



Guía para la aplicación del método CNOSSOS-EU en la modelización del ruido producido por las circulaciones ferroviarias en las infraestructuras de ADIF y ADIF AV

1ª EDICIÓN: MARZO 2022

ADIF ALTA VELOCIDAD
DIRECCIÓN CORPORATIVA
SUBDIRECCIÓN DE MEDIO AMBIENTE



CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos revisados
Nº	Fecha		

ÍNDICE

1.	OBJETO DE LA GUÍA	1
2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MÉTODO	1
3.	INFORMACIÓN NECESARIA PARA ESTUDIOS DE RUIDO	3
4.	PARÁMETROS ACÚSTICOS PARA EL CÁLCULO	4
4.1.	Velocidad.....	4
4.2.	Condiciones meteorológicas.....	5
4.3.	Ruido de rodadura y de tracción	6
4.3.1.	Valores de los parámetros para los tipos de tren	6
4.3.2.	Valores de los parámetros de infraestructura	15
4.4.	Ruido de impacto	16
4.5.	Ruido aerodinámico	17
4.6.	Ruido de chirrido	18
4.7.	Ruido estructural en puentes metálicos	18
4.8.	Otros focos.....	19
5.	CÁLCULO DE NIVELES MÁXIMOS.....	19
6.	USO DE PROGRAMAS DE CÁLCULO	21

1. OBJETO DE LA GUÍA

El objeto de esta guía es ofrecer la información necesaria para el empleo del método CNOSSOS-EU en el cálculo del ruido ferroviario en las infraestructuras de ADIF y ADIF AV, a través de una serie de indicaciones que pretenden facilitar su implementación práctica para la elaboración de cualquier estudio acústico que requiera modelización.

Según la modificación realizada por la Orden PCI/1319/2018 del Anexo II del Real Decreto 1513/2005 por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del ruido, el método de cálculo recomendado para la evaluación del ruido ambiental, entre el que se encuentra el ruido ferroviario, es el método europeo CNOSSOS-EU.

El contenido de este documento es la aplicación práctica de los resultados del proyecto "*Implantación del método común de evaluación de ruido ambiental CNOSSOS en la modelización del ruido producido por las circulaciones ferroviarias de ADIF y ADIF AV*", y se circunscribe exclusivamente a este ámbito.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MÉTODO

El método de cálculo CNOSSOS-EU está descrito en la Directiva 2015/996 de la Comisión, por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y en la Directiva Delegada 2021/1226 de la Comisión, por la que se modifica la anterior.

Este método define 6 tipos de fenómenos de generación de ruido ferroviario que contribuyen en dos focos emisores y que representan la línea ferroviaria a dos alturas sobre el terreno, a 0,5 m y 4 m, respectivamente:

- Ruido de rodadura: se produce por la interacción de la rueda del vehículo con el carril.
- Ruido de tracción: representa la contribución del motor y del equipamiento auxiliar de cada tipo de vehículo.
- Ruido de impacto: depende de la presencia de discontinuidades en la vía.
- Ruido aerodinámico: representa el ruido generado por el flujo de aire en contacto con el vehículo.
- Ruido de chirrido: aplicable para las curvas de radio reducido.
- Ruido por radiación estructural: producido por puentes y/o viaductos.

El esquema siguiente refleja la contribución de cada fenómeno acústico a cada foco de ruido.

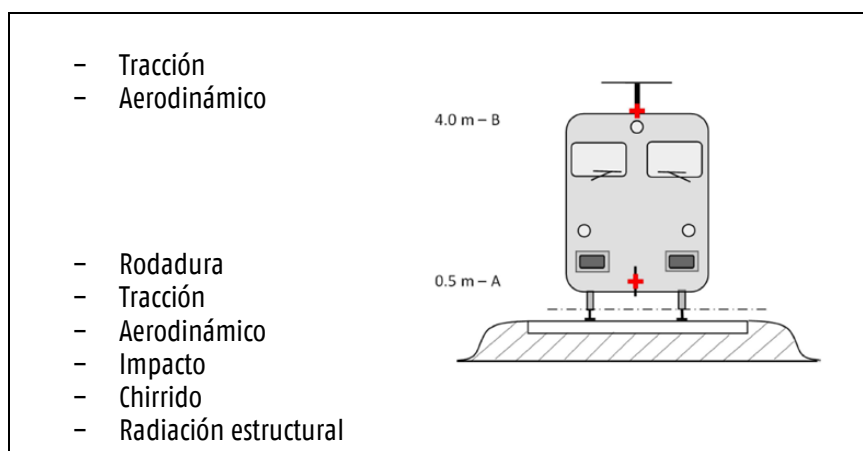


Figura 1. Fenómenos que contribuyen a la emisión.

Para calcular los distintos focos de ruido, a continuación, se enumeran los parámetros que requieren datos de entrada en el método CNOSSOS-EU:

- Respecto al material rodante:
 - Velocidad de circulación
 - Composición del vehículo por tipo y número de unidades
 - Número de ejes de cada unidad
 - Rugosidad de rueda, $L_{r,VEH,i}$
 - Filtro de contacto, $A_{3,i}$
 - Función de transferencia de la rueda, $L_{H,VEH,i}$
 - Ruido de tracción – motor y equipos auxiliares, $L_{W,0,idling}$
 - Ruido aerodinámico, $L_{W,0,1}$, $L_{W,0,2}$, α_1 , α_2
- Respecto a la infraestructura
 - Rugosidad del carril, $L_{r,TR,i}$
 - Función de transferencia del carril, $L_{H,TR,i}$
 - Rugosidad adicional de impacto, $L_{R,IMPACT,i}$
 - Radio de curvatura en puntos singulares
 - Función de transferencia puentes, $L_{H,bridge,i}$

Los valores propuestos por defecto por el método CNOSSOS-EU para estos parámetros están contenidos en los documentos oficiales de descripción del método. A fecha de la publicación de esta guía, estos valores se

encuentran publicados en la Directiva 2015/996 y/o en la Directiva Delegada 2021/1226, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 1. Directivas de referencia para cada parámetro de CNOSSOS

Parámetro	Tabla	Directiva
Rugosidad de rueda, $L_{r,VEH,i}$	G-1	2015/996
Rugosidad del carril, $L_{r,TR,i}$	G-1	2021/1226
Filtro de contacto, $A_{3,i}$	G-2	2021/1226
Función de transferencia del carril, $L_{H,TR,i}$	G-3	2021/1226
Función de transferencia de la rueda, $L_{H,VEH,i}$	G-3	2015/996
Rugosidad adicional de impacto, $L_{R,IMPACT,i}$	G-4	2021/1226
Ruido de tracción – Motor, $L_{W,0,idling}$	G-5	2015/996
Ruido aerodinámico, $L_{W,0,1}$, $L_{W,0,2}$, α_1 , α_2	G-6	2015/996
Función de transferencia puentes, $L_{H,bridge,i}$	G-7	2021/1226
Ruido de chirrido	–	2021/1226

Fuente: Directivas 2015/996 y 2021/1226

La caracterización acústica del ruido ferroviario generado por las líneas de ADIF y ADIF AV se basará en una selección de los valores que ofrece el método por defecto para estos parámetros, exceptuando el caso de la rugosidad de rueda del vehículo S-450, para el que se facilitan unos valores específicos.

3. INFORMACIÓN NECESARIA PARA ESTUDIOS DE RUIDO

Para elaborar los estudios acústicos siguiendo el método CNOSSOS-EU se deberá contar con, al menos, la siguiente información:

- Tipología de vía: balasto o vía en placa, tipo de traviesas y rigidez de las placas de asiento.
- Cuadro de velocidades máximas de la infraestructura.
- Circulaciones semanales del año de referencia por tipo de tráfico (larga distancia, media distancia, cercanías y mercancías).
- Tipología de tren, configuración simple o doble, velocidad máxima, número de vagones medio del tren de mercancías, etc.

- Distribución del tráfico para cada uno de los periodos horarios: día (7–19h), tarde (19–23 h) y noche (23–7h).
- Relación de trenes que realizan parada en el caso de estaciones.
- Tramificación de velocidades en estaciones intermedias.
- Presencia de discontinuidades, curvas de radio reducido y puentes metálicos.
- Modelo digital del terreno y cartografía que represente los elementos que condicionen la propagación.

4. PARÁMETROS ACÚSTICOS PARA EL CÁLCULO

Para modelizar la emisión acústica de la línea ferroviaria, esta se dividirá en subtramos con condiciones homogéneas de infraestructura y de tráfico, tanto en lo que se refiere al número y tipo de circulaciones, como a sus velocidades.

Se detallan a continuación los criterios para establecer los valores a utilizar para el cálculo.

4.1. Velocidad

Uno de los parámetros decisivos para el cálculo de la emisión de los focos ferroviarios es la velocidad de circulación.

En cada subtramo y para cada tipo de tren, la velocidad a considerar para el cálculo será el valor más bajo entre la velocidad máxima del tramo y la velocidad máxima del tipo de tren.

La presencia de estaciones intermedias requerirá una tramificación adicional en la aproximación y salida de estaciones. En este sentido, las tablas siguientes recogen los criterios para crear subtramos por cambio de velocidad de los trenes que paran en las estaciones. Se trata de una tramificación simétrica a ambos lados de la estación diferenciada, para los tramos de red convencional y de ancho métrico, por una parte, y para los de la red de alta velocidad, por otra.

Para cada uno de ellos, se definen las distancias de inicio y fin de cada tramo en metros desde el centro de la estación, y la velocidad a aplicar.

Tabla 2. Tramificaciones para la aproximación y salida de estaciones en las que se realiza parada

TRAMIFICACIÓN DE RED CONVENCIONAL Y RAM			TRAMIFICACIÓN DE RED ALTA VELOCIDAD		
Velocidad Km/h	Inicio (m)	Fin (m)	Velocidad Km/h	Inicio (m)	Fin (m)
30	0	150	30	0	200
50	150	300	50	200	300
70	300	500	70	300	425
90	500	700	90	425	600
110	700	1.050	110	600	825
140	1.050	1.500	140	825	1.250
			170	1.250	2.000

Fuente: ADIF – Subdirección de Instalaciones / ADIF –Alta Velocidad – Subdirección de Medio Ambiente

En ningún caso, se considerarán velocidades en las modelizaciones inferiores a 50 km/h, en subtramos que no estén en zona de aproximación o salida de estación.

Esta recomendación está justificada porque el método CNOSOS-EU sobrevalora el nivel de ruido a velocidades inferiores a 50 km/h, para compensar el error potencial introducido por la simplificación a velocidades bajas de la definición del ruido de rodadura, el ruido de los frenos y el ruido de impacto generado en las intersecciones y los cambios.

4.2. Condiciones meteorológicas

A la hora de realizar un estudio acústico es necesario establecer las condiciones meteorológicas en las que se produce la propagación.

En lo que se refiere a las condiciones meteorológicas que influyen en la absorción atmosférica, se establecerá una temperatura y humedad constantes de 15°C y 70%, respectivamente.

En lo que respecta a la propagación, se seguirán las recomendaciones que estableció la Comisión Europea (WG-AEN): condiciones 100% favorables para el periodo noche, un 75% para la tarde y un 50% para el día.

4.3. Ruido de rodadura y de tracción

4.3.1. Valores de los parámetros para los tipos de tren

Para su correcta identificación en los programas de cálculo, la denominación de todos los trenes comienza con el código "ES/".

Los trenes de viajeros se identifican, además, por el número de serie, que siempre empieza por la letra S, seguido de un código que hace referencia al tipo de circulación:

- C: cercanías.
- R: regional o media distancia.
- L: larga distancia.

La denominación de los trenes de viajeros es la siguiente:

[Código país (ES/)] [Número de serie (S-XXX)] _ [Tipo de circulación (C, R, L)]

En lo que se refiere a las composiciones, en esta guía se recoge para cada tipo de tren de viajeros, el número y tipo de unidades que lo componen, motoras o remolques (ejemplo, M-R-M), así como el número de ejes de cada unidad.

Los trenes están descritos por defecto en su composición sencilla. De esta forma, cuando la información de circulaciones indique datos de circulación para algún tren en composición doble, se deberá duplicar el tren o su número de unidades descritas.

En cuanto a la consideración del número de ejes que tiene cada una de las unidades que componen los trenes, cabe mencionar que algunos trenes tienen ejes compartidos entre unidades.

Por ello, se han creado, cuando ha sido preciso, diferentes tipos de unidades remolcadas (R_i) o motoras (M_i) para asignarles diferente número de ejes a cada una de ellas, aun siendo idénticas en el resto de los parámetros, para así asegurar que el tren completo tenga el número correcto de ejes.

Este es el caso de los siguientes tipos de tren: S-100, S-102, S-108, S-112, S-130, S-730, S-449, T-252 y T-334.

Si el programa de cálculo comercial no soporta la librería de trenes que facilita ADIF AV, se deberá componer los trenes, seleccionando las unidades que lo forman. Las unidades motorizadas se identifican con la referencia del tipo de tren, añadiendo "motor" al final del código, y para las unidades remolcadas se añade "remolcado" al final de este.

Se muestra a continuación un ejemplo de cómo se introduciría un tipo de tren, bien seleccionando directamente el tren completo, cuando esta opción esté disponible, o bien a partir de las unidades que lo componen.

Para el tren S-449, con composición $M_1-M_2-R-M_2-M_1$, se podría seleccionar:

- ES/S-449_R; tren completo de viajeros serie 449 regional; o
- 2 unidades ES/S-449_R _motor1 + 2 unidades ES/S-449_R _motor2 + 1 unidad ES/S-449_R _remolcado.

Por su parte, los trenes de mercancías se describen por su tipo de locomotora y por los vagones que lo componen. En esta guía se establece el número de ejes y los datos de entrada para caracterizar acústicamente, tanto la locomotora como los vagones. Se diferencia la emisión de los vagones que circulan en la red de ancho métrico (RAM), respecto a la de los que circulan por el resto de la red convencional (RC). En el caso de trenes de mercancías, no se establece un número de vagones predeterminado, puesto que es variable en cada tren, y será un dato de entrada promedio a definir en cada estudio de ruido a realizar.

Los trenes de mercancías se codifican con la letra M, seguida del código de la locomotora o de la palabra vagón para las unidades remolcadas.

[Código país (ES)][Identificador mercancías (M)][Tipo locomotora/Tipo vagón (RAM o RC)]

Las tablas siguientes asignan los datos de entrada referidos al efecto acústico de los tipos de tren a considerar, para cada uno de los parámetros de CNOSSOS-EU que permite calcular el ruido ferroviario de rodadura y de tracción en condiciones normales de las líneas de ADIF y ADIF AV.

Para la caracterización acústica de cada tipo de tren/unidad, se emplean los datos de entrada que ofrecen por defecto los documentos oficiales de CNOSSOS-EU: Directiva 2015/996 y en la Directiva Delegada 2021/1226. La única salvedad es el valor de rugosidad de rueda para el tren de viajeros S-450, para el que se hace referencia a un espectro específico que se incluye al final de este apartado.

En las tablas se han utilizado las siguientes abreviaturas para hacer referencia a algunos de los datos de entrada del método CNOSSOS:

- **Rugosidad de rueda.** El término "zapata" se refiere al "freno de rodadura de hierro fundido" de la tabla G-1 de CNOSSOS; "composite", al "freno de material compuesto"; y "disco", al "freno de disco".
- **Filtro de contacto.** La abreviatura "25 kN/920" se refiere a la "carga por rueda 25 kN-diámetro de rueda 920 mm" de la tabla G-2 de CNOSSOS; "50 kN/920", a la "carga por rueda 50 kN-diámetro de rueda 920 mm"; y "100 kN/920", a la "carga por rueda 100 kN-diámetro de rueda 920 mm".
- **Función de transferencia de rueda.** La abreviatura "920 mm" se refiere al valor de "rueda con diámetro de 920 mm, sin medida" de la tabla G-3 de CNOSSOS; "840 mm", al de "rueda con diámetro de 840 mm, sin medida"; y "1200 mm", al de "rueda con diámetro de 1200 mm, sin medida".
- **Motor.** La abreviatura "UME" equivale a "Unidad Múltiple Eléctrica" de la tabla G-5 de CNOSSOS; y "UMD", a "Unidad Múltiple Diésel".

Tabla 3. Asignación de los parámetros CNOSSOS a los trenes de viajeros

Línea	Tipo de tren	Denominación software	Composición	Tipo de coche	Nº ejes/coche	Rugosidad de rueda	Filtro de contacto	Función de transferencia de rueda (mm)	Motor	Ruido aerodinámico
RAM	S-433	ES/S-433_C	M-M	M	4	Composite	25kN/920	1200 mm	Locomotora eléctrica	No
	S-435	ES/S-435_C	M-R	M	4	Disco	25 kN/920	840 mm	Locomotora eléctrica	No
				R	4				-	
	S-436	ES/S-436_C	M-M	M	4	Disco	25 kN/920	840 mm	UME	No
	S-438	ES/S-438_C	M-R-R	M	4	Disco	25 kN/920	840 mm	Locomotora eléctrica	No
				R	4				-	
	S-524	ES/S-524_R	M-M	M	4	Disco	25 kN/920	840 mm	Locomotora diésel (c. 2200 kW)	No
	S-526	ES/S-526_C	M-M	M	4	Disco	25 kN/920	840 mm	UMD	No
	S-527	ES/S-527_R	M-M	M	4	Disco	25 kN/920	840 mm	UMD	No
	S-529	ES/S-529_C	M	M	4	Disco	25 kN/920	840 mm	Locomotora diésel (c. 2200 kW)	No

Línea	Tipo de tren	Denominación software	Composición	Tipo de coche	Nº ejes/coche	Rugosidad de rueda	Filtro de contacto	Función de transferencia de rueda	Motor	Ruido aerodinámico
CONVENCIONAL	S-450	ES/S-450_C	M-R-R-R-R-M	M	4	ES/S-450_C	100 kN/920	1200 mm	UME	No
				R	4			840 mm	-	
	S-451	ES/S-451_C	M-R-R	M	4	ES/S-450_C	100 kN/920	1200 mm	UME	No
				R	4			840 mm	-	
	S-448	ES/S-448_R	M-R-R	M	4	Disco	25 kN/920	1200 mm	UME	No
				R	4				-	
	S-447	ES/S-447_C	M-R-M	M	4	Composite	25 kN/920	1200 mm	UME	No
				R	4				-	
	S-446	ES/S-446_C	M-R-M	M	4	Composite	25 kN/920	1200 mm	UME	No
				R	4				-	
	S-463 CIVIA	ES/S-463_C	R-M-R	M	2	Disco	100 kN/920	840 mm	UME	No
				R	3				-	
	S-464 CIVIA	ES/S-464_C	R-M-M-R	M	2	Disco	100 kN/920	840 mm	UME	No
				R	3				-	
	S-465 CIVIA	ES/S-465_C	R-M-M-M-R	M	2	Disco	100 kN/920	840 mm	UME	No
				R	3				-	
	S-449	ES/S-449_R	M ₁ -M ₂ -R-M ₂ -M ₁	M ₁	3	Disco	100 kN/920	840 mm	UME	No
				M ₂	2				-	
				R	2				-	

Línea	Tipo de tren	Denominación software	Composición	Tipo de coche	Nº ejes/coche	Rugosidad de rueda	Filtro de contacto	Función de transferencia de rueda	Motor	Ruido aerodinámico
CONVENCIONAL	S-470	ES/S-470_R	M-R-R	M	4	Disco	25 kN/920	1200 mm	UME	No
				R	4				-	
	S-592	ES/S-592_R	M-R-M	M	4	Disco	25 kN/920	920 mm	UMD	No
				R	4				-	
	S-594	ES/S-594_R	M-M	M	4	Disco	25 kN/920	920 mm	UMD	No
	S-596	ES/S-596_R	M	M	4	Disco	25 kN/920	920 mm	UMD	No
	S-598	ES/S-598_R	M-R-M	M	4	Disco	25 kN/920	920 mm	UMD	No
				R	4				-	
	S-599	ES/S-599_R	M-R-M	M	4	Disco	25 kN/920	920 mm	UMD	No
				R	4				-	

Línea	Tipo de tren	Denominación software	Composición	Tipo de coche	Nº ejes/coche	Rugosidad de rueda	Filtro de contacto	Función de transferencia de rueda	Motor	Ruido aerodinámico
ALTA VELOCIDAD	S-100	ES/S-100_L	M-R ₁ -6R ₂ -R ₁ -M	M	4	Disco	100 kN/920	840 mm	UME	Sí (v≥250 km/h)
				R ₁	3				-	
				R ₂	2				-	
	S-102	ES/S-102_L	M-R ₁ -11R ₂ -M	M	4	Disco	100 kN/920	1200 mm	UME	Sí (v≥250 km/h)
				R ₁	2			840 mm	-	
				R ₂	1				-	
	S-112	ES/S-112_L	M-R ₁ -11R ₂ -M	M	4	Disco	100 kN/920	1200 mm	UME	Sí (v≥250 km/h)
				R ₁	2			840 mm	-	
				R ₂	1				-	
	S-108 OUIGO	ES/S-108_L	M-R ₁ -6R ₂ -R ₁ -M	M	4	Disco	100 kN/920	920 mm	UME	Sí (v≥250 km/h)
				R ₁	3				-	
				R ₂	2				-	
	S-103	ES/S-103_L	M-R-M-2R-M-R-M	M	4	Disco	100 kN/920	920 mm	UME	Sí (v≥250 km/h)
				R	4				-	
	S-104	ES/S-104_L	M-M-M-M	M	4	Disco	100 kN/920	840 mm	UME	Sí (v≥250 km/h)
	S-114	ES/S-114_L	M-M-M-M	M	4	Disco	100 kN/920	840 mm	UME	Sí (v≥250 km/h)

Línea	Tipo de tren	Denominación software	Composición	Tipo de coche	Nº ejes/coche	Rugosidad de rueda	Filtro de contacto	Función de transferencia de rueda	Motor	Ruido aerodinámico
ANCHO VARIABLE	S-120	ES/S-120_L	M-M-M-M	M	4	Disco	50 kN/920	840 mm	UME	Sí ($v \geq 250$ km/h)
	S-121	ES/S-121_L	M-M-M-M	M	4	Disco	50 kN/920	840 mm	UME	Sí ($v \geq 250$ km/h)
	S-130	ES/S-130_L	M-1R ₁ -10R ₂ -M	M	4	Disco	50 kN/920	920 mm	UME	Sí ($v \geq 250$ km/h)
				R ₁	2			840 mm	-	
				R ₂	1				-	
	S-730	ES/S-730_L_UME ES/S-730_L_UMD	M-R ₁ -9R ₂ -R ₃ -M	M	4	Disco	50 kN/920	920 mm	UME/UMD ⁽¹⁾	Sí ($v \geq 250$ km/h)
				R ₁	3			840 mm	-	
				R ₂	1				-	
				R ₃	2				-	
	S-252 TALGO	ES/S-252_L	2M-1R ₁ -8R ₂	M	4	Disco	50 kN/920	1200 mm	Locomotora eléctrica	No
				R ₁	2			840 mm	-	
				R ₂	1				-	
	S-334 TALGO	ES/S-334_L	2M-1R ₁ -8R ₂	M	4	Disco	100 kN/920	920 mm	Locomotora diésel (c. 800 kW)	No
				R ₁	2		50 kN/920	840 mm	-	
				R ₂	1				-	

Fuente: Renfe / ADIF -Alta Velocidad - Subdirección de Medio Ambiente

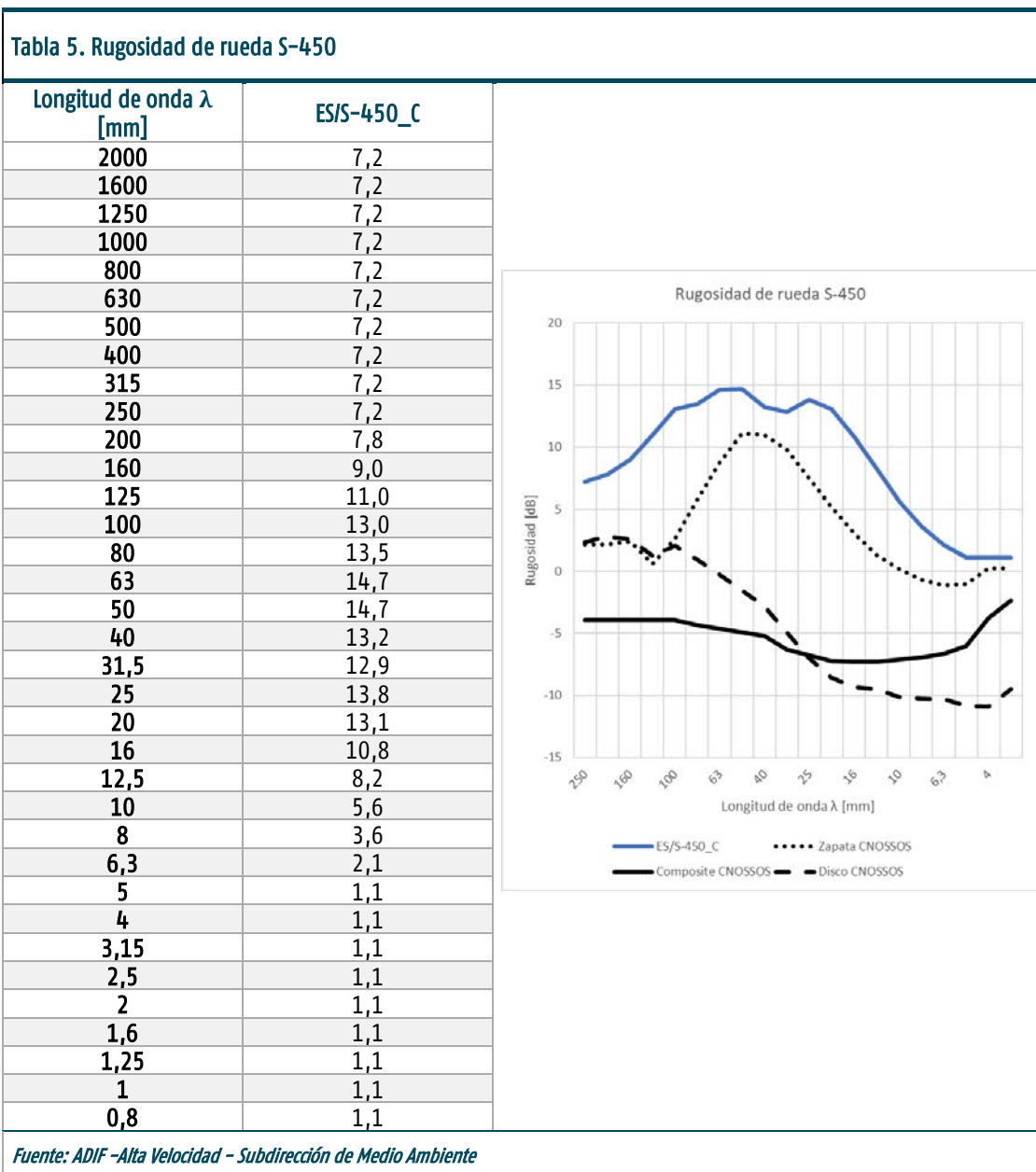
(1) EL tren S-730 se trata de un tren híbrido, por tanto, se caracterizará con motor "Unidad múltiple eléctrica", UME si circula por un tramo electrificado y con motor "Unidad múltiple diésel", UMD cuando no lo esté. En caso de no conocer esta información se caracterizará con UMD.

Tabla 4. Asignación de los parámetros CNOSSOS a los trenes de mercancías

Línea	Tipo	Denominación software	Nº ejes	Rugosidad de rueda	Filtro de contacto	Función de transferencia de rueda	Motor	Ruido aerodinámico
RAM	Locomotora eléctrica 619	ES/M-619	4	Composite	100 kN/920	920 mm	Locomotora eléctrica	No
	Locomotora diésel 315	ES/M-315	4	Composite	100 kN/920	920 mm	Locomotora diésel (c. 800 kW)	No
	Locomotora diésel 316	ES/M-316	4	Composite	100 kN/920	920 mm	Locomotora diésel (c. 800 kW)	No
	VAGONES	ES/M-vagon_RAM	4	Composite	100 kN/920	840 mm	-	No
CONVENCIONAL	Locomotora eléctrica 251	ES/M-251	6	Disco	100 kN/920	1200 mm	Locomotora eléctrica	No
	Locomotora eléctrica 253	ES/M-253	4	Disco	100 kN/920	1200 mm	Locomotora eléctrica	No
	Otras locomotoras eléctricas	ES/M-electrica	4	Disco	100 kN/920	1200 mm	Locomotora eléctrica	No
	Locomotora diésel 319	ES/M-319	4	Zapata	50 kN/920	1200 mm	Locomotora diésel (c. 800 kW)	No
	Locomotora diésel 333	ES/M-333	6	Disco	100 kN/920	1200 mm	Locomotora diésel (c. 2200 kW)	No
	Locomotora diésel 335	ES/M-335	6	Disco	100 kN/920	1200 mm	Locomotora diésel (c. 2200 kW)	No
	Otras locomotoras diésel	ES/M-diesel	4	Disco	100 kN/920	1200 mm	Locomotora diésel (c. 2200 kW)	No
	VAGONES	ES/M-vagon_RC	4	Zapata	100 kN/920	840 mm	-	No

Fuente: Renfe / ADIF -Alta Velocidad - Subdirección de Medio Ambiente

En la tabla siguiente se presenta el espectro de rugosidad de rueda específico para el tren S-450.



4.3.2. Valores de los parámetros de infraestructura

La contribución de la infraestructura ferroviaria al ruido generado, queda definida por:

- El tipo de red: ancho métrico, convencional o alta velocidad.
- El tipo de traviesa: hormigón monobloque, hormigón bibloque o madera.
- Infraestructuras singulares, como vía en placa, pasos a nivel, puentes metálicos o curvas.
- La rigidez de las placas de asiento, lo que queda descrito por su localización en la red o por su antigüedad.

La tabla siguiente asigna los datos de entrada de la infraestructura a considerar, para cada uno de los parámetros de CNOSSOS-EU que permiten calcular el ruido ferroviario de rodadura en condiciones normales de las líneas de ADIF y ADIF AV.

Para la caracterización acústica de cada tipo de infraestructura se emplean los datos de entrada que ofrecen por defecto los documentos oficiales de CNOSSOS-EU: Directiva 2015/996 y la Directiva Delegada 2021/1226.

Tabla 6. Asignación de parámetros CNOSSOS – Infraestructuras

Tipo de ancho	Tipo de infraestructura	Rugosidad de carril	Función de transferencia de carril
RAM	RAM hormigón	Red media	Monobloque con amortiguación blanda
	RAM madera	Red media	Traviesa de madera
Convencional	Convencional monobloque antes 2001 (rigidez 100 kN/mm)	ISO 3095:2013	Monobloque con amortiguación dura
	Convencional monobloque después 2001 (rigidez 88 kN/mm)	ISO 3095:2013	Monobloque con amortiguación blanda
	Convencional bibloque	ISO 3095:2013	Bibloque con amortiguación media
	Convencional madera	ISO 3095:2013	Traviesa de madera
Alta velocidad	Alta Velocidad Línea Madrid – Sevilla (rigidez 158 kN/mm)	ISO 3095:2013	Monobloque con amortiguación dura
	Alta Velocidad Resto de líneas (rigidez 114 kN/mm)	ISO 3095:2013	Monobloque con amortiguación media
Todos los anchos	Vía en Placa	Red media	Monobloque con amortiguación blanda

Tabla 6. Asignación de parámetros CNOSSOS – Infraestructuras

Tipo de ancho	Tipo de infraestructura	Rugosidad de carril	Función de transferencia de carril
Todos los anchos	Paso a nivel	ISO 3095:2013 / Red media ⁽¹⁾	Monobloque con amortiguación blanda
	Puente metálico	ISO 3095:2013 / Red media ⁽¹⁾	Sujeción directa en los puentes

Fuente: ADIF – Subdirección de Infraestructura y Vía / ADIF –Alta Velocidad– Subdirección de Medio Ambiente

(1) La rugosidad de carril para el paso a nivel y el puente metálico será la correspondiente al tipo de ancho en el que esté el elemento, RAM, convencional, o alta velocidad.

4.4. Ruido de impacto

Para calcular el efecto de la presencia de desvíos o juntas, se tendrá en cuenta el dato de entrada por defecto incluido en los documentos oficiales de CNOSSOS-EU. Su efecto se representa con una rugosidad adicional que incrementa el ruido de rodadura. La Directiva Delegada 2021/1226 define el nivel de rugosidad del impacto en función de la densidad de juntas.

Para modelizar este fenómeno, se considerarán los datos de entrada de la tabla siguiente para los diferentes tipos de desvíos o discontinuidades:

Tabla 7. Asignación de parámetros CNOSSOS – Ruido de impacto

Tipo Desvío /Junta	Características	Carril (kg/m)	Traviesa	n_I	$L_{R,IMPACT,i}$
A	Con juntas y sujeción rígida	45-54	Madera	0,01	Cambio de vía único/junta simple/cruce simple/100m
B	Soldados y sujeción elástica	54	Madera	0,01	Cambio de vía único/junta simple/cruce simple/100m
C	Soldados y sujeción elástica	54-60	Madera/ Hormigón	0,01	Cambio de vía único/junta simple/cruce simple/100m
V	Soldados y sujeción elástica	60	Madera/ Hormigón	0,01	Cambio de vía único/junta simple/cruce simple/100m
AV	Soldados, sujeción elástica y corazón móvil	60	Hormigón	0,005	Cambio de vía único/junta simple/cruce simple/100m

Tabla 7. Asignación de parámetros CNOSSOS – Ruido de impacto

Tipo Desvío /Junta	Características	Carril (kg/m)	Traviesa	n_l	$L_{R,IMPACT,i}$
P	Soldados y sujeción elástica	60	Hormigón	0,005	Cambio de vía único/junta simple/cruce simple/100m
Juntas	Discontinuidad en vía	--	--	0,01	Cambio de vía único/junta simple/cruce simple/100m

Fuente: ADIF – Subdirección de Infraestructura y Vía / ADIF-Alta Velocidad – Subdirección de Medio Ambiente

La modelización de desvíos o juntas se realizará siguiendo los siguientes criterios:

- La longitud del tramo en el que se aplica el parámetro de ruido de impacto (desvíos o juntas) será el que corresponde a la longitud real del desvío o a la longitud en que existen juntas. En caso de no conocerse la longitud específica del desvío, se tomará por defecto una longitud de 100 m.
- No se considerarán desvíos ni juntas en los tramos en los que algún tipo de tren esté modelizado a una velocidad inferior a 50 km/h.

Esta recomendación se realiza porque el modelo a velocidades inferiores a 50 km/h sobrevalora el nivel de ruido para compensar la simplificación a velocidades bajas de la definición del ruido de rodadura, el ruido de los frenos y el ruido de impacto generado en las intersecciones y los cambios.

4.5. Ruido aerodinámico

La consideración del ruido aerodinámico está vinculada al tipo de tren, tal y como se muestra en la *Tabla 3. Asignación de parámetros CNOSSOS a los trenes de viajeros*. Por lo tanto, una vez creados los tipos de tren que circulan por las líneas de ADIF y ADIF AV, este efecto se aplicará automáticamente en algunos trenes a velocidades superiores a 250 km/h.

Cabe mencionar que, a pesar de que el método permite considerar este efecto a partir de 200km/h, de acuerdo con esta guía se aplicará sólo en los trenes indicados a partir de 250 km/h.

4.6. Ruido de chirrido

Tal y como indica el método CNOSSOS, se podrá aplicar el efecto chirrido en tramos en los que se identifiquen curvas con un radio de curvatura igual o inferior a 500 m. El tramo deberá tener estas condiciones en una longitud de, al menos, 50 m.

El efecto de chirrido, según CNOSSOS, es una constante adicional al ruido de rodadura en función del radio de curva del trazado y puede ser específico de cada situación.

Por ello, para la valoración de este efecto, se podrá utilizar mediciones del ruido adicional del chirrido que sean suficientemente representativas de los diferentes trenes y velocidades de circulación.

En el caso de no disponerse de mediciones adecuadas, se deberá añadir los siguientes valores al espectro del ruido de rodadura para todas las frecuencias, según el caso.

Tabla 8. Parámetro ruido de chirrido

Radio de curvatura del tramo (R)	Constante adicional por chirrido
$300\text{m} < R \leq 500\text{m}$	5 dB
$R \leq 300\text{m}$	8 dB

Fuente: ADIF-Alta Velocidad - Subdirección de Medio Ambiente

Se recomienda, por norma general, verificar mediante mediciones in situ la aplicabilidad de la corrección adicional por chirrido, especialmente en aquellas curvas en las que se hayan tomado medidas para reducir el efecto del chirrido.

4.7. Ruido estructural en puentes metálicos

En el caso de que se identifique un puente con estructura metálica en el que el carril está directamente unido a la estructura del puente, este tramo se modelizará con los siguientes valores específicos:

- Se seleccionará para la función de transferencia de carril el valor de dato de entrada por defecto que considera CNOSSOS para "Sujeción directa en los puentes".
- Se activará la función de transferencia para puentes, $L_{H,bridge,i} + 10$ dB.

Se recomienda que, por norma general, se verifique in situ en cada caso la aplicabilidad de esta corrección adicional por puente metálico.

4.8. Otros focos

Pueden existir otros focos de ruido asociados a la actividad ferroviaria, como el ruido producido por el estacionamiento de material móvil con los motores encendidos, los silbatos, la megafonía de las estaciones, etc. El análisis de estas fuentes no es objeto del presente documento.

Según el método CNOSSOS estas fuentes se podrán tratar como fuentes acústicas industriales (fuentes acústicas fijas).

Por otra parte, en el caso concreto del estacionamiento de material rodante con el motor funcionando al ralentí durante más de media hora, se podrá aplicar lo definido por CNOSSOS para este tipo de focos de ruido.

5. CÁLCULO DE NIVELES MÁXIMOS

Lo expuesto hasta ahora en esta guía se refiere al cálculo del nivel de emisión sonora continuo equivalente (L_{eq}).

El método CNOSSOS, tal y como ocurría con el método SRMII de los Países Bajos, no establece un criterio para el cálculo de valores máximos.

No obstante, con objeto de homogeneizar la obtención del L_{max} en los estudios acústicos que se realizan para las infraestructuras de ADIF y ADIF AV, se deberá seguir la metodología que se define a continuación, y que se basa en forzar las circulaciones para que el nivel de emisión sonora continuo equivalente (L_{eq}) del tramo objeto de estudio, sea igual a la emisión en valores máximos del tipo de tren que genere los valores máximos más elevados.

Para ello será preciso seguir los siguientes pasos:

- **Paso 1: Determinar el tren que produce la emisión máxima de la línea en cada tramo.**

Partiendo de la tramificación de los ejes realizada para el cálculo de niveles equivalentes, se identificará en cada tramo el tipo de tren que, en las condiciones de velocidad de circulación empleadas para el cálculo, genera los niveles globales máximos más elevados. Esta evaluación se realizará para cada uno de los periodos, determinando en cuál de ellos se produce el valor más alto.

Para ello, se empleará la tabla siguiente que presenta los niveles globales máximos, a una distancia de 25 metros y una altura de 4 m, para cada tipo de servicio, en unos rangos de velocidades de referencia.

Tabla 9. Datos de referencia para la obtención del L_{max}

	L_{Amax} dBA (25m distancia, 4m altura)					
	50 km/h	100 km/h	150 km/h	200 km/h	250 km/h	300 km/h
Larga Distancia	70	76	80	84	86	90

	L_{Amax} dBA (25m distancia, 4m altura)					
	50 km/h	80 km/h	100 km/h	120 km/h	140 km/h	160 km/h
Mercancías	78	85	87	-	-	-
Regionales y Cercanías	75	82	84	85	86	87
S-465 / S-449	64	71	76	80	82	84

Fuente: ADIF -Alta Velocidad- Subdirección de Medio Ambiente

Cuando la velocidad empleada en la modelización del tramo (v) no se corresponda con la velocidad de referencia de la tabla, se extrapolará el dato de la tabla, empleando la velocidad superior más cercana (v_{ref}) de acuerdo con la siguiente fórmula, estableciendo así el nivel máximo a la velocidad de circulación.

$$L_{max}(v) = L_{max}(v_{ref}) + 30 \cdot \log(v/v_{ref}) \quad (1)$$

- **Paso 2: Definir la emisión de la línea en el método CNOSSOS para cada tramo.**

Para el tipo de tren que haya resultado más ruidoso en el periodo horario más desfavorable (día, tarde o noche), se ajustará el parámetro de número de trenes a la hora, Q , de tal forma que en el punto de referencia (a 25m de distancia y a 4m de altura en campo libre) se obtenga un nivel equivalente (L_{eq}) igual al valor máximo obtenido en el paso anterior (L_{max}).

En caso de vías de doble eje, para la evaluación del cumplimiento de los de valores límites se distribuirá el tráfico obtenido, Q /hora, en los dos ejes y se calcularán los dos ejes al mismo tiempo. Sin embargo, para los cálculos necesarios para definir medidas correctoras (dimensionamiento de pantallas acústicas), se realizarán dos cálculos separados con el tráfico, Q /hora, en cada uno de los ejes, seleccionando en cada punto receptor el valor más alto de los resultados de los dos cálculos.

- **Paso 3: Cálculo de mapas (isófonas) y niveles en fachada (puntos de recepción)** de todo el ámbito de estudio con las emisiones fijadas por tramo, teniendo en cuenta los dos pasos anteriores.

6. USO DE PROGRAMAS DE CÁLCULO

En la práctica, esta guía de uso del método CNOSSOS para la modelización del ruido producido por las circulaciones ferroviarias de ADIF y ADIF AV, se aplicará por medio de programas de cálculo de acústica ambiental.

En este sentido, ADIF AV se pone a disposición de todos los desarrolladores de programas de cálculo para facilitar una librería con las bases de datos que recogen la caracterización acústica de todos los tipos de trenes que circulan por las líneas de ADIF y ADIF AV. En ella, se define la composición de cada tren, su número de ejes y el vínculo a los espectros de cada parámetro definido por CNOSSOS para el cálculo de su emisión acústica.

En la base de datos, cada tipo de tren está nombrado con la denominación presentada en el apartado 4.3.1 de esta guía para permitir su identificación.

Se recomienda que los usuarios de los programas de cálculo utilicen esas librerías oficiales y no creen sus propias tipologías de trenes para reducir las posibilidades de error en la interpretación de la guía de uso del método.

En cuanto a la caracterización acústica de la infraestructura, el usuario deberá seleccionar, como dato de entrada al modelo, los valores que se correspondan para los parámetros de rugosidad de vía y de función de transferencia de carril, de acuerdo con las descripciones establecidas en la Tabla 6 de esta guía, apartado 4.3.2.

Para finalizar, cabe subrayar la importancia de verificar, antes de realizar cálculos con el método CNOSSOS, que el método está correctamente implementado en el programa informático de cálculo de ruido ambiental, considerando los documentos oficiales que lo describen: la Directiva 2015/996 y la Directiva Delegada 2021/1226.

De acuerdo con la legislación actual, son las empresas desarrolladoras de los programas las responsables de emitir los certificados correspondientes en base a la ISO/TR 17534 *Acoustics – Software for the calculation of sound outdoors – Part 4: Recommendations for quality assured implementation of CNOSSOS EU calculation methods in software according to ISO 17534-1*.

Para cualquier duda, aclaración o solicitud de información relativa a la presente guía pueden dirigirse a la Subdirección de Medio Ambiente de ADIF AV a través del siguiente correo electrónico medioambiente@adif.es