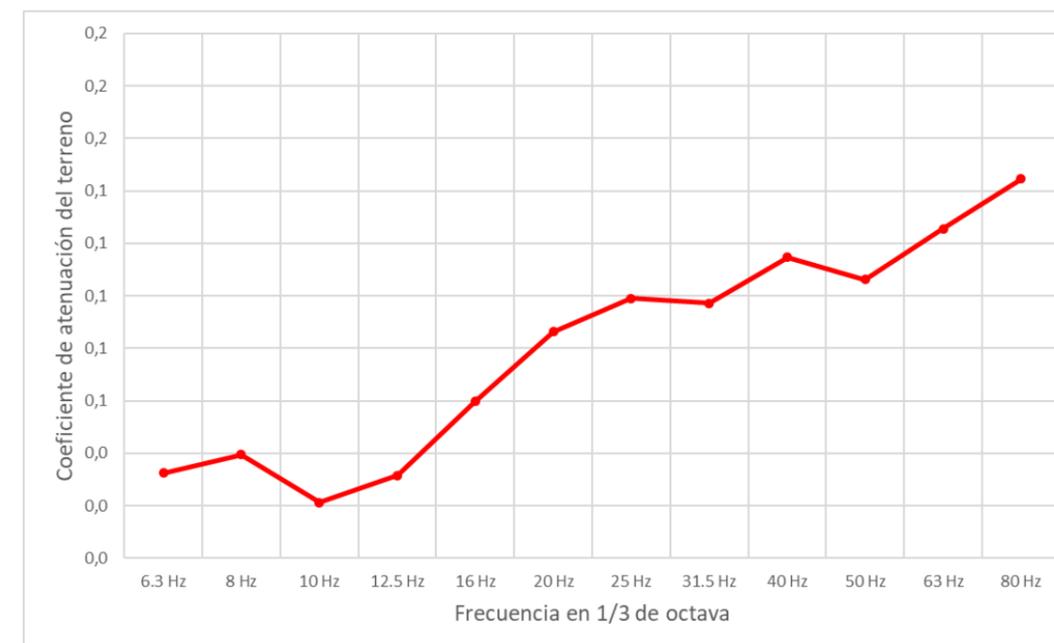
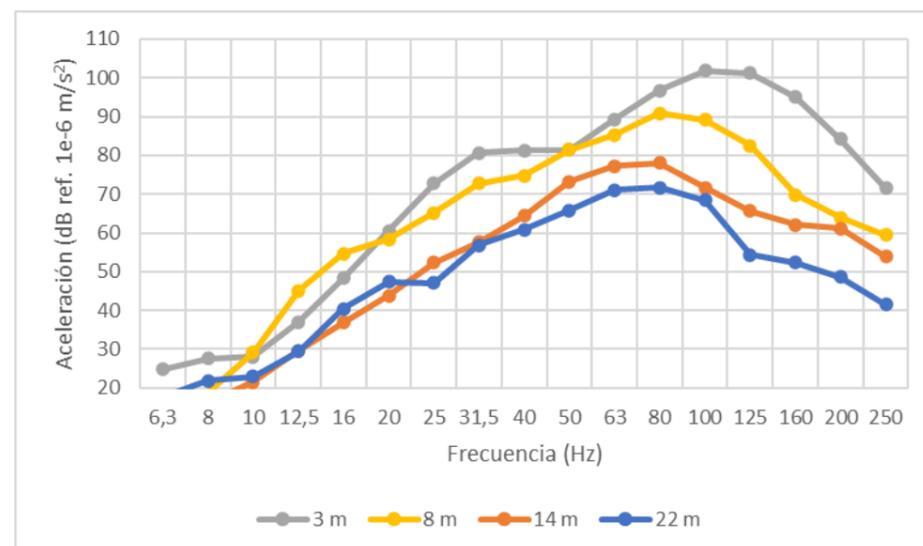
4.7. Resultados de caracterización de los terrenos

Como se ha descrito anteriormente, la transmisividad de los terrenos se ha determinado a partir de las vibraciones verticales registradas con paso de trenes, en tercio de octava y con cuatro acelerómetros colocados a diferentes distancias de las vías entre 3 y 23 m.

A continuación, se muestran por orden todos los resultados obtenidos experimentalmente:







De estos resultados, se deduce la atenuación media en banda de tercio de octava para su uso posterior en el modelo de simulación de la situación futura.

Para ello, se validan las curvas teóricas del modelo de Barkan empleadas para la caracterización del terreno, es decir que asumiendo el cumplimiento de la Ley de Barkan de transmisión de vibraciones en el terreno, mediante los resultados obtenidos de las mediciones realizadas y descartando valores incoherentes, se procede al ajuste empírico según la citada Ley, enunciada a continuación:

$$v(d) = v(d_0) * \left(\frac{d_0}{d}\right)^\gamma * e^{\alpha(d_0-d)},$$

donde:

- $v(d)$ es la vibración transmitida a una distancia d de la fuente.
- $v(d_0)$ es la vibración transmitida a una distancia d_0 de la fuente.
- γ es la atenuación geométrica del terreno (considerado homogéneo, isótropo y linealmente viscoelástico). En este caso, al tratarse de una fuente lineal en superficie, se considera nulo.
- α es la atenuación debida a la disipación de energía por el terreno, que se determina aquí experimentalmente.

La figura siguiente muestra los valores medios del coeficiente de atenuación obtenido y que se utilizará en los cálculos:

5. Cálculos de niveles en la situación futura

5.1. Metodología

Los cálculos están basados en un método analítico validado previamente en numerosas ocasiones por comparación con otros métodos numéricos (Elementos Finitos) y con mediciones. Para ello, se determinan (mediante documentación técnica aportada, mediciones y/o experiencia previa) las características asumibles que describan el problema: propiedades de material rodante, superestructura, terrenos y materiales en general. No obstante, el modelo también se validará con las medidas realizadas antes de simular la situación futura.

5.2. Emisión por el material rodante

Se estima inicialmente la fuente de excitación por parte del material móvil mediante el método del impacto equivalente de Eisenmann. Es decir que se calcula la fuerza ejercida sobre los carriles por las ruedas de los ejes de los bogies, del material rodante presente en el escenario de circulación considerando una distribución uniforme en el contacto rueda/carril en la que se representan como un cilindro y un plano, respectivamente. Además, de acuerdo con el modelo de Eisenmann, el factor de amplificación dinámica FAD se calcula para trenes de mercancías en función de la velocidad V en km/h como:

$$FAD = 1 + t\varphi \left(1 + \frac{V-60}{140} \right),$$

Donde $t = 2$ es un factor correspondiente a un intervalo de confianza medio de 95,5% y $\varphi = 0,3$ un factor correspondiente a un estado de vía regular. Esta hipótesis sobre el estado de las vías viene motivada por los resultados obtenidos en las mediciones y desde un punto de vista conservador, considerando que, pasado algún tiempo después del cambio de vía, las condiciones de mantenimiento pueden ser similares a las actuales, se mantendrá esta hipótesis para los cálculos en la situación futura, es decir que se utilizará prácticamente el mismo espectro de excitación por el material rodante en el contacto rueda/carril que en la situación actual, con la única diferencia de la velocidad mayor en la situación futura.

De la misma forma, según la adaptación realizada por DB (Deutsche Bahn) para trenes de pasajeros, el factor de amplificación dinámica FAD se calcula en este caso como:

$$FAD = 1 + t\varphi \left(1 + \frac{V-60}{380} \right).$$

Para la validación en la situación actual, se consideran los trenes que se midieron a las velocidades a las que se midieron durante la campaña experimental, es decir Cercanías y Mediad Distancia.

Para los cálculos en la situación futura, se considera el tipo de tren más desfavorable previsto en el escenario de circulación a su máxima velocidad de proyecto, en este caso de 80 km/h a lo largo de todo el trazado tanto para trenes de viajeros (Media Distancia) como de mercancías.

Por lo tanto, para los trenes de viajeros, se consideran tanto en la situación actual como en la futura los siguientes datos de trenes de Cercanías, basados en la Serie 436:

- Carga por eje: 12,5 toneladas
- Masa no suspendida: 700 kg por rueda
- Distancias entre ejes: 2.8/18.2 m
- Diámetro de rueda: 1.01 m

Para la validación en la situación actual, se consideran los siguientes datos de trenes de Media Distancia, basados en la Serie 527:

- Carga por eje: 17,5 toneladas
- Masa no suspendida: 900 kg por rueda
- Distancias entre ejes: 2.6/12.5 m
- Diámetro de rueda: 0.85 m

Y los siguientes datos para los trenes de mercancías, basados en la Serie 315/316/619:

- Carga por eje: 22,5 toneladas
- Masa no suspendida: 1500 kg por rueda
- Distancias entre ejes: 2.5/9 m
- Diámetro de rueda: 1.05 m

5.3. Transmisión por la superestructura

A continuación, se consideran las masas, las rigideces y los factores de pérdida de todos los elementos que componen las superestructuras de vías (carriles, fijaciones, lecho, etc.), con el objetivo de determinar, mediante expresión analítica con el método de Zimmermann-Timoshenko, la respuesta de este sistema masa-muelle con un solo grado de libertad a la fuerza excitadora calculada anteriormente.

La vía actual y futura es sobre balasto y se han considerado fijaciones estándares cada 60 cm, de rigidez dinámica 150 kN/mm, con traviesas monobloque de 2 m y 220 kg de hormigón pretensado y balasto de 30 cm de espesor bajo traviesa y 4 m de ancho.

5.4. Transmisión por el terreno

Se tiene en cuenta el coeficiente de atenuación del terreno determinado con las mediciones.

La transmisión en el terreno de las ondas vibratorias se ajusta entonces al modelo de Barkan descrito antes:

$$v(d) = v(d_0) * \left(\frac{d_0}{d}\right)^{\gamma} * e^{\alpha(d_0-d)},$$

donde:

- $v(d)$ es la vibración transmitida a una distancia d de la fuente.
- $v(d_0)$ es la vibración transmitida a una distancia d_0 de la fuente.

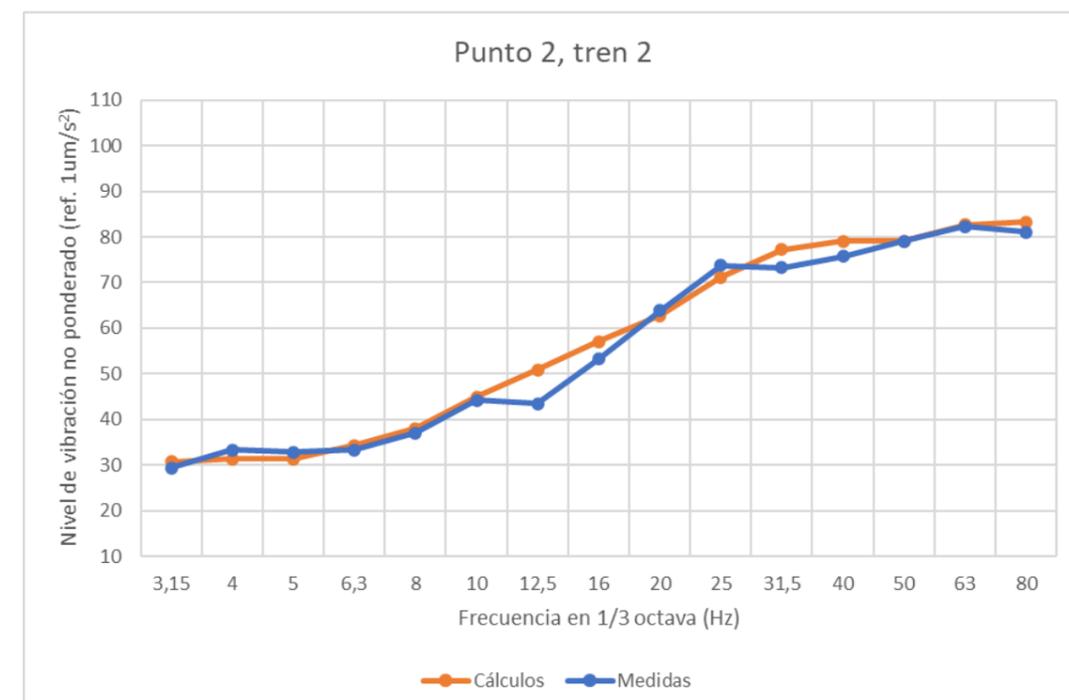
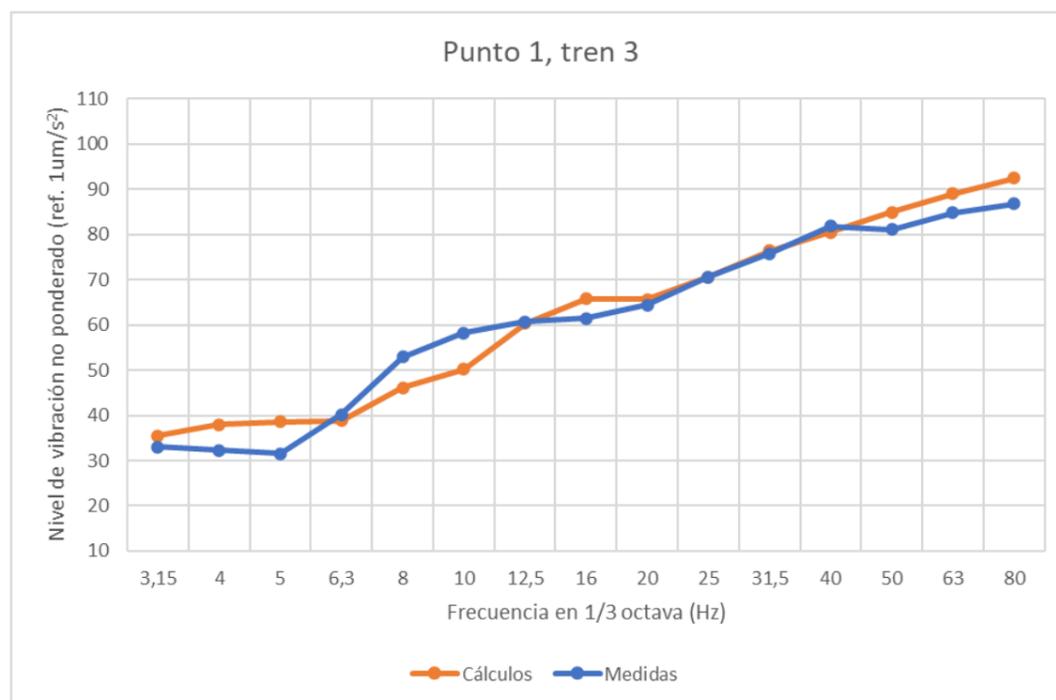
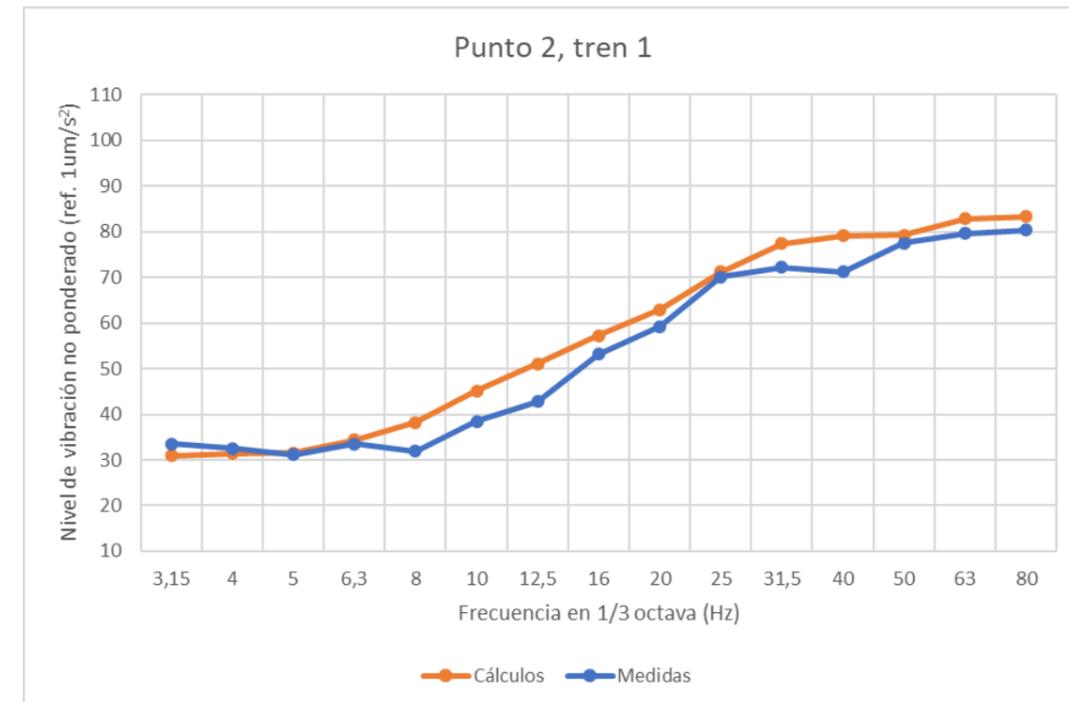
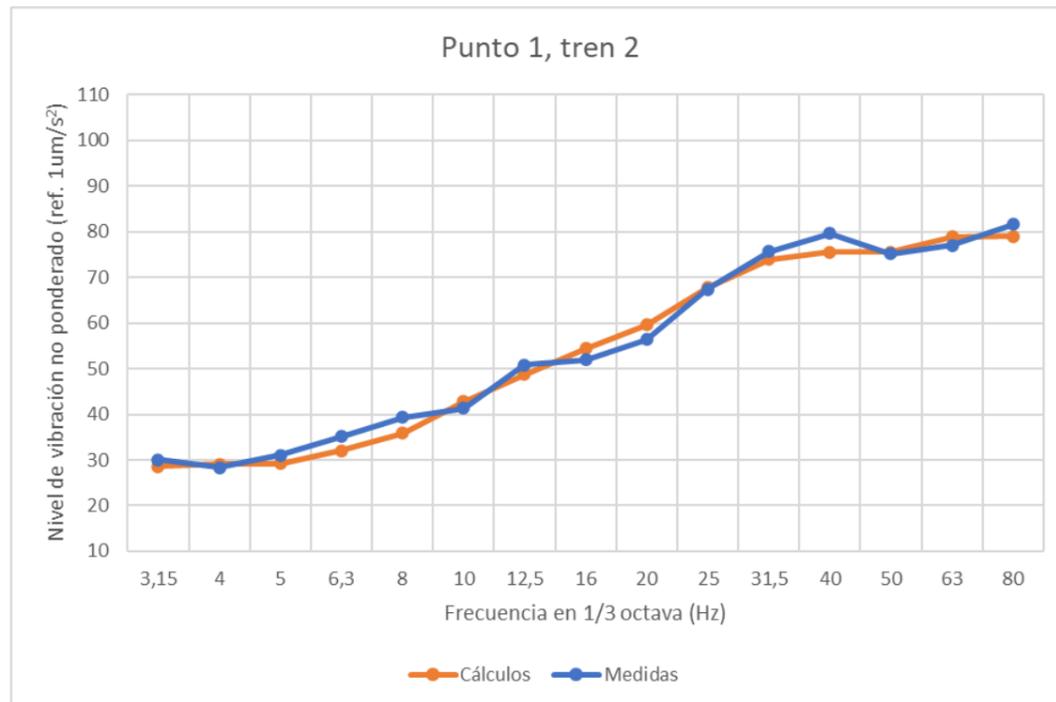
- γ es la atenuación geométrica del terreno (considerado homogéneo, isótropo y linealmente viscoelástico). Al tratarse de una fuente lineal en superficie, se considera nulo.
- α es la atenuación debida a la disipación de energía por el terreno, que se ha determinado experimentalmente.

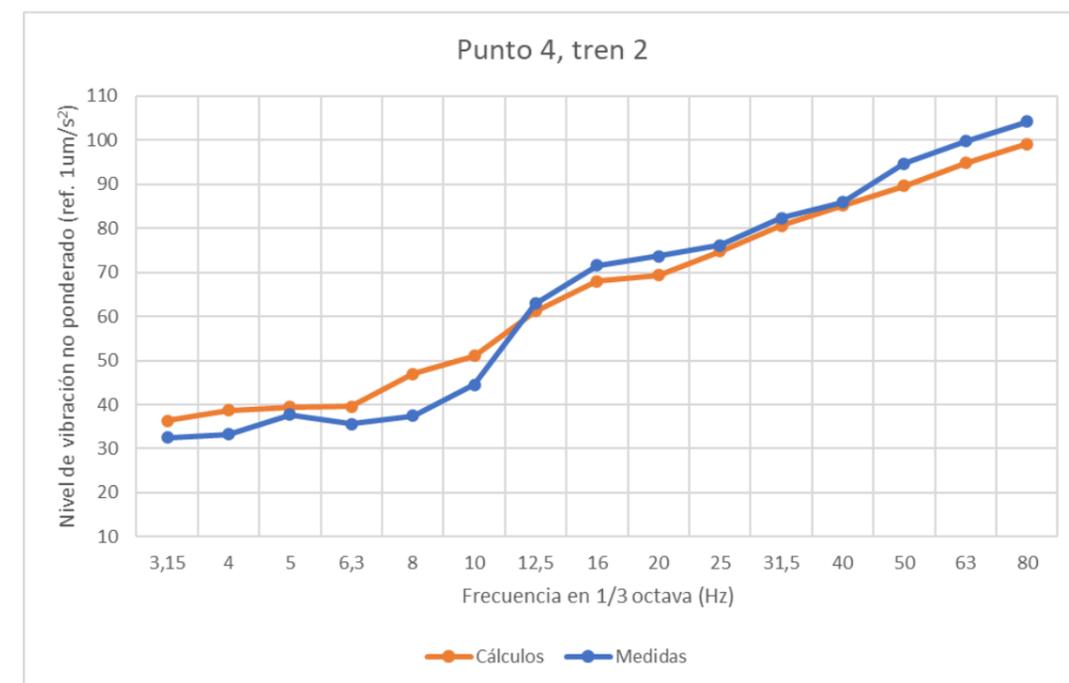
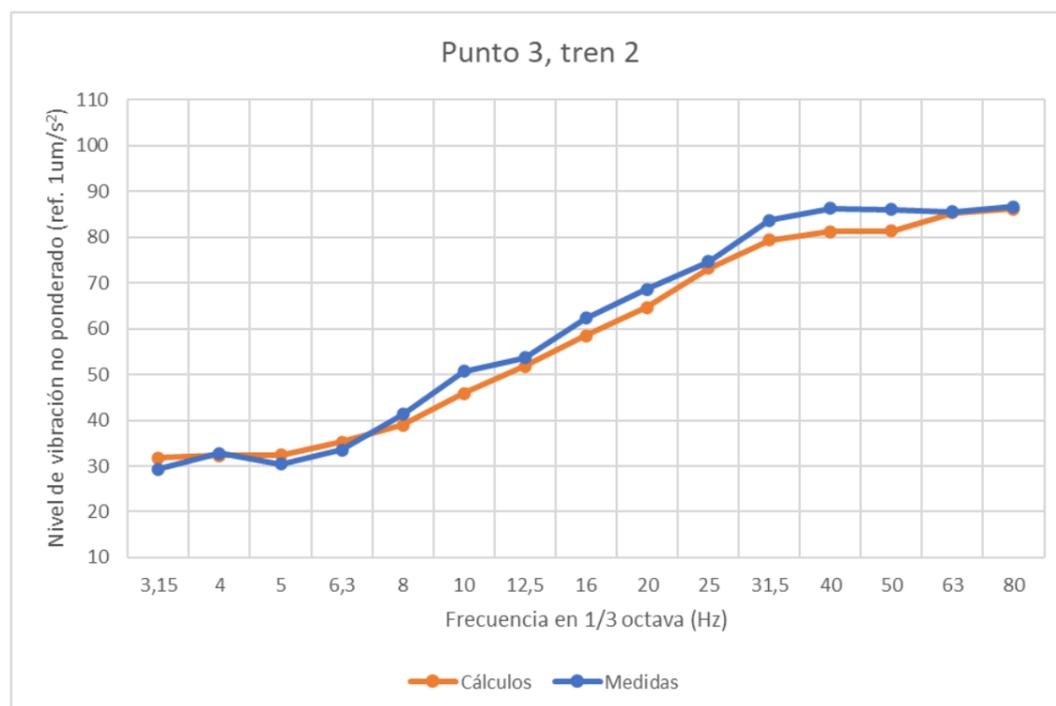
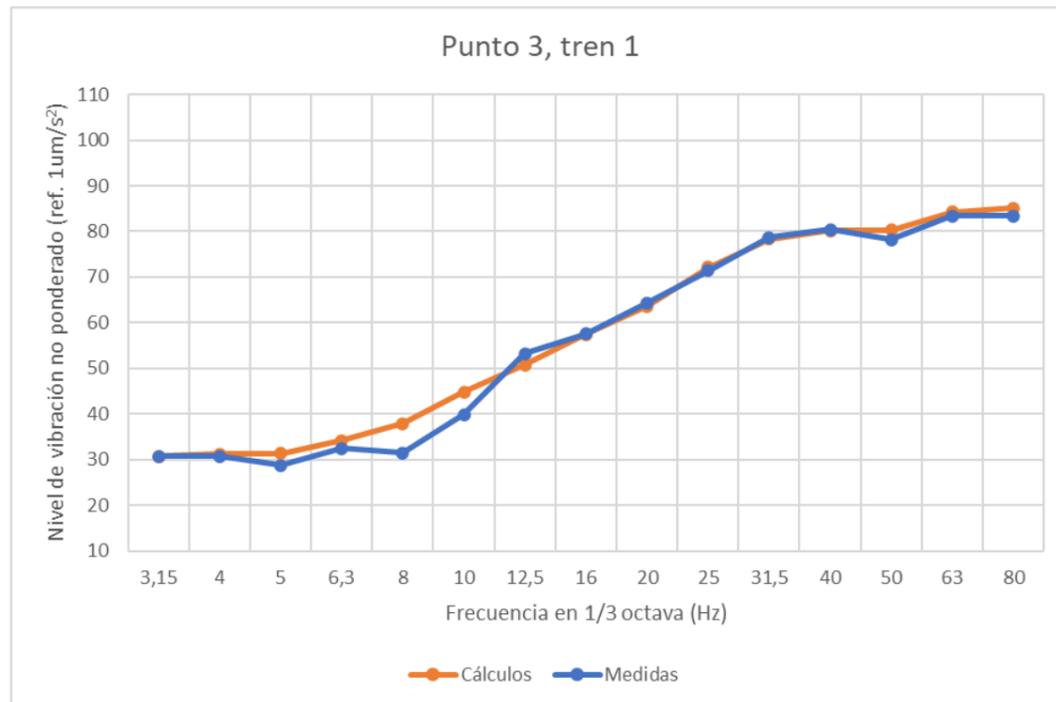
5.5. Validación del modelo en la situación actual

En este punto, se procede a la calibración del modelo en comparación con los resultados de las mediciones. Para eso, se ajusta la fuerza de excitación en la situación actual calculada inicialmente con el método del impacto equivalente de Eisenmann para que sea coherente con los resultados de las mediciones realizadas en cada banda de tercio de octava.

A continuación, se muestra la comparación entre los espectros triaxiales medidos y calculados para comprobar que el modelo se ajusta adecuadamente a las mediciones en general y en particular en las bandas de tercio de octava en las que los niveles son más altos, entre 63 y 80 Hz en general:







5.6. Recepción en los edificios

Para tener en cuenta la atenuación debida al acople entre terreno y edificios y la amplificación debida a los modos propios de los primeros forjados, se ha considerado una atenuación de 0.15 dB por planta en todo el rango de frecuencia y una amplificación de 2 dB entre 25 y 40 Hz (0 dB a otras frecuencias) siempre que los edificios tengan al menos 2 plantas (planta baja y planta 1). Para edificios de una planta baja solamente, se considera una amplificación de 1 dB entre 25 y 40 Hz (0 dB a otras frecuencias). Estos ajustes son empíricos y provienen de la experiencia en edificios tipos en España.

5.7. Resultados en la situación futura

Tras realizar los cálculos descritos antes para llevar cuenta de la situación futura, el resultado final de los cálculos son los espectros de aceleración en tercio de octava previstos en la fase de explotación considerando las condiciones de circulación más desfavorables previstas y para todas las edificaciones sensibles. De este modo se obtiene el índice de percepción vibratoria Law, conforme a las diferentes legislaciones aplicables.

Los resultados obtenidos para cada una de las alternativas se muestran en las siguientes tablas, en las que nuevamente, se emplea el índice K únicamente a modo informativo y se resaltan aquellos valores que superan los niveles límite del índice Law:

ID	Localización		Distancia Alt1 (m)	Uso	Estado	Nº de plantas	Velocidad (km/h)	Previsión con paso de trenes de pasajeros en Alt1			Previsión con paso de trenes de mercancías en Alt1			Índices límite de vibraciones	
	P.K. Alt1	Margen Alt1						K	Law (dB)	Exceso (dB)	K	Law (dB)	Exceso (dB)	K	Law (dB)
55	L790_0+000_Alt1	Derecho	5	Residencial	Habitada	3	80	3,36	84,7	9,7	5,91	86,5	11,5	1,4	75
56	L790_0+000_Alt1	Izquierdo	8	Otros	Habitada	1	80	2,58	82,4	-	3,09	80,9	-	-	-
58	L790_0+130_Alt1	Izquierdo	5	Residencial	Habitada	4	80	3,31	84,6	9,6	5,82	86,4	11,4	1,4	75
59	L790_0+140_Alt1	Izquierdo	20	Otros	Habitada	1	80	0,93	75,0	-	1,46	74,5	-	-	-
60	L790_0+140_Alt1	Derecho	31	Industrial	Habitada	1	80	0,39	69,0	-	0,76	68,7	-	8	-
63	L790_0+290_Alt1	Derecho	12	Residencial	Habitada	5	80	1,78	80,0	5,0	3,67	82,4	7,4	1,4	75
64	L790_0+320_Alt1	Derecho	21	Otros	Habitada	1	80	0,89	74,7	-	1,42	74,2	-	-	-
65	L790_0+340_Alt1	Derecho	19	Residencial	Habitada	3	80	1,00	76,0	1,0	2,43	78,8	3,8	1,4	75
321	L790_0+430_Alt1	Derecho	11	Otros	Habitada	1	80	2,14	81,0	-	2,70	79,7	-	-	-
72	L790_0+440_Alt1	Derecho	23	Residencial	Habitada	3	80	0,68	73,3	-	1,82	76,3	1,3	1,4	75
71	L780_0+100_Alt1	Izquierdo	26	Otros	Habitada	1	80	0,54	71,3	-	0,98	71,0	-	-	-
322	L790_0+440_Alt1	Derecho	9	Otros	Habitada	1	80	2,47	82,0	-	3,00	80,7	-	-	-
73	L790_0+460_Alt1	Derecho	4	Otros	Habitada	1	80	3,78	85,2	-	4,10	83,4	-	-	-
79	L790_0+470_Alt1	Derecho	47	Residencial	Habitada	6	80	0,13	60,6	-	0,40	63,2	-	1,4	75
77	L780_0+130_Alt1	Izquierdo	51	Otros	Habitada	2	80	0,13	59,3	-	0,32	61,4	-	-	-
80	L790_0+500_Alt1	Derecho	46	Residencial	Habitada	6	80	0,13	60,9	-	0,42	63,6	-	1,4	75
78	L780_0+150_Alt1	Izquierdo	54	Residencial	Habitada	3	80	0,12	57,8	-	0,26	59,5	-	1,4	75
81	L790_0+525_Alt1	Derecho	45	Residencial	Habitada	6	80	0,14	61,5	-	0,45	64,2	-	1,4	75
90	L780_0+180_Alt1	Izquierdo	58	Residencial	Habitada	3	80	0,11	56,2	-	0,20	57,2	-	1,4	75
82	L790_0+525_Alt1	Derecho	45	Residencial	Habitada	6	80	0,14	61,5	-	0,45	64,2	-	1,4	75
91	L790_0+525_Alt1	Izquierdo	40	Otros	Habitada	1	80	0,21	64,2	-	0,43	63,8	-	-	-
93	L790_0+525_Alt1	Derecho	10	Residencial	Habitada	2	80	2,25	81,8	6,8	4,42	84,0	9,0	1,4	75
92	L790_0+525_Alt1	Izquierdo	18	Residencial	Habitada	2	80	1,12	76,8	1,8	2,65	79,6	4,6	1,4	75
101	L790_0+525_Alt1	Derecho	51	Residencial	Habitada	3	80	0,12	59,1	-	0,32	61,2	-	1,4	75
320	L790_0+525_Alt1	Derecho	33	Otros	Habitada	1	80	0,32	67,5	-	0,64	67,3	-	-	-
100	L790_0+525_Alt1	Derecho	40	Residencial	Habitada	3	80	0,20	64,3	-	0,64	67,3	-	1,4	75
99	L790_0+525_Alt1	Izquierdo	59	Residencial	Habitada	2	80	0,11	56,0	-	0,19	56,8	-	1,4	75
102	L790_0+525_Alt1	Derecho	60	Residencial	Habitada	6	80	0,10	55,0	-	0,17	55,7	-	1,4	75

ID	Localización		Distancia Alt2 (m)	Uso	Estado	Nº de plantas	Velocidad (km/h)	Previsión con paso de trenes de pasajeros en Alt2			Previsión con paso de trenes de mercancías en Alt2			Índices límite de vibraciones	
	P.K. Alt2	Margen Alt2						K	Law (dB)	Exceso (dB)	K	Law (dB)	Exceso (dB)	K	Law (dB)
29	L790_0+000_Alt2	Izquierdo	50	Residencial	Habitada	5	80	0,12	59,1	-	0,32	61,3	-	1,4	75
28	L790_0+000_Alt2	Izquierdo	56	Residencial	Habitada	5	80	0,11	56,6	-	0,22	57,9	-	1,4	75
33	L790_0+000_Alt2	Derecho	4	Docente	Habitada	2	80	3,88	85,8	13,8	6,60	87,5	15,5	1	72
32	L790_0+000_Alt2	Izquierdo	27	Sanitario	Habitada	3	80	0,51	71,5	-	1,49	74,6	2,6	1	72
34	L790_0+050_Alt2	Izquierdo	18	Industrial	Habitada	2	80	1,14	76,9	-	2,68	79,7	-	8	-
35	L790_0+040_Alt2	Derecho	3	Terciario	Habitada	2	80	3,95	85,9	-	6,68	87,6	-	4	-
37	L790_0+060_Alt2	Derecho	15	Residencial	Habitada	5	80	1,35	78,1	3,1	3,00	80,7	5,7	1,4	75
38	L790_0+080_Alt2	Derecho	18	Residencial	Habitada	4	80	1,08	76,5	1,5	2,56	79,3	4,3	1,4	75
40	L790_0+090_Alt2	Derecho	63	Residencial	Habitada	5	80	0,10	54,2	-	0,14	54,3	-	1,4	75
36	L790_0+110_Alt2	Izquierdo	16	Otros	Habitada	1	80	1,31	77,4	-	1,88	76,6	-	-	-
39	L790_0+100_Alt2	Derecho	23	Residencial	Habitada	4	80	0,69	73,5	-	1,84	76,4	1,4	1,4	75
41	L790_0+100_Alt2	Derecho	68	Residencial	Habitada	5	80	0,09	52,8	-	0,11	51,9	-	1,4	75
50	L790_0+170_Alt2	Derecho	56	Terciario	Habitada	1	80	0,12	57,1	-	0,15	55,1	-	4	-
52	L790_0+200_Alt2	Derecho	29	Residencial	Habitada	2	80	0,44	70,3	-	1,30	73,4	-	1,4	75
51	L790_0+200_Alt2	Derecho	64	Terciario	Habitada	1	80	0,10	54,1	-	0,09	50,5	-	4	-
56	L790_0+370_Alt2	Derecho	56	Otros	Habitada	1	80	0,12	56,9	-	0,15	54,8	-	-	-
58	L790_0+480_Alt2	Derecho	23	Residencial	Habitada	4	80	0,70	73,6	-	1,87	76,5	1,5	1,4	75
59	L790_0+480_Alt2	Derecho	12	Otros	Habitada	1	80	1,94	80,3	-	2,51	79,1	-	-	-
60	L790_0+530_Alt2	Derecho	68	Industrial	Habitada	1	80	0,09	52,9	-	0,07	48,4	-	8	-
63	L790_0+630_Alt2	Derecho	17	Residencial	Habitada	5	80	1,11	76,7	1,7	2,59	79,4	4,4	1,4	75
64	L790_0+660_Alt2	Derecho	22	Otros	Habitada	1	80	0,79	73,9	-	1,30	73,4	-	-	-
65	L790_0+680_Alt2	Derecho	20	Residencial	Habitada	3	80	0,91	75,4	0,4	2,27	78,2	3,2	1,4	75
321	L790_0+770_Alt2	Derecho	10	Otros	Habitada	1	80	2,19	81,2	-	2,75	79,9	-	-	-
72	L790_0+780_Alt2	Derecho	23	Residencial	Habitada	3	80	0,70	73,5	-	1,86	76,5	1,5	1,4	75
71	L780_0+100_Alt2	Izquierdo	26	Otros	Habitada	1	80	0,54	71,3	-	0,98	71,0	-	-	-
322	L790_0+790_Alt2	Derecho	9	Otros	Habitada	1	80	2,43	82,0	-	2,97	80,6	-	-	-
73	L790_0+800_Alt2	Derecho	4	Otros	Habitada	1	80	3,78	85,2	-	4,10	83,4	-	-	-
79	L790_0+820_Alt2	Derecho	46	Residencial	Habitada	6	80	0,13	60,7	-	0,40	63,2	-	1,4	75
77	L780_0+130_Alt2	Izquierdo	51	Otros	Habitada	2	80	0,13	59,3	-	0,32	61,4	-	-	-
80	L790_0+840_Alt2	Derecho	46	Residencial	Habitada	6	80	0,13	61,0	-	0,42	63,6	-	1,4	75
78	L780_0+150_Alt2	Izquierdo	54	Residencial	Habitada	3	80	0,12	57,8	-	0,26	59,5	-	1,4	75
81	L790_0+870_Alt2	Derecho	45	Residencial	Habitada	6	80	0,14	61,5	-	0,45	64,2	-	1,4	75
90	L780_0+180_Alt2	Izquierdo	58	Residencial	Habitada	3	80	0,11	56,2	-	0,20	57,2	-	1,4	75
82	L790_0+870_Alt2	Derecho	45	Residencial	Habitada	6	80	0,14	61,5	-	0,45	64,2	-	1,4	75
91	L790_0+871_Alt2	Izquierdo	39	Otros	Habitada	1	80	0,21	64,2	-	0,43	63,9	-	-	-
93	L790_0+871_Alt2	Derecho	10	Residencial	Habitada	2	80	2,24	81,8	6,8	4,40	84,0	9,0	1,4	75
92	L790_0+871_Alt2	Izquierdo	18	Residencial	Habitada	2	80	1,13	76,9	1,9	2,66	79,6	4,6	1,4	75
101	L790_0+871_Alt2	Derecho	51	Residencial	Habitada	3	80	0,12	59,1	-	0,32	61,2	-	1,4	75
320	L790_0+871_Alt2	Derecho	33	Otros	Habitada	1	80	0,32	67,4	-	0,64	67,2	-	-	-
100	L790_0+871_Alt2	Derecho	40	Residencial	Habitada	3	80	0,20	64,3	-	0,64	67,3	-	1,4	75
99	L790_0+871_Alt2	Izquierdo	59	Residencial	Habitada	2	80	0,11	56,0	-	0,19	56,9	-	1,4	75
102	L790_0+871_Alt2	Derecho	60	Residencial	Habitada	6	80	0,10	55,0	-	0,17	55,7	-	1,4	75

6. Medidas protectoras

Se ha valorado el cumplimiento de los objetivos de calidad y en base a los resultados obtenidos, la principal conclusión es que, en las condiciones analizadas, se prevé que con cualquiera de las dos alternativas estudiadas, se superen los niveles normativos en algunos de los receptores inventariados.

Consecuentemente, en todo caso, se considera necesaria la implantación de medidas protectoras para alcanzar el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos en la legislación vigente.

En concreto, dando continuidad a tramos cercanos a proteger para reducir los cambios de rigidez y las necesidades de mantenimiento, se recomienda el uso de manta antivibratoria bajo balasto al menos en las siguientes zonas dependiendo de la alternativa, que también se muestran en los planos del Anexo 2:

P.K. inicio Alt1	P.K. fin Alt1	Longitud Alt1 (m)
L790_0+000_Alt1	L790_0+525_Alt1	525

P.K. inicio Alt2	P.K. fin Alt2	Longitud Alt2 (m)
L790_0+000_Alt2	L790_0+125_Alt2	125
L790_0+455_Alt2	L790_0+872_Alt2	417
TOTAL		542

En el caso de la alternativa 1, se trataría de proteger con manta antivibratoria todo el trazado correspondiente a la línea 790, es decir 525 m lineales de vía simple, no siendo necesario proteger la línea 780.

En el caso de la alternativa 2, se trataría de proteger el tramo inicial de 125 m lineales de vía simple y el tramo final de la línea 790, es decir 417 m lineales de vía simple, no siendo necesario tampoco proteger la línea 780.

En definitiva, la alternativa 2, que es más larga, requeriría de más protecciones antivibratorias.

Existen varias composiciones posibles de mantas elastoméricas de protección contra las vibraciones, pero en todo caso, se trata de materiales resilientes especialmente diseñados para la reducción de las vibraciones causadas por el tráfico ferroviario, que se caracterizan por sus propiedades optimizadas en cuanto a rigidez, resistencia a la fatiga, al envejecimiento térmico, al agua y al fuego.

El objetivo de las mantas es desrigidizar completamente la superestructura de vía del terreno, y de esta forma atenuar las vibraciones provocadas por la rodadura del material ferroviario.

Las mantas proporcionan por tanto un sistema masa-muelle-masa de alto rendimiento que permite desplazar la resonancia de la superestructura hacia frecuencias más bajas y por tanto, menos conflictivas en cuanto a vibraciones ferroviarias y resonancias de los edificios.

En estudios posteriores en fase constructiva, se dimensionará el tipo de manta antivibratoria requerida, es decir que se determinará su rigidez dinámica máxima para cumplir con los objetivos de calidad. En este caso, se dará prioridad a la uniformidad de la medida propuesta a la definición de medidas específicas para cada receptor y se proyectará entonces el mismo tipo de manta bajo balasto para todos los tramos, es decir que se dimensionará para el cumplimiento de los objetivos de calidad en el peor caso del edificio con ID 55 en el caso de la alternativa 1 y con ID 33 en el caso de la alternativa 2.

Se definirá por tanto la rigidez dinámica óptima a fin de conseguir la atenuación requerida en función del rango de frecuencia objetivo y de la carga soportada por la manta, manteniendo una deflexión aceptable. En este sentido, cuanto más baja sea la rigidez dinámica de la manta, más atenuará a baja frecuencia, pero al reducirse su rigidez estática proporcionalmente, más deflexión introducirá también.

Para mejorar la durabilidad y la eficacia de la manta antivibratoria, también se debería suministrar con una lámina protectora geotextil de polipropileno de al menos 350 g/m² a colocar sobre, y preferiblemente también bajo manta y mantenerse el máximo espesor posible de balasto, ya que el uso de una mayor masa influye de forma positiva sobre el aislamiento vibratorio.

Además, para reducir los cambios de rigidez, las operaciones de mantenimiento y evitar variaciones excesivas de deflexión entre las zonas con manta y sin manta, se recomiendan zonas de transición de unos 20 metros lineales de vía antes y después de cada tramo, con una manta dos veces más rígida que la de protección.

El espesor, la densidad y la geometría de la manta antivibratoria determinarán sus propiedades mecánicas, sobre todo rigideces estáticas y dinámicas, de manera que quedará caracterizado su comportamiento estático (que marcará la deflexión máxima del carril) y dinámico (que determinará el grado de atenuación de ruido y vibraciones).

Mediante estos factores (material, espesor, densidad y geometría) se podrán alcanzar las características dinámicas y estáticas necesarias para atenuar el ruido y las vibraciones hasta los niveles admisibles, manteniendo la geometría de la vía dentro de los parámetros habituales.

El espesor, la densidad y la geometría de las mantas varían por tanto en función de la composición, pero de forma orientativa, para el uso bajo balasto, suelen tener un espesor de entre 20 y 40 mm y una densidad entre 400 y 800 kg/m³.

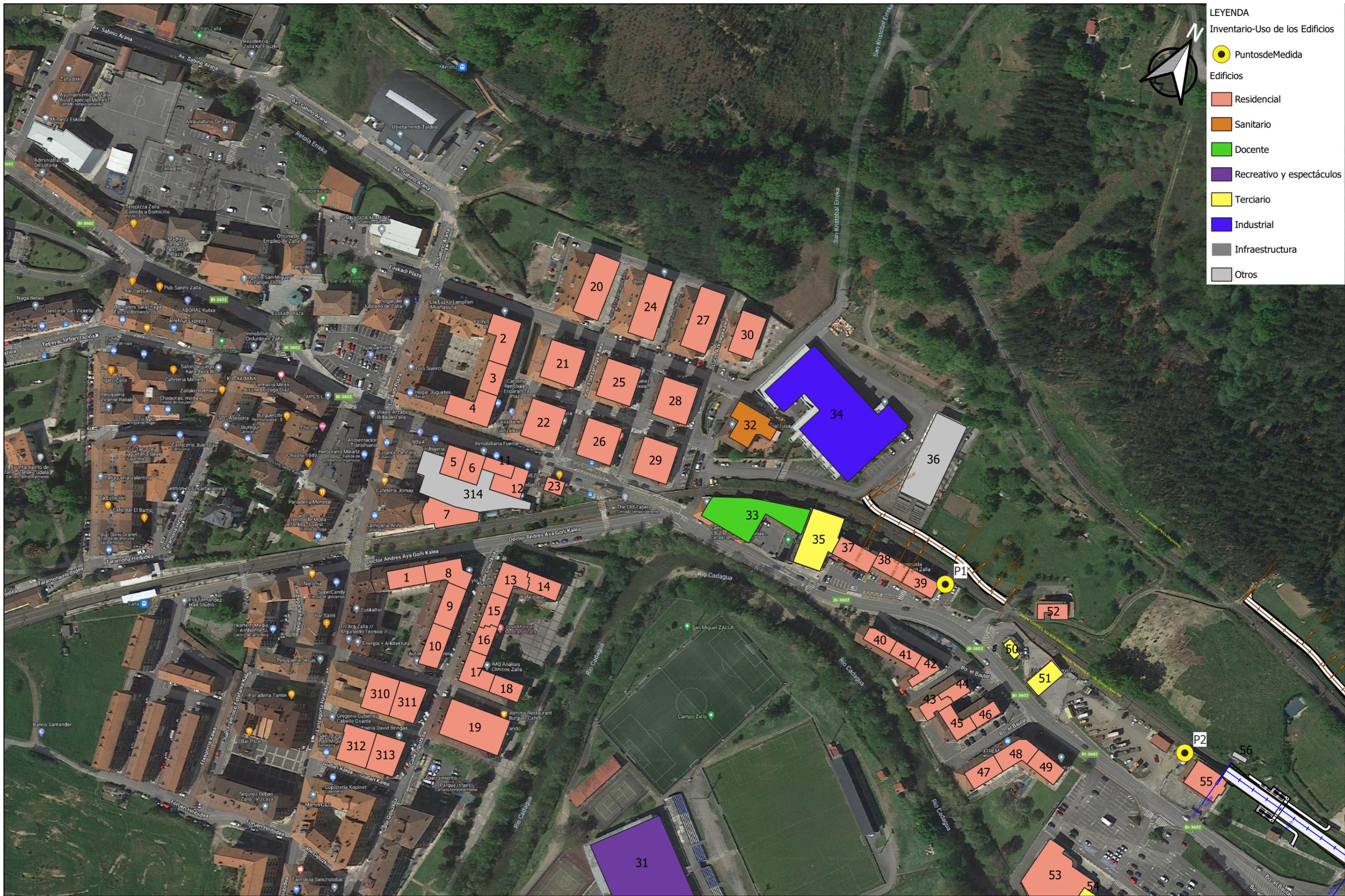
7. Síntesis y conclusiones

Se ha realizado el estudio de vibraciones de comparación entre dos alternativas, enmarcado dentro del estudio informativo de la reordenación y mejora de la seguridad de la red de ancho métrico en el municipio de Zalla, siguiendo las directrices recogidas en la IGP-6.4 de Adif "Estudio para la prevención de ruidos y vibraciones en fase de explotación".

Para ello, se ha analizado la normativa de aplicación, concluyendo con el uso obligatorio del indicador Law y adicionalmente, de forma informativa solamente para dar información en frecuencia, del indicador K, y sus valores máximos admisibles correspondientes, se han identificado los receptores sensibles, se ha realizado una campaña de mediciones para caracterizar el desde el punto de vista vibratorio y comprobar el grado de afección en la actualidad y finalmente, se han determinado los niveles de vibraciones en la situación futura.

Se ha concluido que es necesario el uso de mantas antivibratorias en el caso de ambas alternativas, aunque en menor medida para la alternativa 1, que también es la más corta.

Anexo 1. Plano de receptores sensibles y puntos de medida



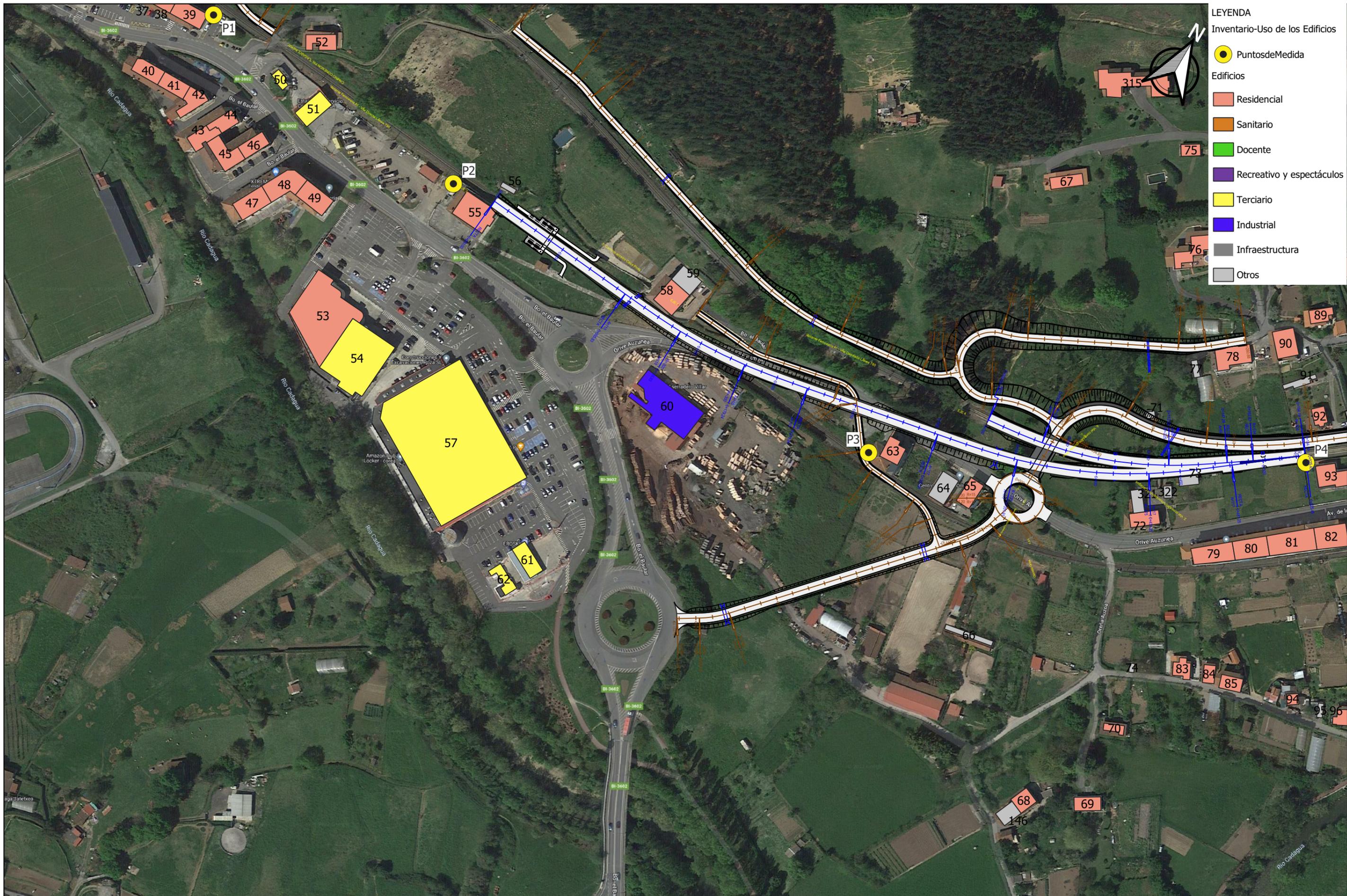
LEYENDA

Inventario-Usos de los Edificios

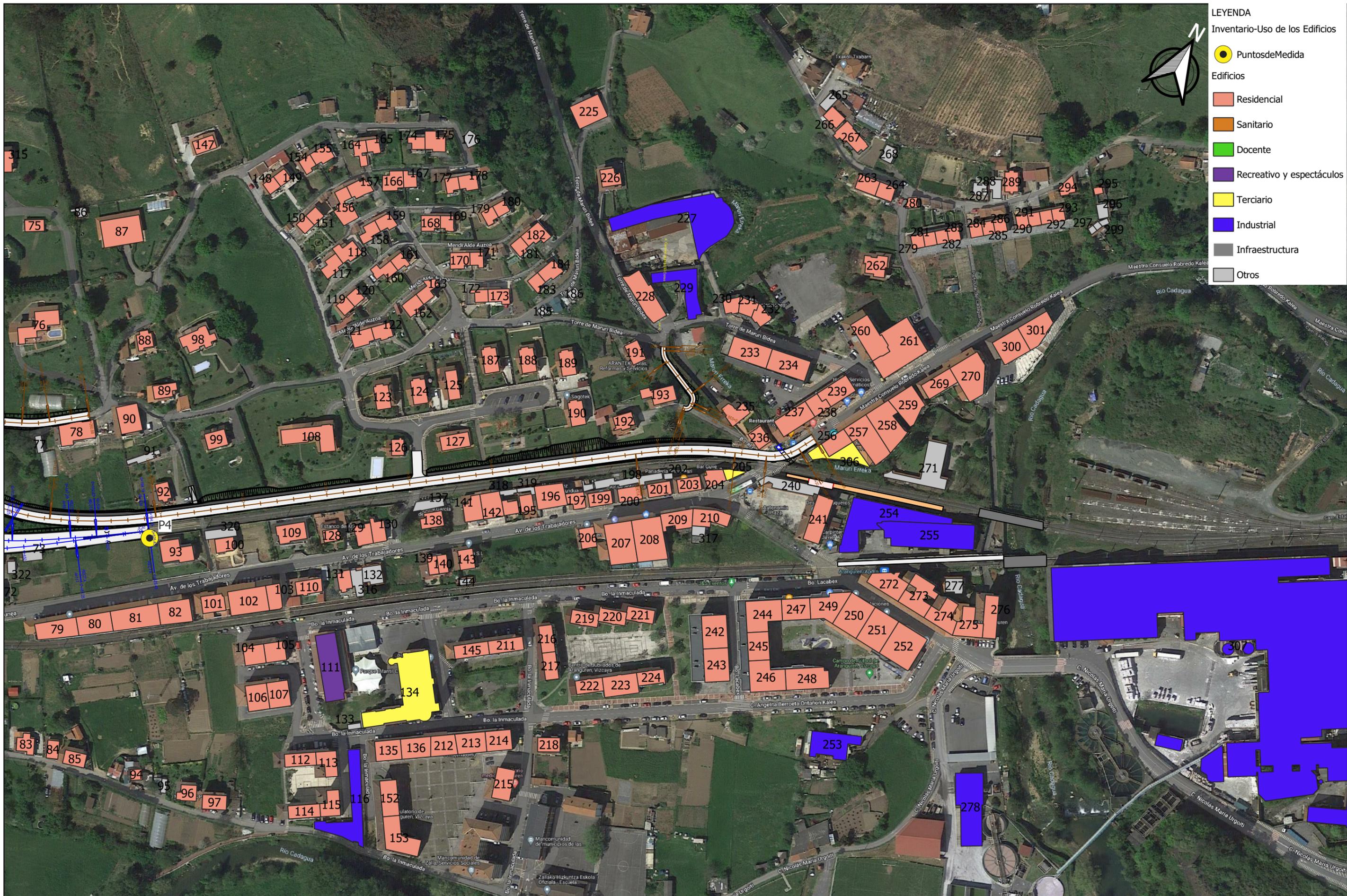
- Puntos de Medida

Edificios

- Residencial
- Sanitario
- Docente
- Recreativo y espectáculos
- Terciario
- Industrial
- Infraestructura
- Otros



- LEYENDA**
- Inventario-Usos de los Edificios**
- Puntos de Medida
- Edificios**
- Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros



LEYENDA

Inventario-Usos de los Edificios

- Puntos de Medida

Edificios

- Residencial
- Sanitario
- Docente
- Recreativo y espectáculos
- Terciario
- Industrial
- Infraestructura
- Otros



LEYENDA

Inventario-Usos de los Edificios

- Puntos de Medida

Edificios

- Residencial
- Sanitario
- Docente
- Recreativo y espectáculos
- Terciario
- Industrial
- Infraestructura
- Otros



TÍTULO DOCUMENTO AMBIENTAL

ESTUDIO INFORMATIVO DE LA REORDENACION Y MEJORA DE LA SEGURIDAD DE LA RED DE ANCHO METRICO EN EL MUNICIPIO DE ZALLA

AUTOR DEL ESTUDIO:

ineco

ESCALA ORIGINAL A3

1: 2000

0 20 40 60 80

NUMÉRICA GRÁFICA

FECHA

JUNIO 2022

TÍTULO DEL PLANO

APÉNDICE 2. ESTUDIO DE VIBRACIONES

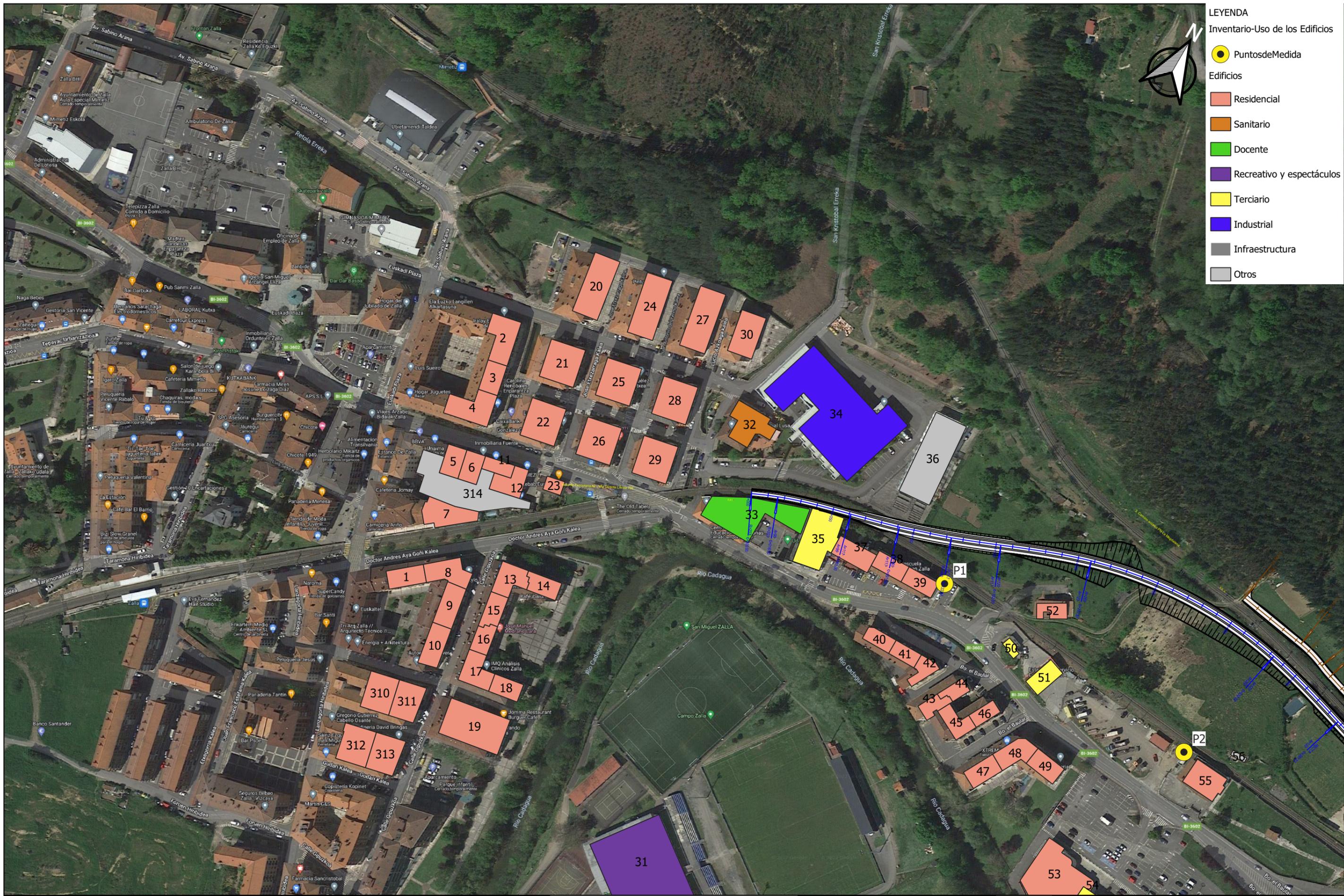
ANEXO 1. PLANO DE RECEPTORES SENSIBLES Y PUNTO DE MEDIDA

Alternativa 1

Nº DE PLANO

01.1

HOJA 4 DE 4



LEYENDA

Inventario-Usos de los Edificios

- Puntos de Medida

Edificios

- Residencial
- Sanitario
- Docente
- Recreativo y espectáculos
- Terciario
- Industrial
- Infraestructura
- Otros



TÍTULO DOCUMENTO AMBIENTAL

ESTUDIO INFORMATIVO DE LA REORDENACIÓN Y MEJORA DE LA SEGURIDAD DE LA RED DE ANCHO METRICO EN EL MUNICIPIO DE ZALLA

AUTOR DEL ESTUDIO:

ineco

ESCALA ORIGINAL A3

1: 2000

0 20 40 60 80

NUMÉRICA GRÁFICA

FECHA

JUNIO 2022

TÍTULO DEL PLANO

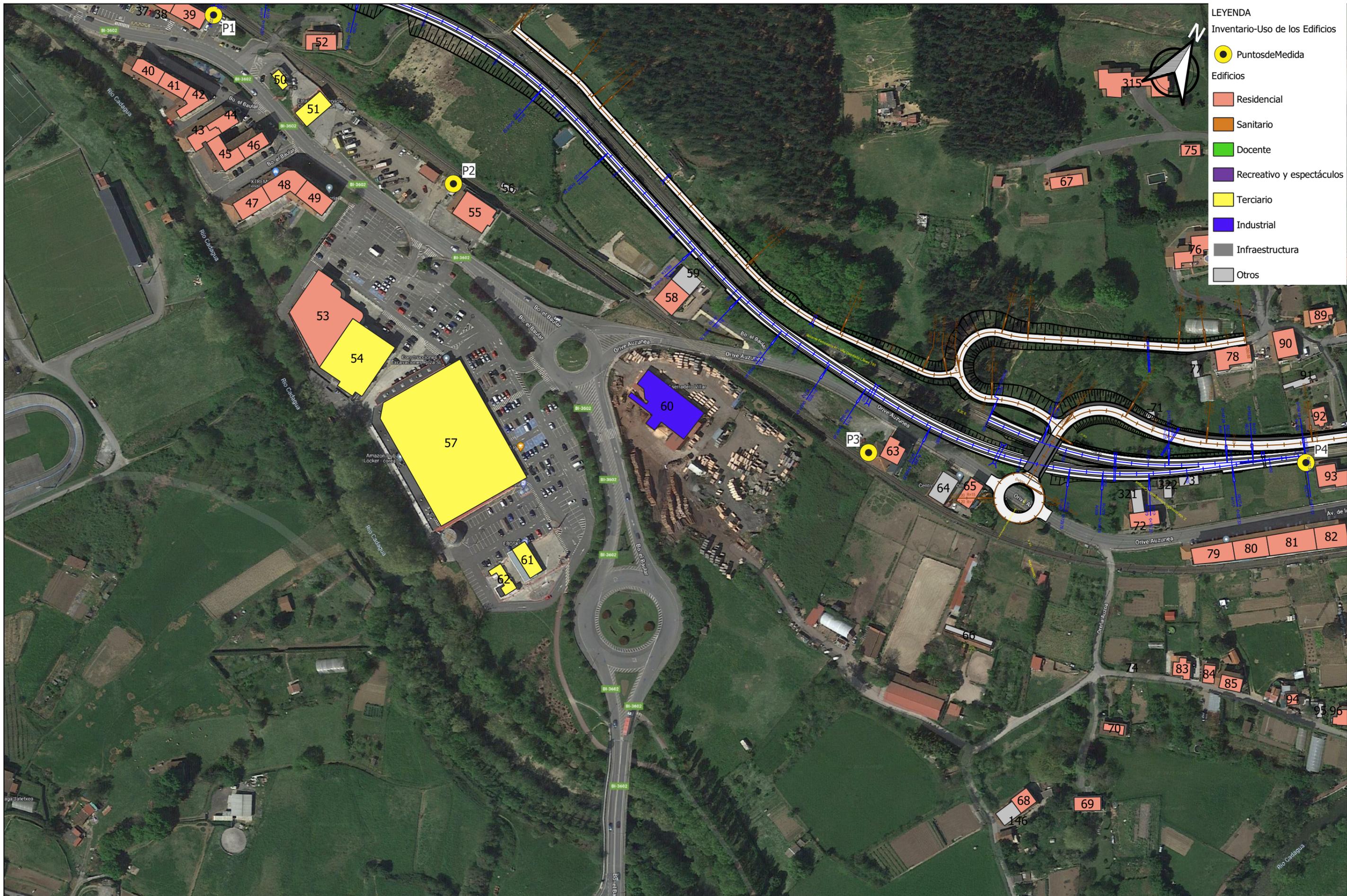
APÉNDICE 2. ESTUDIO DE VIBRACIONES

ANEXO 1. PLANO DE RECEPTORES SENSIBLES Y PUNTO DE MEDIDA Alternativa 2

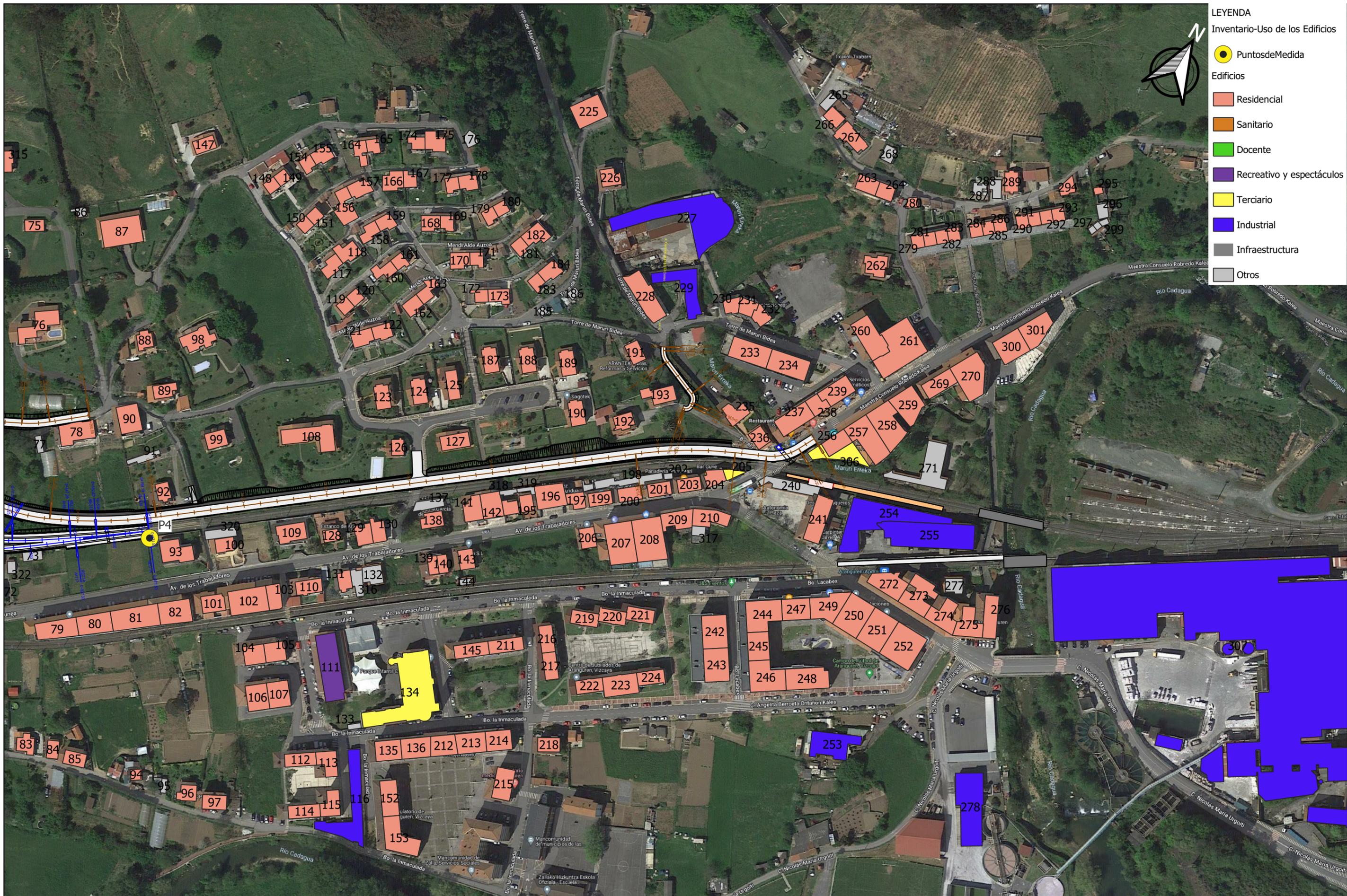
Nº DE PLANO

01.2

HOJA 1 DE 4



- LEYENDA**
- Inventario-Usos de los Edificios**
- Puntos de Medida
- Edificios**
- Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros



- LEYENDA**
- Inventario-Usos de los Edificios
- Puntos de Medida
 - Edificios
 - Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros





LEYENDA

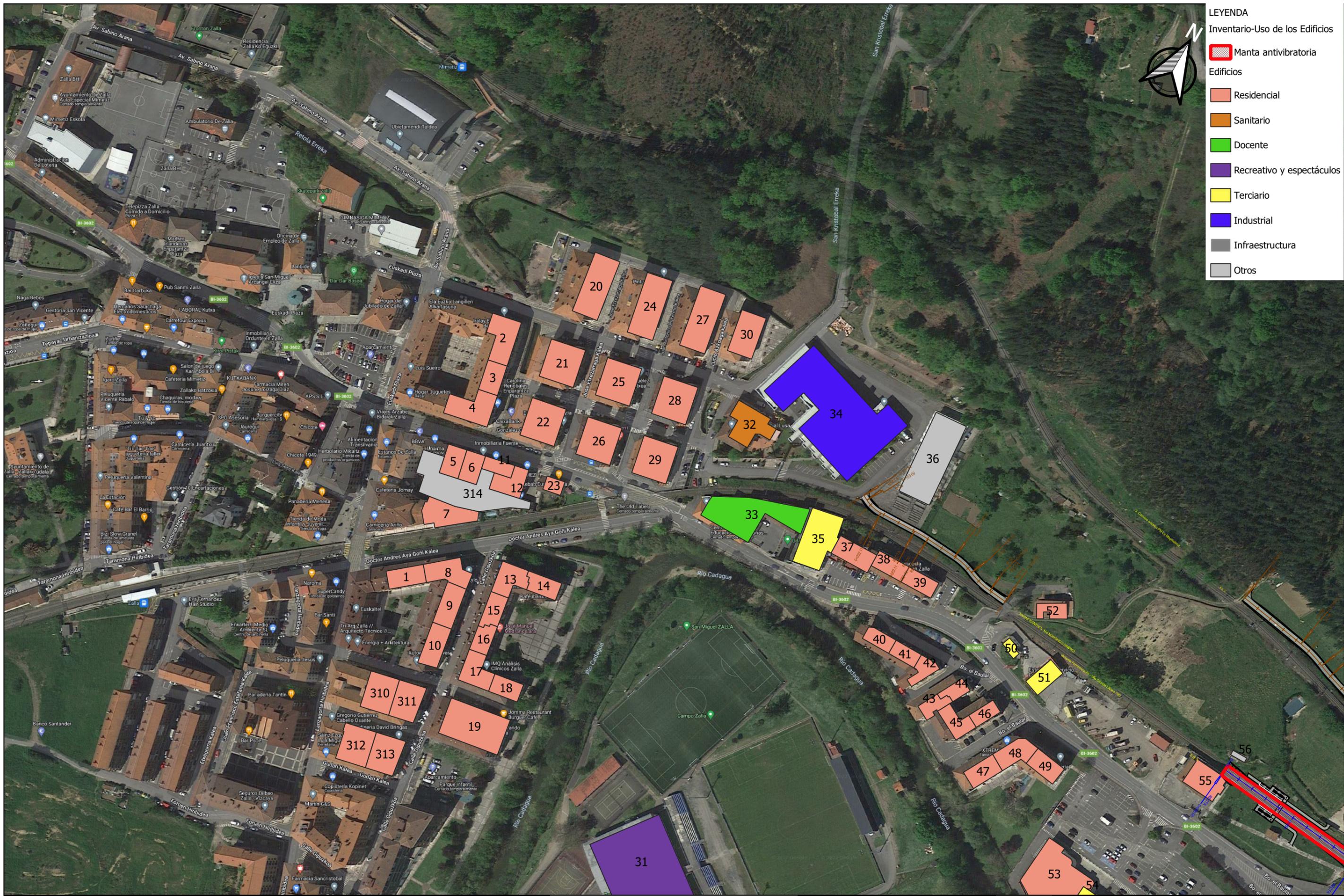
Inventario-Usos de los Edificios

- Puntos de Medida

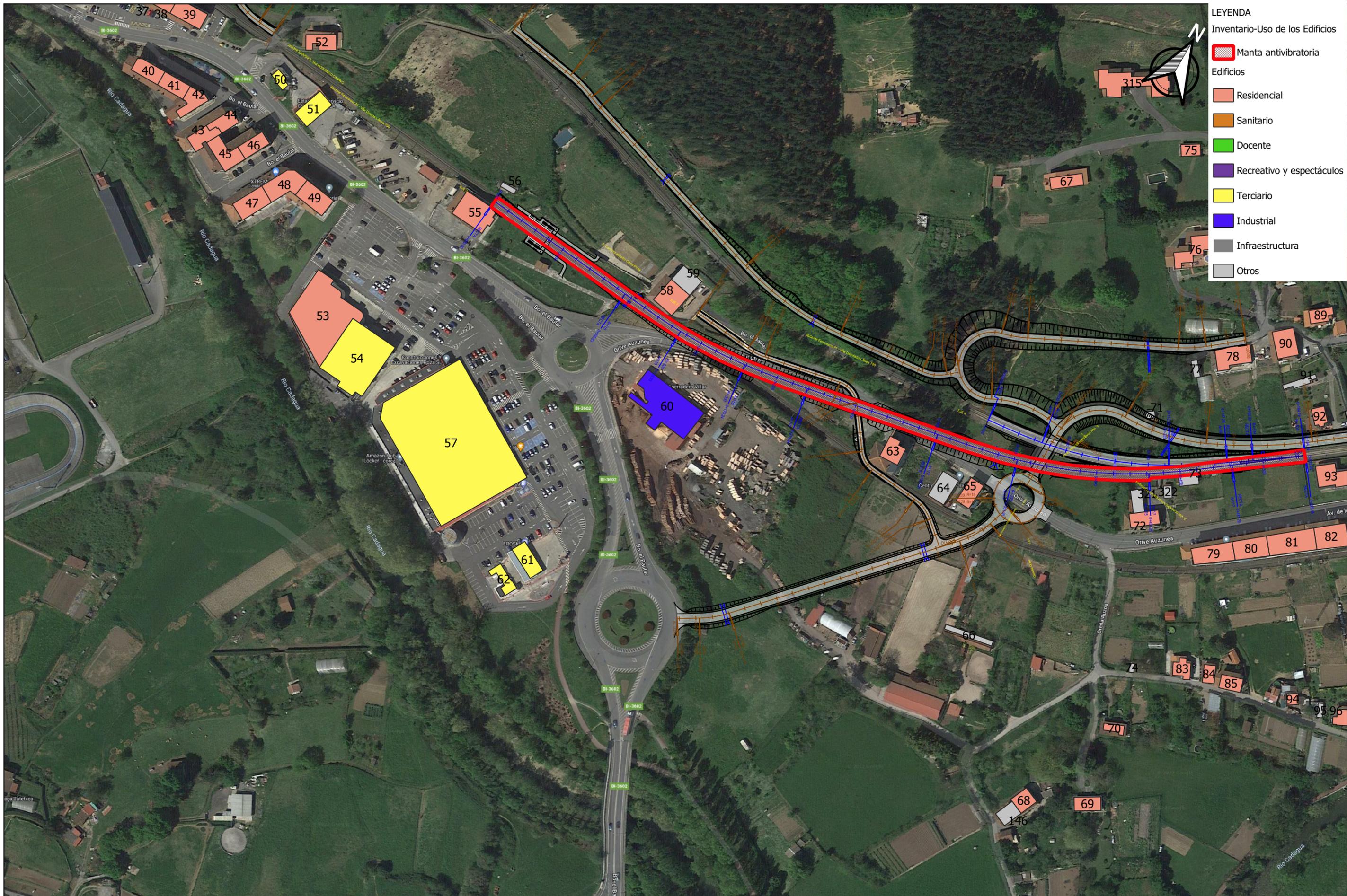
Edificios

- Residencial
- Sanitario
- Docente
- Recreativo y espectáculos
- Terciario
- Industrial
- Infraestructura
- Otros

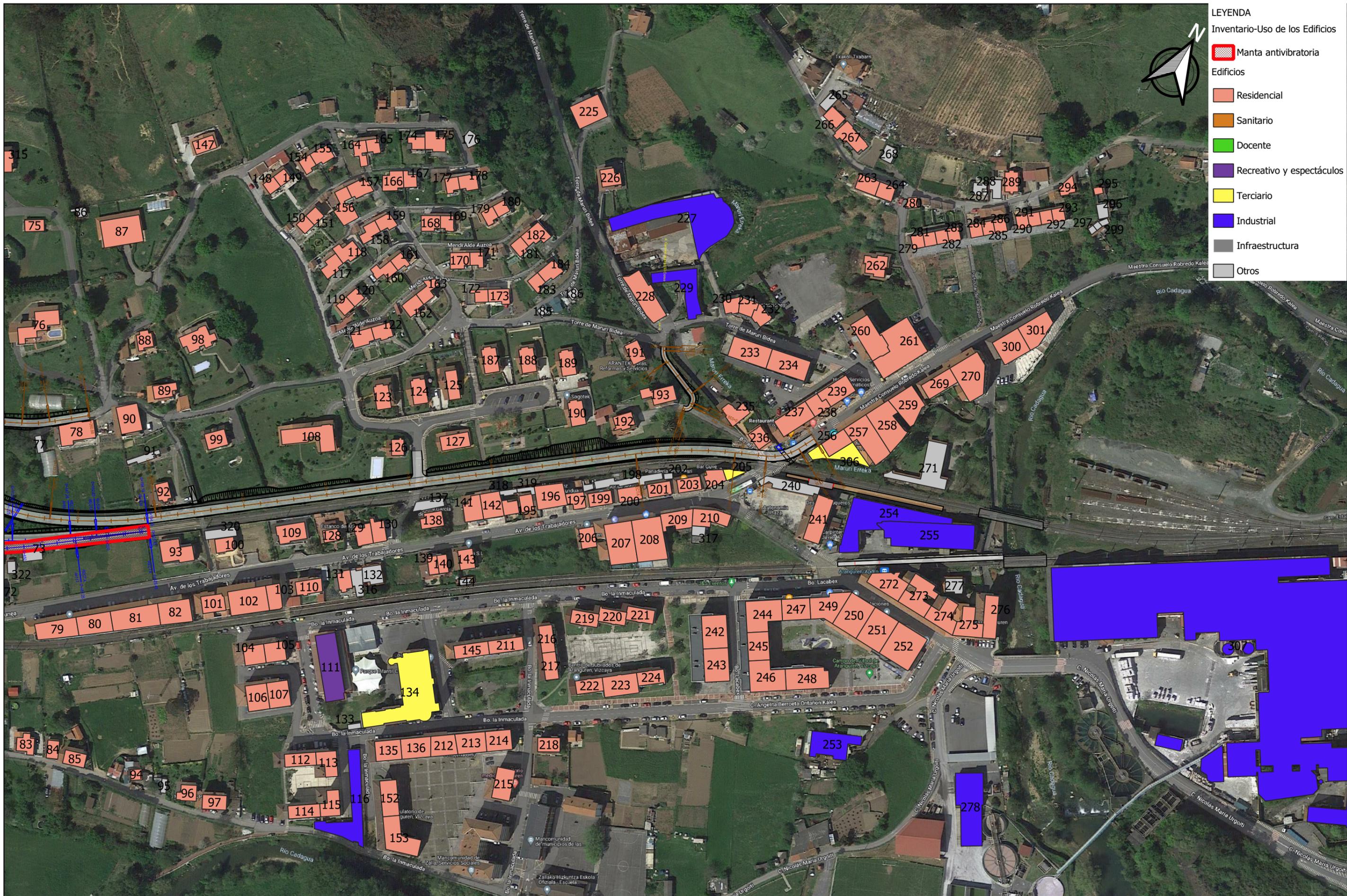
Anexo 2. Plano de ubicación de medidas antivibratorias



- LEYENDA**
- Inventario-Usos de los Edificios
- Manta antivibratoria
 - Edificios
 - Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros



- LEYENDA**
- Inventario-Usos de los Edificios**
- Manta antivibratoria
 - Edificios**
 - Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros



- LEYENDA**
- Inventario-Usos de los Edificios
- Manta antivibratoria
 - Edificios**
 - Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros



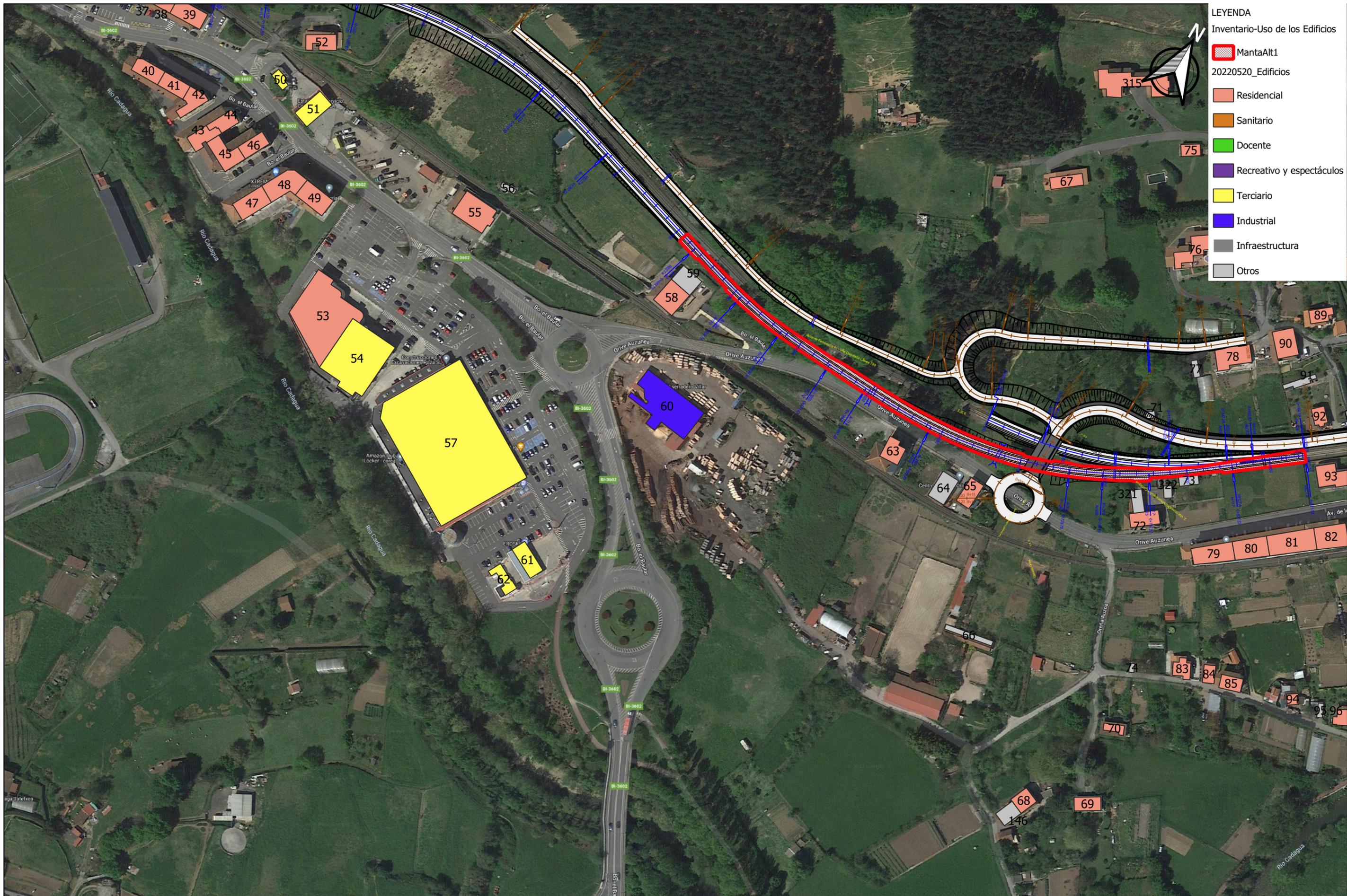


- LEYENDA**
- Inventario-Usos de los Edificios
- Manta antivibratoria
 - Edificios**
 - Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros



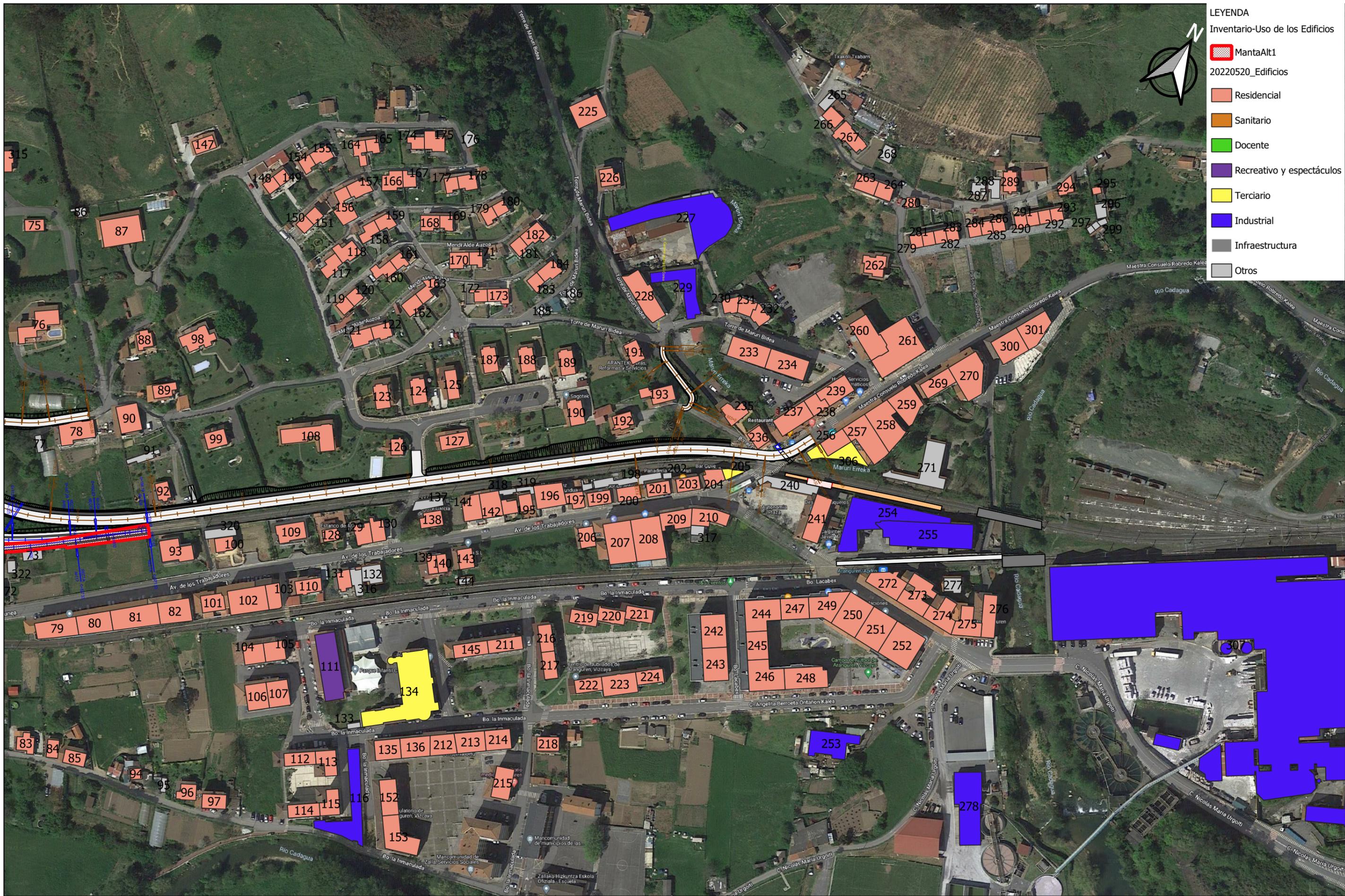


- LEYENDA**
 Inventario-Usos de los Edificios
- MantaAlt1
 - 20220520_Edificios
 - Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros



LEYENDA
 Inventario-Usos de los Edificios

- MantaAlt1
- 20220520_Edificios
- Residencial
- Sanitario
- Docente
- Recreativo y espectáculos
- Terciario
- Industrial
- Infraestructura
- Otros



LEYENDA

Inventario-Usos de los Edificios

- MantaAlt1
- 20220520_Edificios
- Residencial
- Sanitario
- Docente
- Recreativo y espectáculos
- Terciario
- Industrial
- Infraestructura
- Otros





- LEYENDA**
- Inventario-Usos de los Edificios
- MantaAlt1
 - 20220520_Edificios
 - Residencial
 - Sanitario
 - Docente
 - Recreativo y espectáculos
 - Terciario
 - Industrial
 - Infraestructura
 - Otros