

# Experiencia en el uso de minibarreras para ferrocarriles

Proyecto en Ermua desarrollado por Euskal Trenbide Sarea

# Índice

Estudio zona Ermua	3
Solución minibarrera	7
Proyecto	15
Evaluación de resultados	19
Simulación de eficacia	26
Futuros pasos	34

# Estudio detalle soluciones en zona Ermua (2019-2020)

- El **Plan de Acción de Ruido** de Euskal Trenbide Sareak (ETS) ha identificado incumplimiento de Objetivos de Calidad Acústica (OCAs, 55 dBA Lnoche) en el entorno de la estación de Ermua y es una de las zonas con prioridad de protección.
- La renovación de la estación y del trazado de vía ofrece la oportunidad de plantear una solución integral.
- ETS se plantea implementar una solución innovadora: una minibarrera.



## Complejidad del entorno:

Trazado de vía doble a la salida de la estación con una curva con radio de 80 m, que además de ruido de rodadura genera chirrido.

Es un entorno residencial con edificios de 4 o 5 alturas





*euskal trenbide sarea*

## Vía 1

Hay circulaciones de dos servicios:

- desde Eibar a Ermua dos circulaciones a la hora en cada dirección,
- origen en Bilbao dirección Donostia o Elgoibar con una periodicidad media de dos circulaciones a la hora.

Como promedio se producen unas seis circulaciones a la hora.

## Vía 2

Hay circulaciones dirección Bilbao únicamente con origen en Donostia o Elgoibar.  
La frecuencia promedio es de dos trenes cada hora.

## Tipología de trenes

Tren eléctrico **Serie 900 de 4 vagones Mc-R-R-Mc** (Bo'Bo'+2'2'+2'2'+Bo'Bo') y 69,5 m

Tren eléctrico Serie 950 de **3 vagones Mc-R-Mc** (Bo'Bo'+2'2'+Bo'Bo') y 52,5 m.





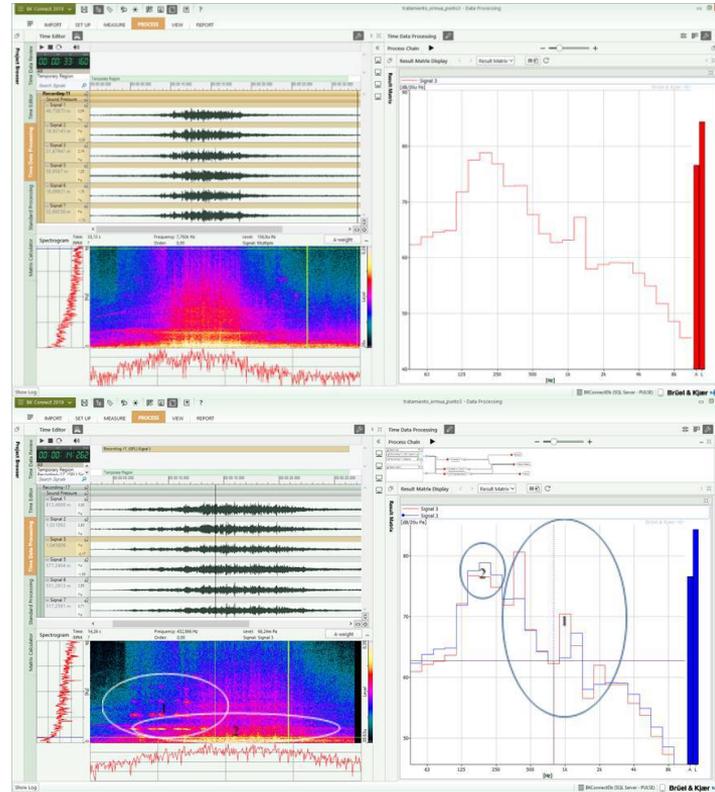
### Ruido de circulación:

- Espectro centrado en las frecuencias medias (entre 200 Hz y 2 KHz) sin tonos puros.

### Ruido de chirrido

- La circulación en la curva genera chirrido habitualmente, tanto en la llegada como en la salida de trenes de la estación, y en las dos vías.
- El efecto chirrido consiste en una excitación a 1 kHz con sus armónicos (2 y 4 kHz).
- En algunos casos, más habitual cuando el tren acelera al salir de la estación, hay una contribución adicional centrada en 400 Hz.

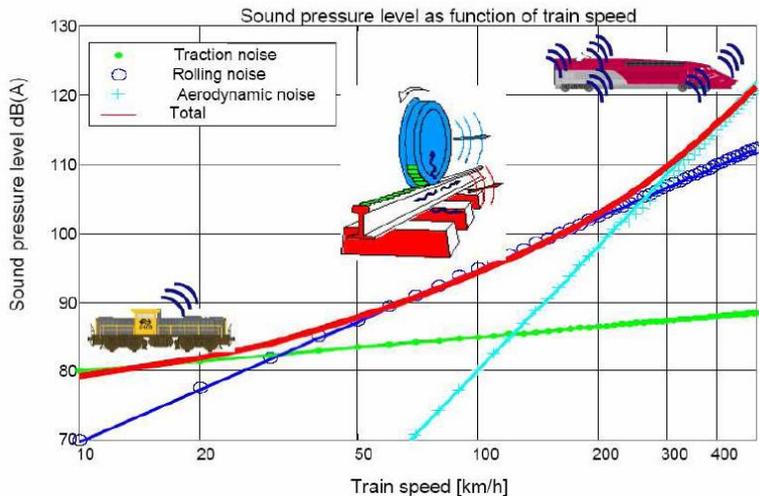
ETS ha instalado un sistema de riego.



# Miniabarrera como solución: ¿Cómo funciona?

Actúa frente a los focos de ruido ferroviario que se encuentran en el intervalo de alturas respecto de la vía de entre 0 - 0.5m.

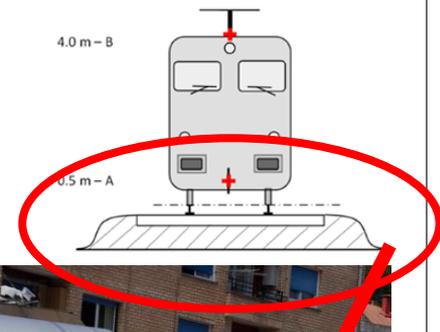
La mayoría de los fenómenos de generación de ruido que dominan en la mayoría de los rangos de velocidades de circulación emiten desde esa altura, excepto parte del ruido de tracción y el aerodinámico.



*Su instalación próxima al foco hace mas efectiva a la pantalla*

- Tracción
- Aerodinámico

- Rodadura
- Impacto
- Chirridos
- Tracción
- Aerodinámico





Facilitar su óptima ubicación:

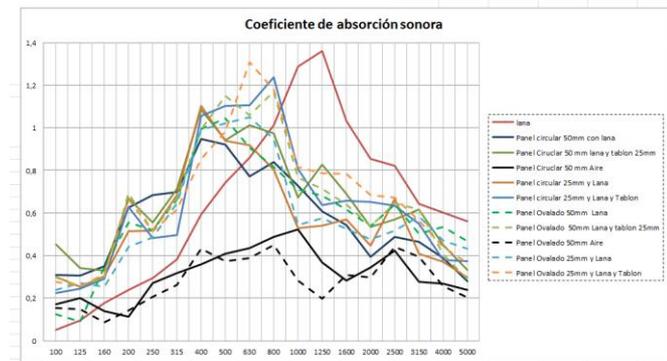
- Respetar los gálibos de funcionamiento de la línea.
- Evitar dificultades en las tareas de mantenimiento.
- Asegurar su fijación para garantizar que se respeta el gálibo en su ciclo de vida.

Seguridad

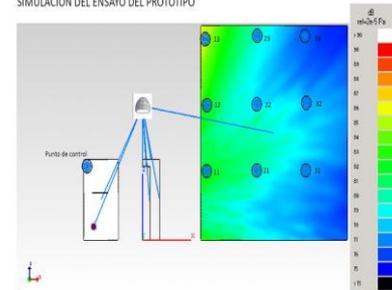
- No producir desprendimiento de piezas o materiales.
- Cumplir los requisitos de los materiales
- Facilitar el cruce de la vía para los operarios y la evacuación en caso de accidentes.

Otros:

- No requerir tiempos de instalación excesivos.
- Poder predecir su comportamiento acústico.



SIMULACIÓN DEL ENSAYO DEL PROTOTIPO



Las mejoras esperadas en el ensayo según la simulación serían:

	R11	R12	R13	R21	R22	R23	R31	R32	R33
Diferencia	13	8	1	13	12	7	13	11	10

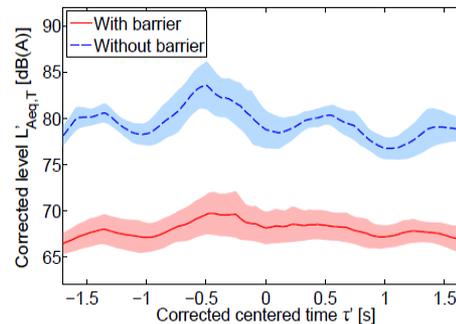
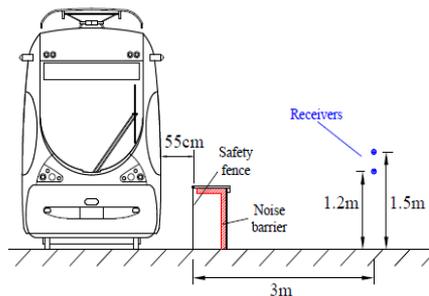
INSERTION LOSS



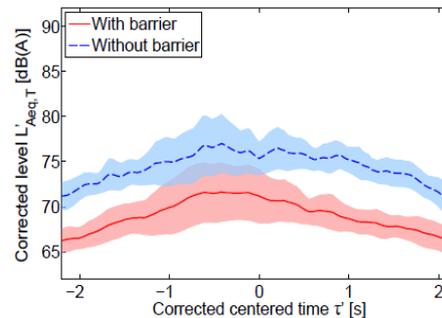


# Hosanna: Full scale experiment - Tram

Grenoble Campus



Close tram  
IL = 13 dBA



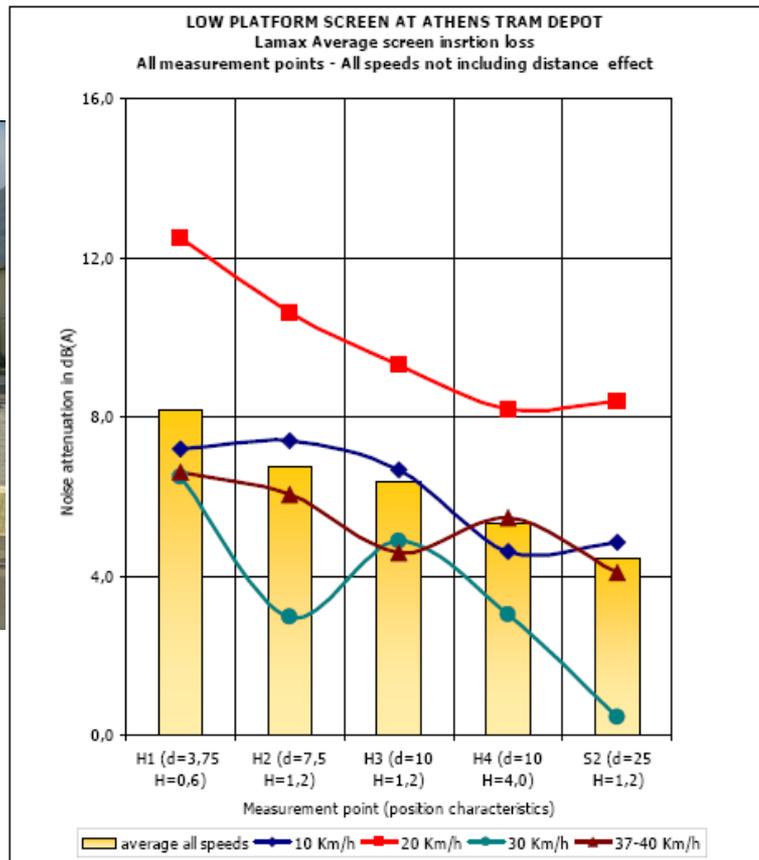
Far tram  
IL = 5 dBA

Alexandre JOLIBOIS PhD: A study on the acoustic performance of tramway low height noise barriers: gradient-based numerical optimization and experimental approaches (Nov. 2013)

## Estudios reales



*“La atenuación aportada por la mini-barrera (32 cm de alto) de la imagen es de unos 6-8 dBA”.*



La minibarrera ACUSTRAIN fue desarrollada por Tecnalia y BECSA.

Se trata de un Sistema modular:

1.2 m altura y

2 m longitud.

Esta basado en estructura de hormigón, con absorción acústica en el panel frontal, proporcionada por diseño geométrico y con material absorbente adicional.



Requisitos para la optimización de la eficacia acústica:

ACUSTRAIN debe estar ubicada, tal que:

- 1.El borde más cercano de la barrera está a una distancia de 1.2 m del carril más cercano
2. Su punto más alto está a 1 m sobre la cabeza de carril



Se puede ubicar próxima a la vía, puesto que cumple con lo exigido para elementos posicionados en entorno de vía.

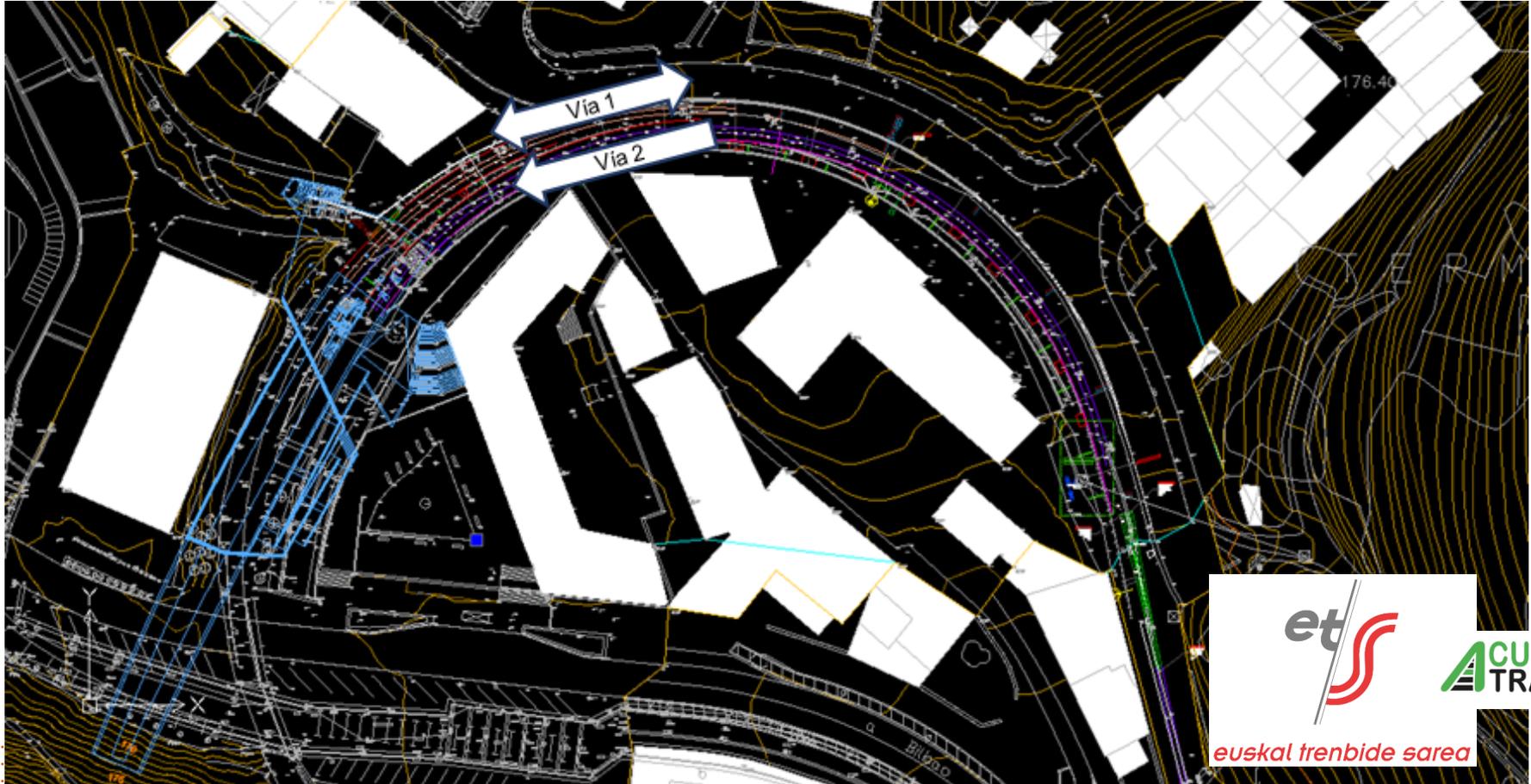
## Cimentación

- La minibarrera no requiere cimentación específica.
- No requiere obras de excavación en el entorno de vía,
- Por lo tanto, se optimizan los costes de instalación.

## Instalación

- El proceso solo requiere la preparación previa de una superficie lisa de grava y balasto como base de soporte de las piezas, y el posicionamiento de cada pieza con sus correspondientes anclajes entre piezas.
- La instalación se puede realizar en periodo nocturno, minimizando la afección a tráfico ferroviario.
- El impacto acústico de la fase de instalación es reducido.



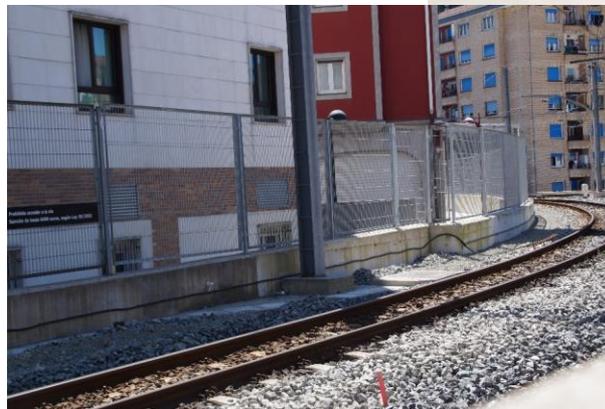


## Limitaciones en el entorno del proyecto para ubicar la minibarrera:

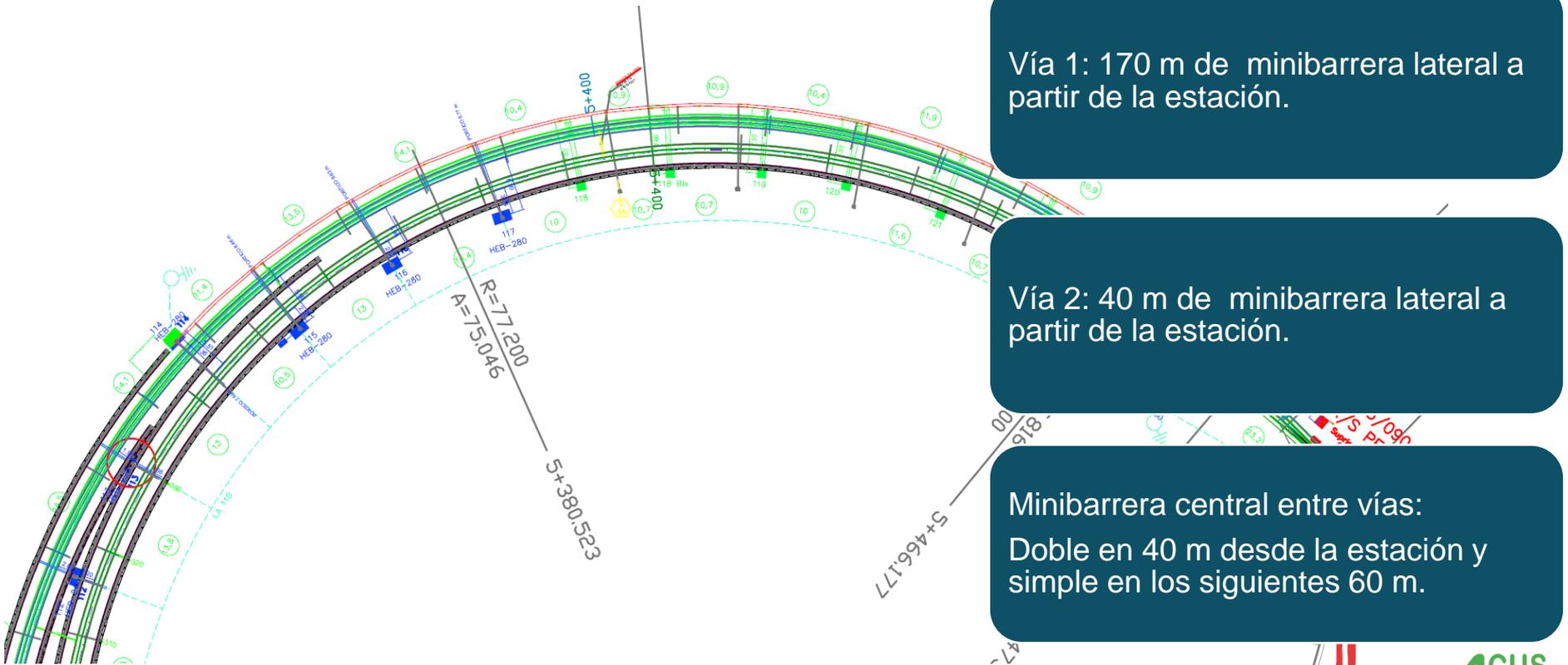
Presencia de

- instalaciones o tuberías subterráneas que deben ser accesibles, y
- de zapatas de postes de catenarias,

La minibarrera no puede ser continua



# Descripción del proyecto



Vía 1: 170 m de minibarrera lateral a partir de la estación.

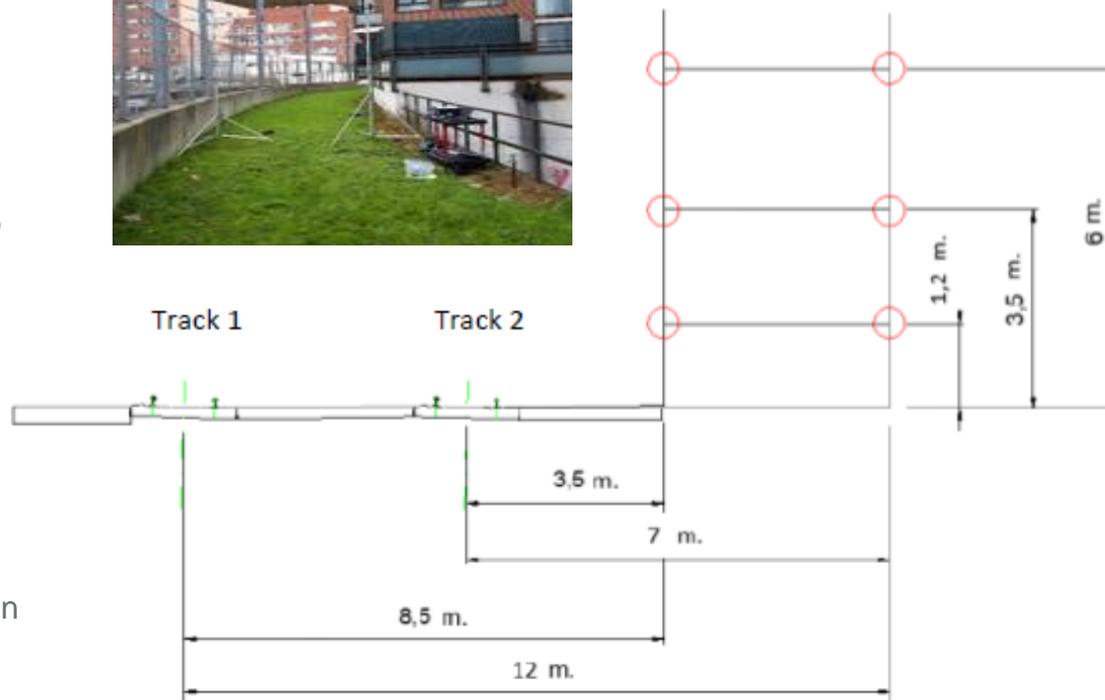
Vía 2: 40 m de minibarrera lateral a partir de la estación.

Minibarrera central entre vías:  
Doble en 40 m desde la estación y simple en los siguientes 60 m.

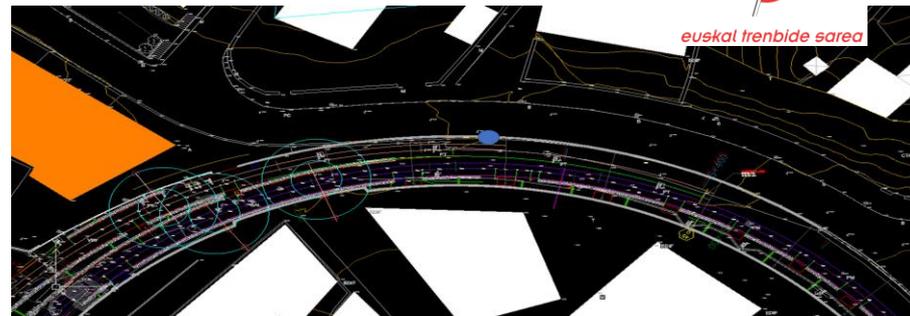
Esquema de proyecto (en negro la minibarrera)



- La verificación consiste en campañas de medidas atendidas de niveles de ruido de paso,  $L_{Aeq,tp}$ , en array de distancias y alturas.
- Se realizan dos campañas de medidas, antes y después de la instalación, para obtener la pérdida por inserción asociado a la eficacia de la solución.
- La configuración de medida se corresponde con las especificaciones técnicas de CEN/TS 16272-7 Railway applications - Track - Noise barriers and related devices acting on airborne sound propagation - Test method for determining the acoustic performance - Part : Extrinsic characteristics - ) in situ values of insertion loss.



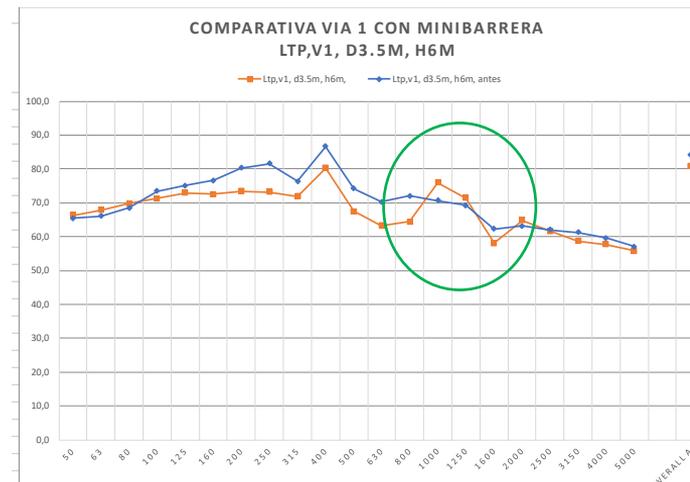
Se midieron los niveles de ruido de los mismos pasos en ambas campañas en un **punto de referencia**, no afectado por la instalación de la minibarrera y con similares condiciones de velocidad y curvatura.



La segunda campaña se realizó en una época de más calor, con mayor probabilidad de **chirrido** a pesar del riego.

Los niveles son algo superiores en la segunda campaña. Se analizaron los registros en detalle para evitar su contribución.

El chirrido tiene más aportación en las salidas de estación.



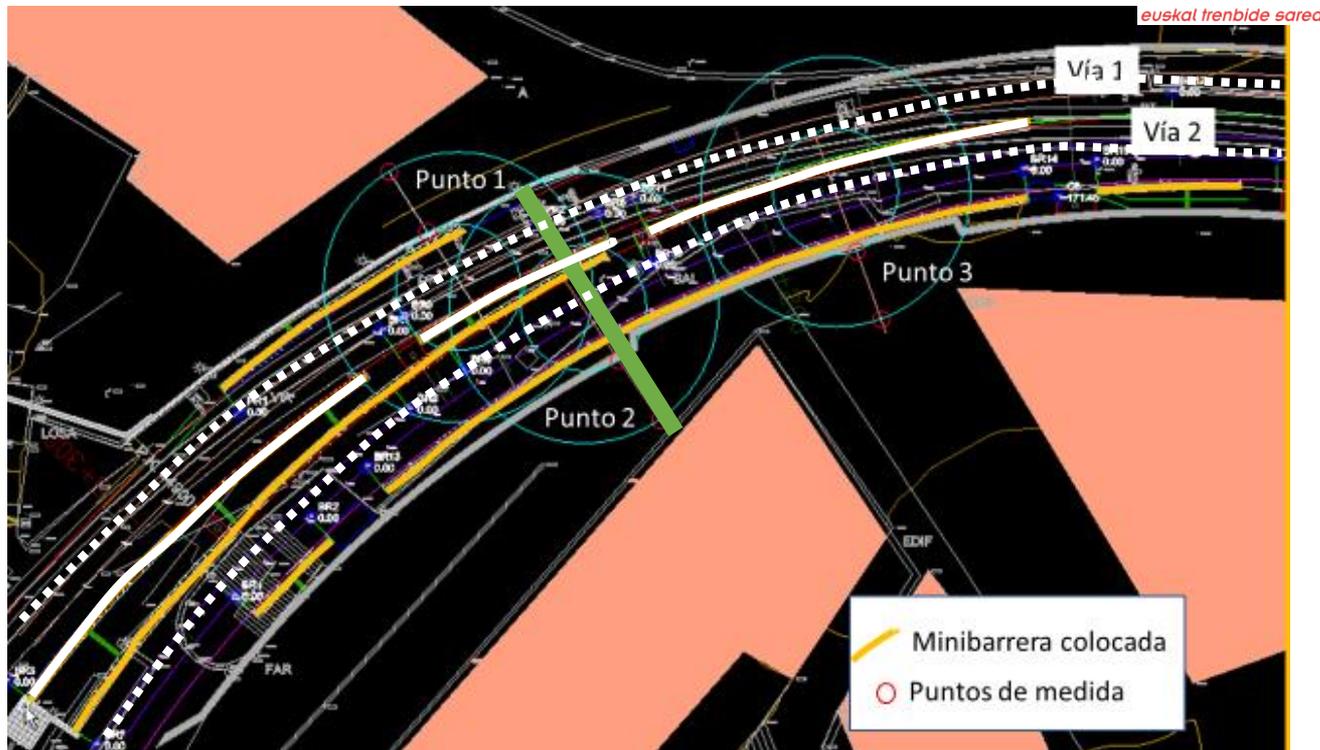
Ejemplo de espectro promedio en un punto de medida (azul sin minibarrera, naranja con minibarrera). Efecto contribución ruido chirrido en verano.

Para los resultados se eligen una sección con **instalación óptima**.

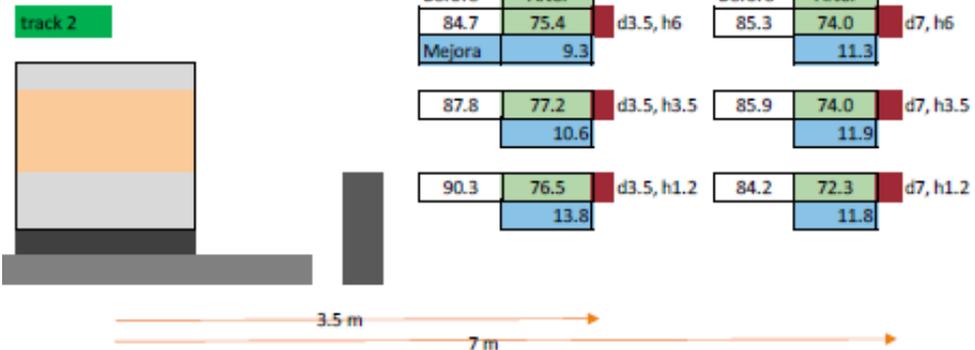
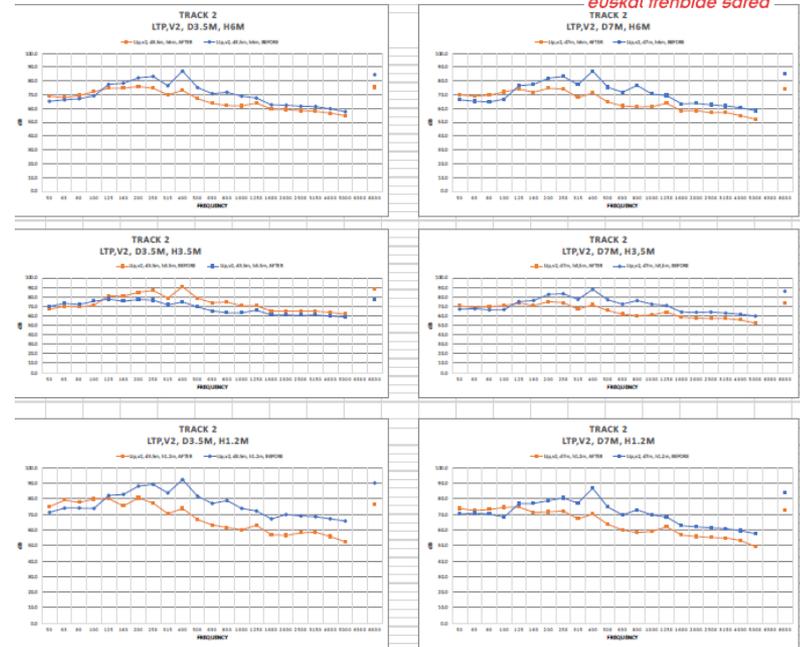
Sección con minibarrera en la posición lateral y central entre vías.

Hay discontinuidad de los dos módulos en la parte central, que reduce eficacia.

Se elige el punto 2 respecto a circulaciones en vía 2, en la que la circulación entra a estación.



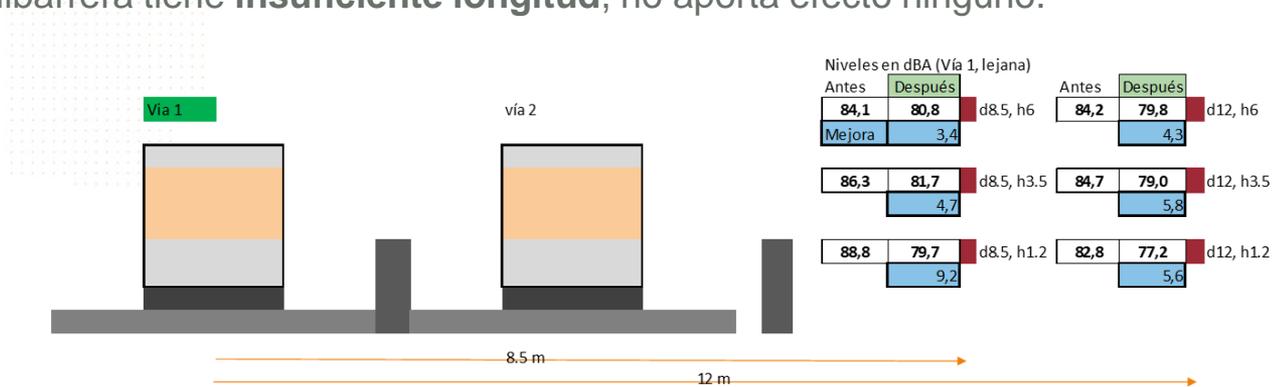
- Se analizaron los pasos de trenes, que se aproximan a la estación por la vía más cercana a la medida.
- Considerando los pasos en los que no hay contribución de chirrido, para el mismo tipo de tren, **la mejora aportada por la minibarrera es superior a 11 dB**, con una atenuación en todos los puntos de evaluación por encima de 9 dB.
- Las reducciones de nivel de ruido se producen en todo el espectro de frecuencias



El comportamiento acústico de la minibarrera ACUSTRAIN es acorde con las simulaciones iniciales y medidas realizadas en las fases de diseño y prototipado.

Como resumen de las medidas de eficacia de las minibarreras, aun considerando que hubo mayor presencia de chirridos en la segunda campaña, se podría concluir que:

- Cuando la instalación **cumple los requisitos** planteados para optimizar la eficacia, la pérdida por inserción de la barrera, medido respecto al  $L_{Aeq,tp}$  (nivel de paso del vehículo) es del orden de **9 dB**.
- Si la instalación de la minibarrera **no es continua** (punto 2 vía 1, en la figura), la pérdida por inserción de la barrera, medido respecto al  $L_{Aeq,tp}$  **se reduce** de forma importante. Media de 5 dB.
- Si la instalación de la minibarrera tiene **insuficiente longitud**, no aporta efecto ninguno.

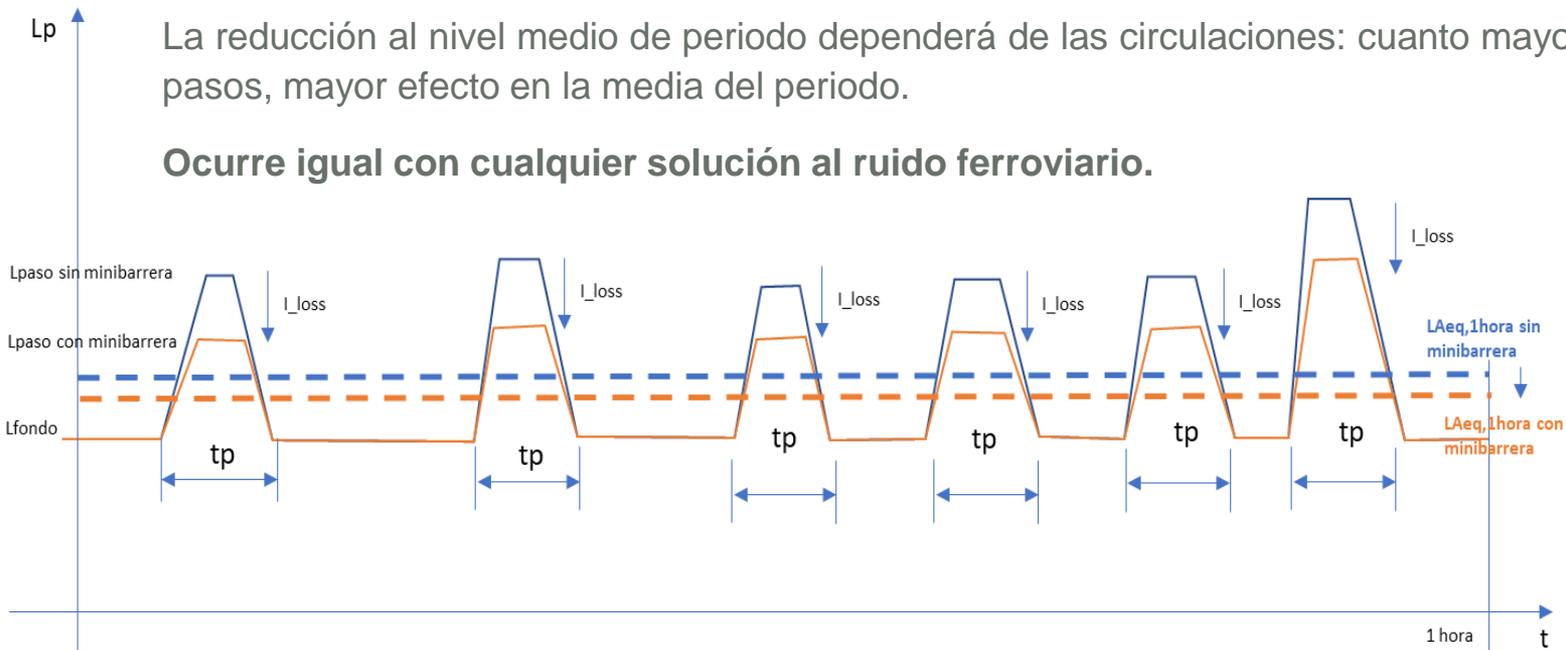


# Aclaración respecto a la eficacia

La eficacia estimada toma como referencia la reducción del nivel generado por cada paso de tren,  $L_{Aeq,tp}$ , no es directamente aplicable como reducción del nivel de ruido generado por la línea ferroviaria según los parámetros de periodo,  $L_{dia}$  o  $L_{noche}$ .

La reducción al nivel medio de periodo dependerá de las circulaciones: cuanto mayor cantidad de pasos, mayor efecto en la media del periodo.

**Ocurre igual con cualquier solución al ruido ferroviario.**



Por ejemplo, en el proyecto de Ermua se estima que la reducción de los niveles de paso de 11 dB se traduciría en reducción de 7 dB en  $L_{dia}$

Se está trabajando en mejoras al diseño que incrementen la **flexibilidad** para adaptar el producto minibarrera ACUSTRAIN a otras **situaciones reales**: elementos adicionales para evitar discontinuidades y elementos específicos para posición central.

ETS está considerando la solución minibarrera como óptima para otros tramos conflictivos.

El **proceso de instalación** de la minibarrera ACUSTRAIN

- Se puede realizar durante la noche, minimizando la afeción a la circulación.
- El impacto acústico es reducido, dado el tipo de actividades y maquinaria implicadas.

Los **costes de instalación** pueden resultar ajustados, ya que la minibarrera ACUSTRAIN no requiere cimentación.



# Instrucción técnica para simular el efecto de una minibarrera

## Objetivo:

Redacción de la instrucción técnica para ser aplicada por cualquier consultora con un conocimiento medio de programas de cálculo acústico

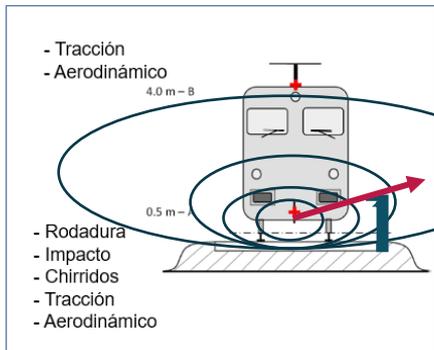
Partiendo del proyecto de Ermua, simular el efecto real de la minibarrera.

Escribir la instrucción para incorporar los tramos con minibarrera, a uno o ambos lados,

Poder calcular el efecto, tanto en superficie expuesta como en población afectada.

Previsto para una minibarrera de ACUSTRAIN, instalada tal que el punto mas próximo de la minibarrera (punto crítico de difracción) esté ubicado a 1,2 m. sobre cabeza de carril, y a un máximo de 400 mm del cuerpo del tren. Valorar tolerancias en estas premisas.

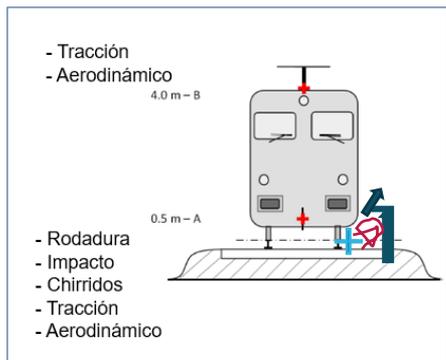
Validar el resultado en otra implantación real.



El ruido generado por el ferrocarril depende de la tipología del tren, de la infraestructura y de la velocidad de circulación.

A velocidades medias o bajas el ruido se emite por la parte inferior del tren y a través del carenado inferior, y es de los focos derivados del contacto rueda carril, además del generado por los sistemas de tracción.

CNOSSOS simula partiendo del foco de ruido ubicado a 0,5 m.  
directividad vertical que minimiza la emisión sobre el tren.

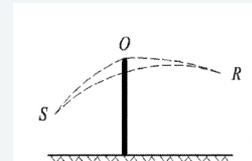


La minibarrera modifica el campo acústico, además de apantallar.

El efecto no se representa con el factor de atenuación de propagación por difracción  $A_{dif}$ , que depende solo de la altura de la barrera y de la distancia barrera-foco y barrera-receptor.

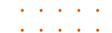
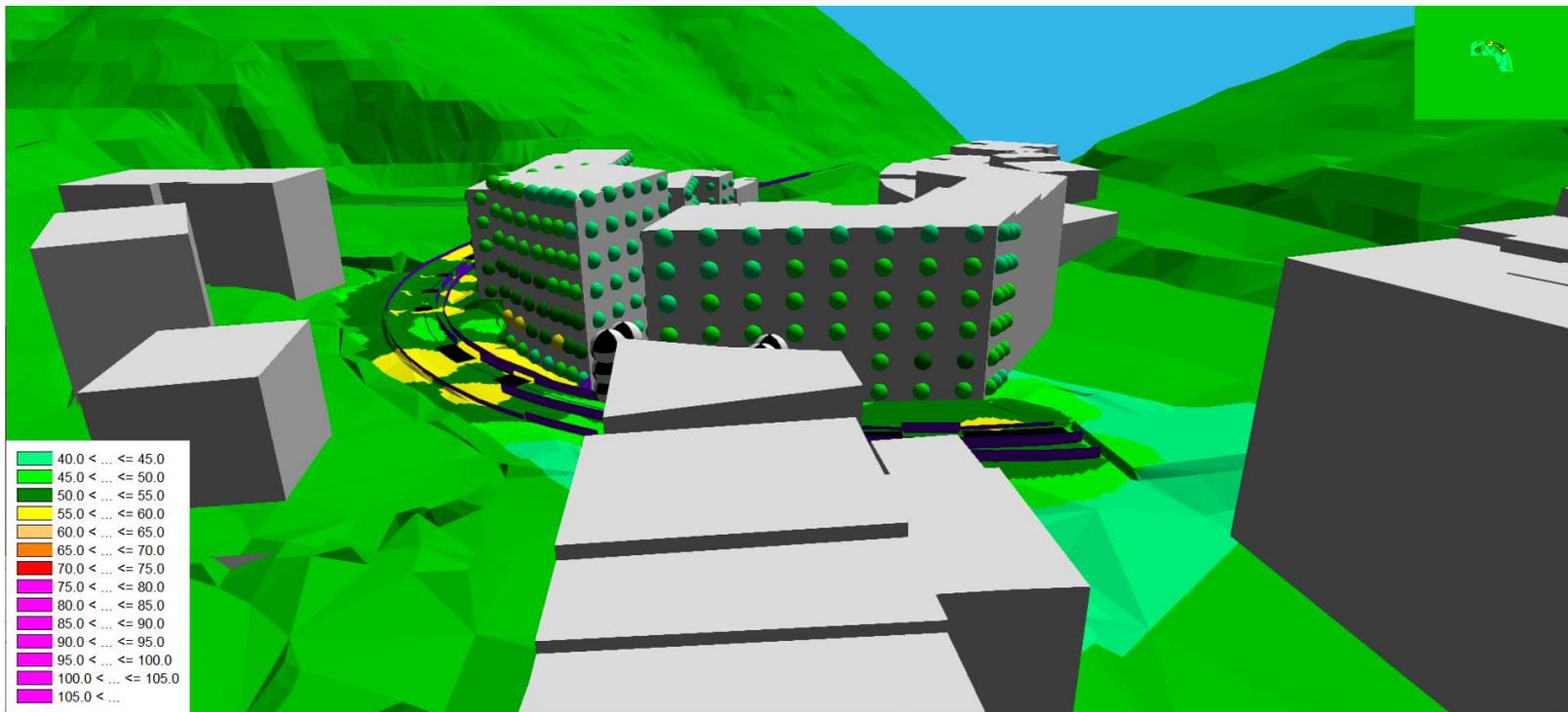
CNOSSOS minimiza el efecto.

ACUSTRAIN pide a Tecnalia que defina cómo se debería simular el efecto en base a las formulaciones del método CNOSSOS y a las capacidades de los programas acústicos existentes.



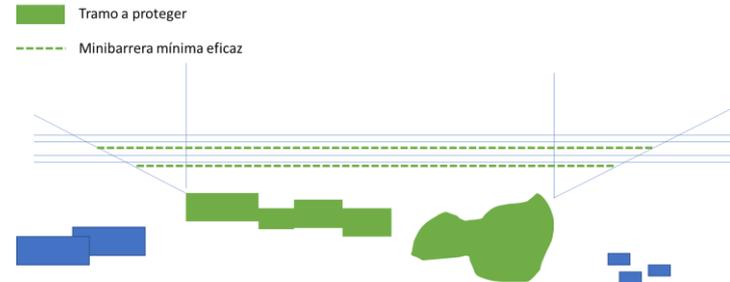


Calcular en el entorno de Ermua la reducción aportada por la configuración final de la minibarrera





1. La simulación se realiza por eje de circulación. Cada eje emite en ambas direcciones y la minibarrera protege una de las direcciones.
2. Se simulan de forma diferente los tramos de vía con minibarrera, manteniendo el método general para el resto de los tramos.
3. Sustituir en el tramo la fuente ferroviaria por una fuente lineal.
4. Para ello, se puede convertir el tramo de fuente ferrocarril en una fuente lineal, manteniendo la potencia acústica en espectro de la fuente ferrocarril, calculada por CNOSSOS según los parámetros del tramo.
5. Se incorpora el efecto de la minibarrera aplicando a la potencia de emisión una directividad complementaria a la definida por CNOSSOS. Esta directividad se seleccionará de una base de datos de directividades para cada configuración
6. Con esta directividad aplicada, el tramo se comportará acústicamente como la infraestructura sobre la que se ha instalado la mini barrera.





Se facilitarán para cada programa de cálculo acústico una base de datos de directividades verticales, necesarias para simular el efecto de la minibarrera ACUSTRAIN, en sus diferentes configuraciones posibles.

1. Minibarrera Lateral o Central
2. Ubicación a ambos lados, a un lado, dos iguales o una central y una lateral.

Configuración	Esquema
Minibarrera lateral	
Dos minibarreras laterales	
Minibarrera lateral y microbarrera central	

Directividad

Nombre: diMinNom7

Directividad ID: diMin7

Tipo de directividad: Directividad 3D

Paso angular: 15°

Tipo de espectro: 1/3 octavas

Vista de tabla: Phi = 0°

OK Cancelar

Nuevo Ayuda

Importar...

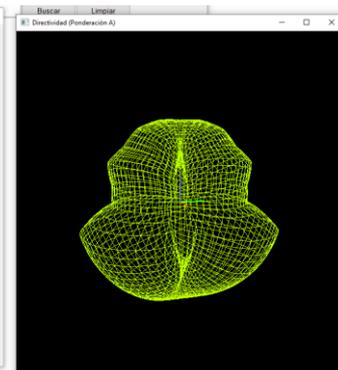
Directividad (dB) en Phi = 0°	
	Frecuencia (Hz)
Theta (°)	25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150
0	-36.6 26.7 26.7 26.8 26.9 27.1 27.3 27.5 27.7 28.0 28.4 28.8 29.3 29.9 30.5
15	-26.2 26.2 26.3 26.4 26.5 26.6 26.7 26.9 27.1 27.3 27.6 27.9 28.2 28.7
30	-16.0 26.0 26.1 27.0 27.0 27.1 27.2 27.3 27.4 27.6 27.9 28.2 28.7
45	-6.0 30.3 30.3 30.3 30.3 30.3 30.3 30.3 30.3 30.3 30.4 30.4 30.4 30.4
60	-29.5 29.5 29.5 29.5 29.5 29.5 29.4 29.4 29.4 29.4 29.4 29.3 29.2 29.2
75	-54.5 34.5 34.5 34.5 34.5 34.5 34.4 34.4 34.4 34.4 34.4 34.3 34.3 34.2
90	-35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0 35.0
105	-20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0
120	-20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0
135	-20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0
150	-20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0
165	-20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0
180	-20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0

Normalizada

No interpolar entre ángulos

Pegar

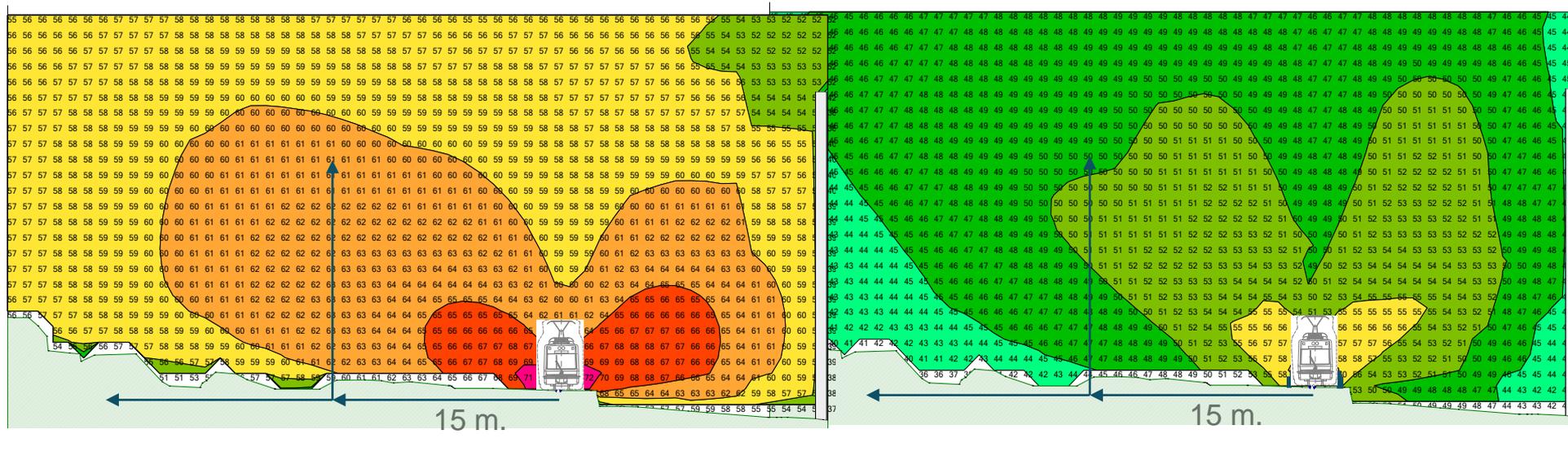
3D



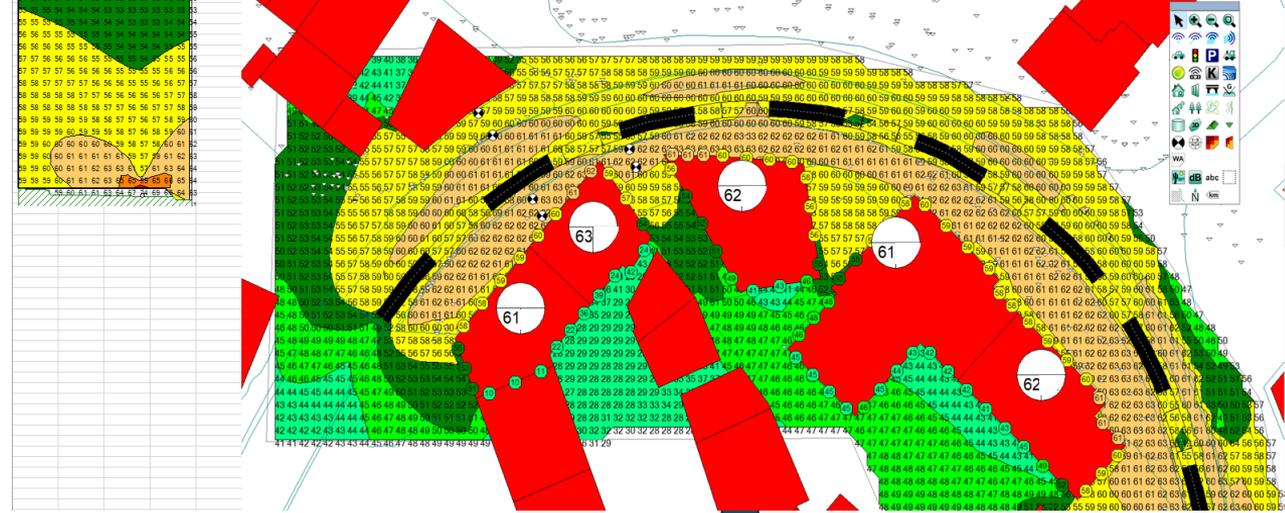
# Efecto en la propagación transversal

Sin minibarrera

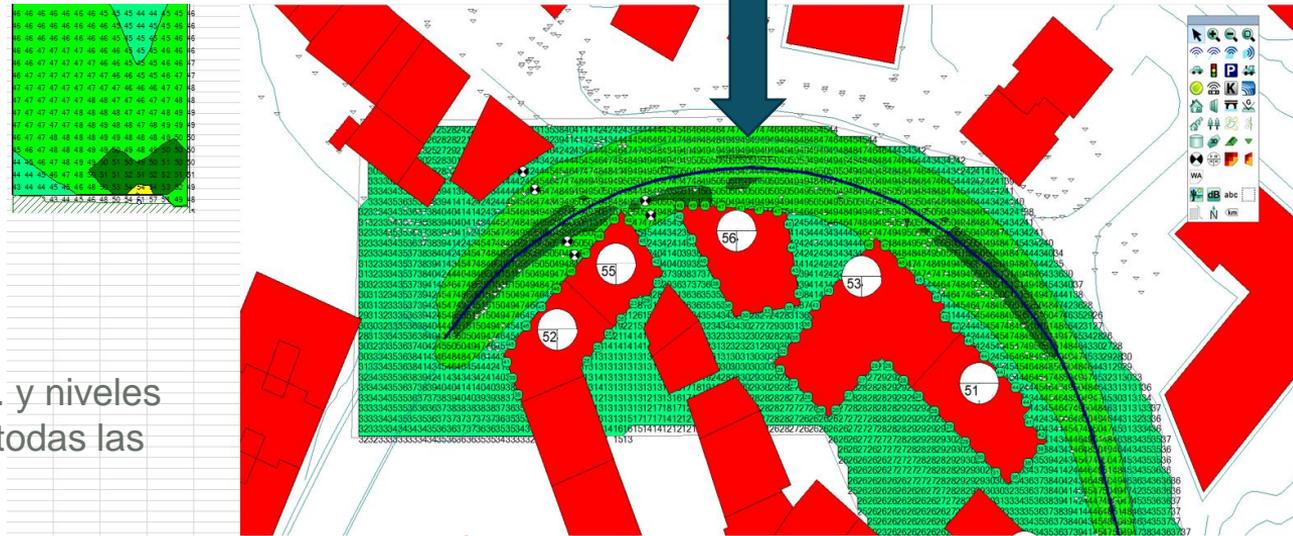
Con minibarrera



**Situación inicial.**  
Simulación impacto  
en el tramo sin  
soluciones.

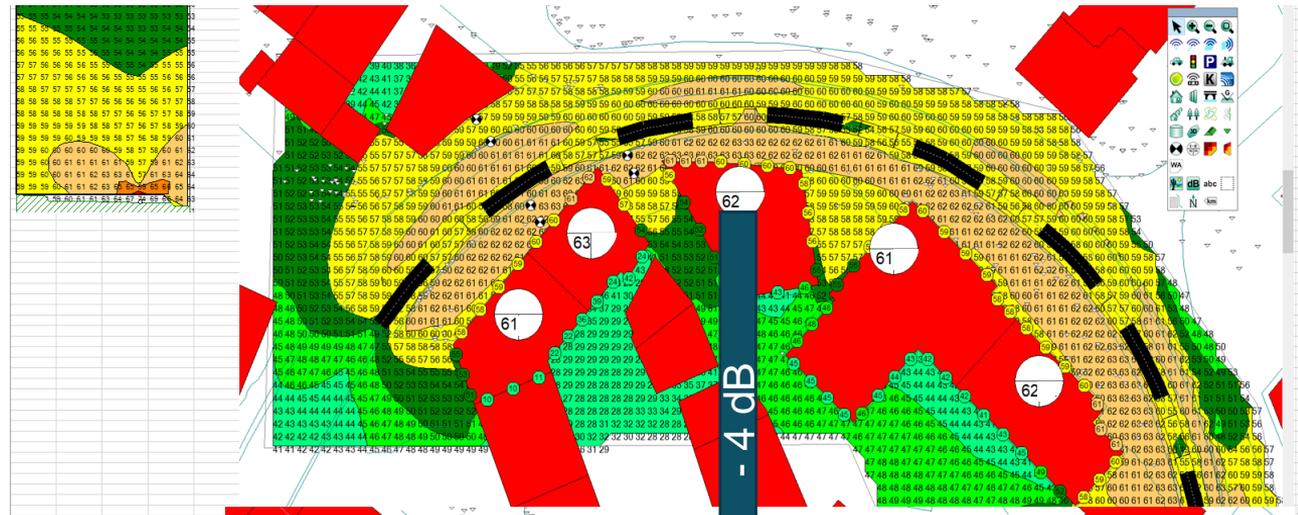


**Situación de proyecto.**  
Simulación impacto en el  
tramo con minibarrera



Niveles a 4 m. y niveles  
en fachada a todas las  
alturas

**Situación inicial.**  
Simulación impacto  
en el tramo sin  
soluciones.



**Situación As-Built.**  
Simulación impacto en el  
tramo con minibarrera  
instalada.



Niveles a 4 m. y niveles  
en fachada a todas las  
alturas



Proyecto en Metro Bilbao.

Análisis del tipo de solución por parte de otros gestores.

Complementar el producto con los diseño adicionales.

ACUSTRAIN difundirá lo más extensamente posible la Instrucción para la simulación de eficacia.

## Reconocimientos

EUSKAL TRENBIDE SAREA-RED FERROVIARIA VASCA (ETS) ha recibido el premio Quality Innovation Award a la innovación por la instalación de la minibarrera ACUSTRAIN en el proyecto Ermua.

El premio corresponde a la categoría sector público, y se ha valorado que es una solución económicamente muy competitiva que permite reducciones de ruido similares a las soluciones tradicionales, con un mínimo impacto visual.



**Itziar Aspuru Soloaga**

itziar.aspuru@tecnalia.com



tecnalia.com

**tecnalia**

MEMBER OF BASQUE RESEARCH  
& TECHNOLOGY ALLIANCE