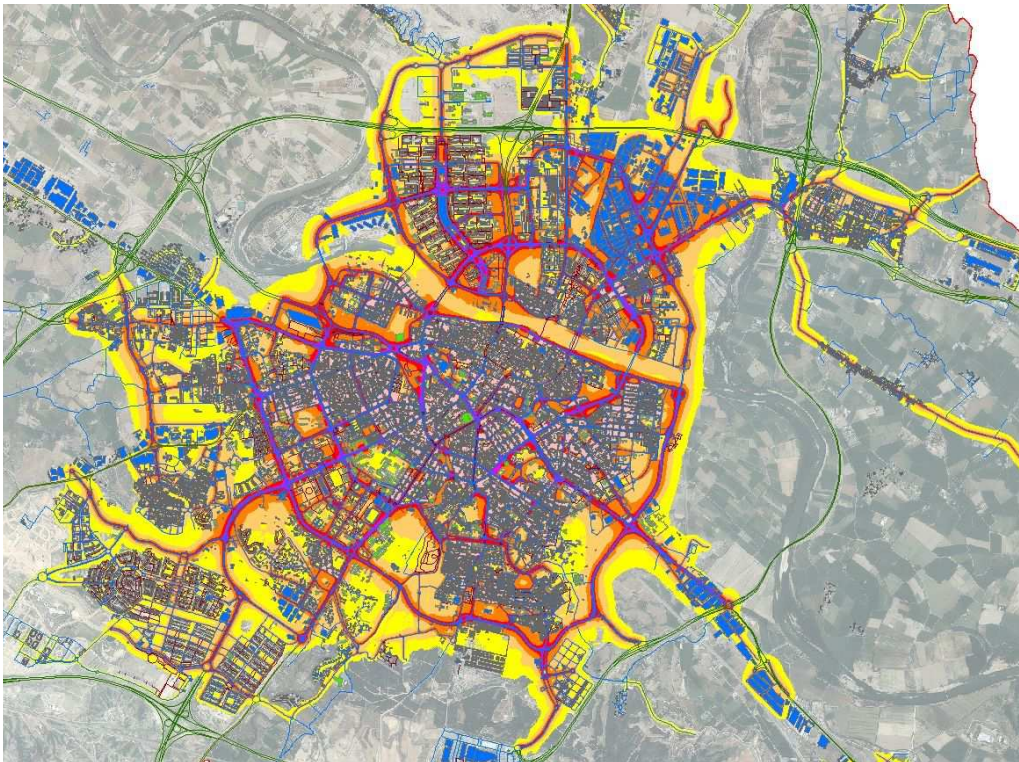


Anexo 4. Estudio Método CNOSSOS-EU



Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Zaragoza. Viales Urbanos

ÍNDICE

1. OBJETIVOS	3
2. DESARROLLO /RESULTADOS.....	3
2.1 Clasificación de vehículos:	3
2.2 Análisis del efecto de las pendientes del eje.....	28
2.3 Análisis del efecto del tipo de pavimento	35
3. CONCLUSIONES	37

1.OBJETIVOS

Los objetivos del presente documentos es llevar a cabo el análisis de las necesidades y las consecuencias de la utilización del nuevo método de cálculo CNOSSOS-EU respecto al método de cálculo francés.

La Directiva 2015/996 establece los métodos comunes de evaluación del ruido ambiental, cuya utilización será vinculante a partir del 31 de Diciembre de 2018. Esto supone que los MER de la fase 4^a, previstos para el año 2022 deberán realizarse con este método.

Por ello, se considera de máximo interés analizar por adelantado las consecuencias de este cambio, realizando un análisis comparativo con el método francés, tanto en cuanto a datos de entrada, como en los resultados obtenidos.

El análisis se centra en analizar las necesidades de datos de entrada, cuantificar su impacto en el resultado final y proponer formas de resolverlo.

2.DESARROLLO /RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos referentes a la tarea de la comparativa del método francés y el método CNOSSOS-EU.

La Directiva establece que la incertidumbre asociada a cada dato de entrada se mantenga en 2 dB, considerando como tal el efecto exclusivo de cada uno de los datos de entrada en el resultado final del cálculo del Mapa Estratégico de ruido (valores Lden y Lnoche).

Los cambios identificados en el método de CNOSSOS, referidos a la consideración de los datos de entrada respecto al método interino son los siguientes:

2.1 Clasificación de vehículos:

El método CNOSSOS define 4 categorías de vehículos. Así, añade la categoría de vehículos de dos ruedas, divididos en dos subcategorías, y distingue dos tipos de vehículos pesados.

Cuadro [2.2.a]

Clases de vehículos

Categoría	Nombre	Descripción	Categoría de vehículo en CE Homologación de tipo del vehículo completo (1)
1	Vehículos de motor ligeros	Turismos, camionetas ≤ 3,5 toneladas, todocaminos (2), vehículos polivalentes (3), incluidos remolques y caravanas	M1 y N1
2	Vehículos pesados medianos	Vehículos medianos, camionetas > 3,5 toneladas, autobuses, autocaravanas, entre otros, con dos ejes y dos neumáticos en el eje trasero	M2, M3 y N2, N3
3	Vehículos pesados	Vehículos pesados, turismos, autobuses, con tres o más ejes	M2 y N2 con remolque, M3 y N3
4	Vehículos de dos ruedas	4a Ciclomotores de dos, tres y cuatro ruedas	L1, L2, L6
		4b Motocicletas con y sin sidecar, triciclos y cuatriciclos	L3, L4, L5, L7
5	Categoría abierta	Su definición se atenderá a las futuras necesidades	N/A

(1) Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de septiembre de 2007 (DO L 263 de 9.10.2007, p. 1) por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.

(2) Todocaminos.

(3) Vehículos polivalentes.

Cabe destacar que el método francés solamente contempla dos categorías de vehículos (ligeros y pesados), mientras que el método CNOSSOS ofrece la posibilidad de simular 5 tipologías de vehículos. Cabe destacar que en el método CNOSSOS, la categoría de pesados se divide en dos tipologías de vehículos, la categoría 2 que representa (vehículos pesados medianos) y la categoría 3 que representa (vehículos pesados pesados).

Comparativa Categorías vehículos

Método francés (2 categorías)

Método CNOSSOS (5 categorías)

Estudio previo de la emisión en CNOSSOS.

El cálculo de emisión en CNOSSOS se lleva a cabo mediante la suma energética de la potencia acústica generada debido al efecto del contacto rueda-pavimento y fuerza propulsora del motor.

En las categorías 1, 2 y 3 se tienen en cuenta tanto el ruido de rodadura como el de propulsión que en la categoría 4 solamente se tiene en cuenta el de propulsión.

Potencia acústica Rodadura. Contacto rueda-pavimento	Potencia acústica propulsión. Fuerza propulsión motor.
$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \times \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WR,i,m}$	$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} \times \frac{(v_m - v_{ref})}{v_{ref}} + \Delta L_{WP,i,m}$

Los coeficientes A y B son diferentes para cada banda de octava y tipología de vehículo. El coeficiente final de la ecuación hace referencia a la suma de las contribuciones de los diferentes parámetros que contribuyen en la emisión, tanto de la potencia de rodadura como de la de propulsión.

Los parámetros a tener en cuenta en el cálculo de la potencia acústica en **rodadura** son; propiedades del pavimento, el uso o no de rueda con clavos, intersecciones con semáforo o rotonda y corrección debido a la temperatura.

Los parámetros a tener en cuenta en el cálculo de la potencia acústica en **propulsión** son; propiedades del pavimento, pendientes en asfalto y aceleraciones y deceleraciones de los vehículos en las intersecciones.

En un análisis previo de los cambios de emisión debido al cambio del parámetro de velocidad del vehículo se obtiene lo siguiente:

- *Categoría 1. Vehículo Ligero*

A continuación se observan los cambios en emisión debido al cambio de velocidad en vehículos ligeros. Se observan que los cambios en rodadura son mayores que en propulsión.

Velocidad	LWR	LWP	Diferencias en rodadura	Diferencias en propulsión
30	87,4	87,3		
40	91,6	88,4	4,2	1,1
50	94,8	89,5	3,3	1,1

60	97,5	90,7	2,7	1,1
70	99,8	91,5	2,3	0,8
80	101,8	92,6	2,0	1,1
90	103,5	94,1	1,7	1,4
100	105,1	94,5	1,6	0,5
110	106,5	95,8	1,4	1,3
120	107,8	97,0	1,3	1,2

- *Categoría 2. Vehículo Pesados Medianos*

En vehículo pesado medio se observa que contribuye más el ruido de propulsión que el ruido de rodadura para bajas velocidades (30km/h-80km/h). Las diferencias se mantienen constantes, en torno a 1dB para el ruido de propulsión, mientras que para el de rodadura oscilan de entre (0,3 -2dB).

Velocidad	LWR	LWP	Diferencias en rodadura	Diferencias en propulsión
30	89,2	98,4		
40	92,8	99,3	3,6	0,9
50	95,6	100,3	2,8	1,0
60	98,3	101,2	2,7	0,9
70	100,0	102,1	1,7	0,9
80	101,7	103,0	1,8	0,9
90	103,3	103,9	1,6	0,9
100	104,7	104,9	1,4	0,9
110	106,0	105,8	1,3	0,9
120	107,1	106,7	1,2	0,9

- *Categoría 3. Vehículo Pesados*

En vehículo pesado medio se observa que contribuye más el ruido de propulsión que el ruido de rodadura para bajas velocidades (30km/h-80km/h). Las diferencias en niveles de emisión debido a la rodadura oscilan entre (1.8dBA y 3.8dBA). Las diferencias para el ruido de propulsión, se mantienen constantes, y son menores a 1dB.

Velocidad	LWR	LWP	Diferencias en rodadura	Diferencias en propulsión
30	92,2	101,3		
40	96,0	102,0	3,8	0,7
50	99,0	102,8	3,0	0,8
60	101,4	103,4	2,4	0,7
70	103,5	104,1	2,1	0,7
80	105,3	104,8	1,8	0,7
90	106,9	105,5	1,6	0,7
100	108,4	106,2	1,5	0,7
110	109,7	106,9	1,3	0,7
120	110,9	107,6	1,2	0,7

- *Categoría 4 Vehículos de dos ruedas*

La categoría 4 no considera el ruido de rodadura en el cálculo total de la emisión.

- *Categoría 4a. Ciclomotores de dos o tres ruedas*

En ciclomotores de dos o tres ruedas se observan diferencias de entorno a los 2.6dBA, en todos los incrementos de velocidad.

Velocidad	LWR	LWP	Diferencias en rodadura	Diferencias en propulsión
30		92,9		
40		95,3	0,0	2,5
50		97,8	0,0	2,5
60		100,4	0,0	2,5
70		102,9	0,0	2,5
80		105,5	0,0	2,6
90		108,1	0,0	2,6
100		110,7	0,0	2,6

110	113,3	0,0	2,6
120	116,0	0,0	2,7

- *Categoría 4b. Motocicletas con y sin sidecar; triciclos y cuatriciclos*

En motocicletas de la categoría 4b el cambio de velocidad genera unos cambios en propulsión constate de 1.7dBA y menor que el generado en las motocicletas de categoría 4^a.

Velocidad	LWR	LWP	Diferencias en rodadura	Diferencias en propulsión
30		92,7		
40		94,4	0,0	1,7
50		96,0	0,0	1,7
60		97,7	0,0	1,7
70		99,4	0,0	1,7
80		101,1	0,0	1,7
90		102,7	0,0	1,7
100		104,4	0,0	1,7
110		106,1	0,0	1,7
120		107,8	0,0	1,7

Análisis de categorías de vehículos.

El método CNOSSOS permite la distribución de vehículos pesados de tres formas diferentes. Se pueden asignar el 100% de los pesados a la categoría 2 o a la categoría 3, o se pueden repartir entre las dos categorías.

En este punto se lleva a cabo una evaluación de las diferencias entre las diferentes distribuciones de pesados sin tener en cuenta el flujo de ligeros. Este análisis se lleva a cabo en el siguiente capítulo, en 3 ejes con diferentes flujos tanto de ligeros como de pesados.

La emisión se ha obtenido con el mismo número de vehículos 1000, con la misma velocidad pero distribuidos en las 3 posibilidades que ofrece el método.

A continuación se evalúan las posibles diferencias en emisión en las diferentes distribuciones:

Medium Heavy Cat2	Heavy Vehículos Cat3	Emisión carretera CNOSSOS	Comparativa	Diferencias en emisión	Emision Pesados R96
1000	0	85.7	Categoría 3 respecto a categoría 2	2,6	92.6
			Mixto respecto a categoría 2	1,5	
0	1000	88.4	Categoría 3 respecto a mixto	1,2	92.6
			Categoría 3 respecto a categoría 2	2,7	
500	500	87.2	Mixto respecto a cat2 y cat3	1,5 1,2	92.6

Tabla 1. Diferencias en la distribución de pesados

Tal y como se observa en la tabla 1, existe una diferencia en emisión de 2,6dBA, entre distribuir los vehículos pesados en categoría 2 o en categoría 3, o de 1.5dBA entre distribuir los vehículos pesados entre la categoría 2 y el mix.

En la tabla 1 se incluyen las diferencias entre la emisión en CNOSSOS y R96, para vehículos pesados, siendo

- la mayor diferencia de 6.9 dBA, si se asignan los pesados a la categoría 2,
- de 5.4 dBA si se distribuyen en un mix de vehículos pesados, y
- de 4.2 dBA si se asignan todos los pesados a la categoría 3.

Por tanto, se observa que la incertidumbre asociada al dato de entrada es mayor que los 2 dBA. Teniendo en cuenta a que el flujo de tráfico no depende solamente de los vehículos pesados, a continuación se analiza el efecto de los mismos junto a vehículos ligeros.

Se lleva a cabo el mismo análisis introduciendo flujo de ligeros a 120 Km/h y pesados a 70 km/h:

Ligeros Cat1	Medium Heavy Cat2	Heavy Vehículos Cat3	Emisión carretera CNOSSOS	Diferencias en emisión
5000	1000	0	95,6	0,4
				0,2

5000	0	1000	96	0,4
				0,2
				0,4
5000	500	500	95.8	0,2

En cuanto se introduce un flujo de vehículos ligeros las diferencias se reducen considerablemente. Para analizar los resultados obtenidos en la tabla anterior, se lleva a cabo un análisis en tres ejes de carreteras con diferencias en el % de vehículos pesados en el eje.

Para poder analizar el comportamiento de los flujos totales de tráfico, pesados y ligeros con datos reales de ejes de carreteras, se seleccionan tres ejes con diferentes condiciones de presencia de pesados en la distribución de tráfico:

- Eje 1, representativo de condiciones medias de presencia de pesados,
- Eje 2, en el que la presencia de pesados sea muy elevada y
- Eje 3, en que tenga escasa incidencia.

Los tramos elegidos para llevar a cabo el análisis de la contribución en emisión de las diferentes posibilidades de distribución de los pesados son:

Tipo Eje	IMD	%PESADOS	Velocidad
Eje 1.	12756	23	Ligeros 120km/h
			Pesados 70km/h
Eje 2.	30.100	44	Ligeros 120km/h
			Pesados 70km/h
Eje 3.	22.152	2	Ligeros 90km/h
			Pesados 80km/h

Para cada tramo de carretera, se lleva a cabo un análisis comparativo de la emisión acústica, entre el método francés y CNOSSOS-EU, considerando los parámetros definidos anteriormente.

Se analizan los datos de tipología de pesados que circulan por una autopista en que se conoce la distinción por número de ejes y estos datos sirven para realizar una propuesta de distribución en las dos categorías de pesados de CNOSSO-EU.

Para comprobar los cambios en emisión por la introducción del número de pesados en las diferentes categorías de pesados (medium o heavy) o repartiéndolos en cada categoría diferente (medium y heavy) se lleva a cabo para cada eje el cálculo con la distribución en cada una de las tres posibilidades.

Cabe destacar que el dato de emisión global calculado en los dos métodos (R96-método francés, CNOSSOS) es diferente, mientras que el R96 da el dato de nivel de presión a 10 m del eje, en CNOSSOS directamente saca la potencia acústica de emisión del flujo de tráfico.

Resultados Eje 1

Es un eje representativo de condiciones medias de presencia de pesado y tiene los siguientes datos asociados al flujo de vehículos.

Tipo Eje	IMD	%PESADOS	Ligeros	Pesados	Velocidad
Eje 1.	12756	23	9822	2934	Ligeros 120km/h Pesados 70km/h

El resultado recopilado en la tabla 1 incluye los siguientes análisis llevados a cabo:

- Implementación de la formulación y cálculo teórico de los niveles de cada categoría de vehículo a una velocidad dada.
- Cálculo teórico de la emisión total teniendo en cuenta las diferentes categorías.
- Distribución de los vehículos pesados asignados al eje en las diferentes posibilidades que ofrece el método CNOSSOS (100% a CAT2, 100% a CAT3 y 50% a cada una de las categorías).
- Cálculo de la emisión utilizando el método CNOSSOS implementado en el modelo de predicción IMMI 2016.
- Implementación de la formulación del método francés R96 en Excel.
- Cálculo de la emisión del flujo de vehículos de cada categoría utilizando las fórmulas implementadas.
- Cálculo de la emisión del flujo de vehículos utilizando el método francés de IMMI.

En la siguiente tabla se muestran los cálculos de todos los niveles de emisión. Estos datos de emisión se presentan por cada categoría de vehículo, por el mix de flujos de los vehículos, calculados teóricamente y calculados por el modelo, en los dos métodos, el francés y CNOSSOS.

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Crossos
Eje 1 Cat1 y Cat2 Crossos Excel	9822 Ligeros 120km/h Lw,1 (97,3 dBA)	2934 Pesados 70km/h Lw,2 (90,4dBA)	0 Pesados 70km/h Lw,3 0	Lw (98,2 dBA)
Resultado IMMI CNOSSOS	Lw 98,1 dBA	Lw 90,6 dBA	0 Pesados 70km/h Lw,3 0	Lw 98,8 dBA
Resultado IMMI R96	Ligeros Leq 78,5 Lw 98,5dBA	Pesados Leq 77,3 Lw 97,3dBA	0 Lw,3 0	Leq 80,9 dBA Lw 100,9 dBA
Resultado Excell R96	Ligeros Leq 78,7 Lw 98,7dBA	Pesados Leq 77,5 Lw 97,5dBA	0 Lw,3 0	Leq 81,2 dBA Lw 101,2 dBA

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Global
Eje 1 Ligeros y Categoría 3 Excel Cno	9822 Ligeros 120km/h Lw,1 (97,3 dBA)	0 Pesados 70km/h Lw,2 0	2934 Pesados 70km/h Lw,3 93dBA	Lw (98,7 dBA)
Resultado IMMI CNOSSOS	CAT1 Lw 98,1 dBA	CAT2 Lw,2 0	CAT 3 Lw,3 93,2	Lw 98,8 dBA
Resultado IMMI R96	Ligeros Leq 78,5 Lw 98,5dBA	0 Pesados 70km/h Lw,2 0	Pesados Leq 77,3 Lw 97,3dBA	Leq 80,9 dBA Lw 100,9 dBA
Resultado Excell R96	Ligeros Leq 78,7 Lw 98,7dBA	0	Pesados Leq 77,5 Lw 97,5dBA	Leq 81,2 dBA Lw 101,2 dBA

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Global
Eje 1. Ligeros 50 % Cat2 50 % Cat3	9822 120km/h Lw,1 97,3	1467 70km/h Lw,2 87,5	1467 70km/h Lw,3 90.2	Lw 98,4dBA
Resultado IMMI CNOSSOS	9822 Ligeros 120km/h Lw,1 (98.1 dBA)	1467 Pesados 70km/h Lw,2 (87,4 dBA)	1467 Pesados 70km/h Lw,3 (90.2 dBA) Mix Lw 92dBA	Lw (99 dBA)
Resultado IMMI R96	Ligeros 120km/h Leq 78,5 dBA Lw 98,5 dBA	Pesados 70km/h Leq 77,3dBA Lw 97,3 dBA	0	Leq 80,9dBA Lw 100,9dBA
Resultado Excell R96	Ligeros 120km/h Leq 78,7 dBA Lw 98,7dBA	Pesados 70km/h Leq 77,5 dBA Lw 97,5dBA	0	Leq 81,1 dBA Lw 101,1 dBA

Comparativa entre los diferentes métodos de cálculo

En la comparativa de las emisiones de las diferentes categorías, calculadas teóricamente frente a las calculadas por el modelo se observan las siguientes diferencias:

- Emisión independiente de vehículos ligeros 1 dBA, siendo esta menor en CNOSSOS.
- Emisión independiente de vehículos pesados entre cat2 y cat3 0,3 dBA y 0.2 dBA respectivamente, siendo mayor la calculada por el software IMMI 2016.
- En el resultado de emisión global calculado por diferentes mixes de vehículos oscila entre los 0,4 y 0,7 dBA, siendo mayor la emisión calculada por el software IMMI2016.

Comparativa pesados en CNOSSOS entre categorías

Se observa que existen diferencias en la emisión de los pesados en las diferentes distribuciones utilizando el método CNOSSOS. Las diferencias de distribuir todos los pesados a la categoría 2 o a la categoría 3 es de en torno a 3 dBA, siendo la categoría 3 la de mayor emisión. Las diferencias en la emisión del mix 50% cat2 y 50% cat3 94,7dBA respecto a las otras dos categorías es de entorno a los 1,5 dBA.

Vehículos	Emisión individual CNOSSOS	Emisión global CNOSSOS	Emisión individual R96	Emisión global R96
LIGEROS	97,3 dBA		98.5dBA	
PESADOS-CAT2	90,6 dBA	98,8 dBA	97.3 dBA	100.9 dBA
PESADOS-CAT3	93 dBA	98.8 dBA	97.3 dBA	100.9 dBA
PESADOS-MIX (50%CAT2 Y 50% CAT3)	94,4 dBA	99 dBA	97.3 dBA	100.9 dBA

Las diferencias entre las diferentes distribuciones de pesados en la columna emisión global, son desde 1.4 a 3.4dBA. Cuando el flujo de vehículos es el mix entre los ligeros y la diferente distribución de pesados las diferencias en la emisión global CNOSSOS se reducen a 0.2dBA.

Todo pesados médium CNOSSOS frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son muy altas de 6.7 dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 1.2 dBA.

Todo pesados heavy CNOSSOS frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son altas de 2.9 dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 2.1 dBA.

Mix pesados médium y pesados heavy frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son altas de 3.8dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 1 dBA.

Todo flujo de vehículos CNOSSOS frente Método francés

En relación al nivel de emisión global entre ambos métodos cabe destacar que las diferencias oscilan entre 0.2 dBA - 2.1 dBA según la distribución de pesados utilizada, siendo el método francés el que mayor niveles de emisión calcula entre ambos métodos.

Resultados Eje 2

Este eje es representativo de condiciones altas de presencia de pesado y tiene los siguientes datos asociados al flujo de vehículos.

Tipo Eje	IMD	%PESADOS	Ligeros	Pesados	Velocidad
Eje 2.	30.100	44	16856	13244	Ligeros 120km/h
					Pesados 70km/h

El resultado recopilado en la tabla incluye los siguientes análisis llevados a cabo:

- Implementación de la formulación y cálculo teórico de los niveles de cada categoría de vehículo a una velocidad dada.
- Calculo teórico de la emisión total teniendo en cuenta las diferentes categorías.
- Distribución de los vehículos pesados asignados al eje en las diferentes posibilidades que ofrece el método Cnossos (100% a CAT2, 100% a CAT3 y 50% a cada una de las categorías).

- Calculo de la emisión utilizando el método CNOSSOS implementado en el modelo de predicción IMMI 2016.
- Implementación de la formulación del método francés R96 en excell.
- Calculo de la emisión del flujo de vehículos de cada categoría utilizando las formulas implementadas.
- Calculo de la emisión del flujo de vehículos utilizando el método francés de IMMI.

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Global
Eje 2 Ligeros y Categoría 2 Excel CNOSSOS	16856 120km/h Lw,1 (99,6 dBA)	13244 70km/h Lw,2 (96.9 dBA)	0 Pesados 70km/h Lw,3 0	Lw 101.5dBA
Resultado IMMI CNOSSOS	Lw,1 100,4dBA	Lw,2 97.1dBA	0 Lw,3 0	Lw 101,5dBA
Resultado IMMI R96	Ligeros 16856 120km/h Leq 80.8 Lw 100.8	Pesados 13244 70km/h Leq 83.8 Lw 103.8	0 Lw,3 0	Leq 85.6dBA Lw 105.6dBA
Resultado Excell R96	Ligeros 16856 120km/h Leq 81dBA Lw 101 dBA	Pesados 13244 70km/h Leq 84dBA Lw 104dBA	0 Lw,3 0	Leq 85,7dBA Lw 105,7dBA

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Global
Eje 2 Ligeros y Categoría 3 Excel CNOSSOS	16856 Ligeros 120km/h Lw,1 (99.6 dBA)	0 Pesados 70km/h Lw,2 0	13244 Pesados 70km/h Lw,3 (99.6 dBA)	Lw (103,1 dBA)
Resultado IMMI CNOSSOS	Lw,1 (100.4 dBA)	Lw,2 0	Lw,3 (99,8 dBA)	Lw 103,1dBA
Resultado IMMI R96	Ligeros 16856 120km/h Leq 80.8 Lw 100.8	0	Pesados 13244 70km/h Leq 83.8 Lw 103.8	Leq 85.6dBA Lw 105.6dBA
Resultado Excell R96	Ligeros 16856 120km/h Leq 81dBA Lw 101 dBA	Pesados 13244 70km/h Leq 84dBA Lw 104dBA	0 Lw,3 0	Leq 85,7dBA Lw 105,7dBA

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Global
Eje 2 Ligeros y Categoría 2 Excel CNOSSOS	16856 120km/h Lw,1 (99,6 dBA)	6622 Pesados 70km/h Lw,2 (93,1 dBA)	6622 Pesados 70km/h Lw,3 (96.6 dBA)	Lw 102 dBA
Resultado IMMI CNOSSOS	Lw,1 100,4dBA	Lw,2 (94,1 dBA)	Lw,3 (96.8 dBA) MIX Lw 98,2 dBA	Lw 102,6dBA
Resultado IMMI R96	Ligeros 16856 120km/h Leq 80.8 Lw 100.8	Pesados 13244 70km/h Leq 83.8 Lw 103.8 0		Leq 85,6 dBA Lw 105,6 dBA
Resultado Excell R96	Ligeros 16856 120km/h Leq 81dBA Lw 101 dBA	Pesados 13244 70km/h Leq 84dBA Lw 104dBA		Leq 85,7dBA Lw 105,7dBA

A continuación se muestra una tabla resumen:

Vehículos	Emisión individual	Emisión global CNOSSOS	Emisión individual R96	Emisión global R96	Diferencias Emisiones globales	
LIGEROS	100,4dBA		100.8 dBA		0.4 dBA	
PESADOS-CAT2	97.1dBA	101,5dBA	103.8 dBA	105.6 dBA	6.7 dBA	4.1 dBA
PESADOS-CAT3	99.6dBA	103,1dBA	103.8 dBA	105.6 dBA	4.5 dBA	2.5 dBA
PESADOS-MIX (50%CAT2 Y 50% CAT3)	98,2dBA	102,6dBA	103.8 dBA	106.6 dBA	5.6 dBA	4 dBA

Se observa diferencias al igual que en el eje 1 entre las diferentes distribuciones entre pesados. Las diferencias oscilan entre 1 y 2 dBA. En niveles globales de los diferentes distribuciones de pesados y vehículos ligeros las diferencias son de 1.5 dBA y 2.4 dBA frente a la distribución de vehículo ligero y pesados categoría 2.

Todo pesados médium CNOSSOS frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son muy altas de 6.7dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 4.1 dBA.

Todo pesados heavy CNOSSOS frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son muy altas de 4.5 dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 2.5 dBA.

Mix pesados médium y pesados heavy frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son muy altas de 5.6 dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 4dBA.

Diferencias en emisión global R96-CNOSSOS

A continuación se muestran las diferencias entre la emisión global obtenida por el método francés y el método CNOSSOS, con los diferentes mixes de flujo de vehículos.

LIGEROS	0.4 dBA
PESADOS-CAT2	6.7 dBA
PESADOS-CAT3	4.5 dBA
PESADOS-MIX(50%CAT1 Y 50% CAT3)	5.6 dBA

Resultados Eje 3

Este eje es representativo de condiciones bajas de presencia de pesado y tiene los siguientes datos asociados al flujo de vehículos.

Tipo Eje	IMD	%PESADOS	Ligeros	Pesados	Pesados
Eje 3.	22.152	2	21709	443	Ligeros 90km/h Pesados 80km/h

El resultado recopilado en la tabla incluye los siguientes análisis llevados a cabo:

- Implementación de la formulación y cálculo teórico de los niveles de cada categoría de vehículo a una velocidad dada.
- Calculo teórico de la emisión total teniendo en cuenta las diferentes categorías.
- Distribución de los vehículos pesados asignados al eje en las diferentes posibilidades que ofrece el método Cnossos (100% a CAT2, 100% a CAT3 y 50% a cada una de las categorías).
- Calculo de la emisión utilizando el método CNOSSOS implementado en el modelo de predicción IMMI 2016.
- Implementación de la formulación del método francés R96 en excell.
- Calculo de la emisión del flujo de vehículos de cada categoría utilizando las formulas implementadas.
- Calculo de la emisión del flujo de vehículos utilizando el método francés de IMMI.

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Global
Eje 3. Ligeros y Categoría 2 Excel CNOSSOS	21709 Ligeros 90 km/h Lw,1 97,8 dBA	443 Pesados 80km/h Lw,2 82,9 dBA	0 Pesados 80km/h Lw,3 0	Lw 97,9 dBA
Resultado IMMI CNOSSOS	Lw,1 98,5 dBA	Lw,2 83 dBA	0	Lw 98,6 dBA
Resultado IMMI R96	Ligeros Leq 79,4dBA Lw 99,4dBA	Pesados Leq 70,4 dBA Lw 90,4 dBA	0	Leq 79,9dBA Lw 99,9 dBA
Resultado Excell 96	Ligeros Leq 79,5 Lw 99,5 dBA	Pesados Leq 70,4 Lw 90,4dBA	0	Lw 98,6 dBA

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Global
Eje 3. Ligeros y Categoría 3 Excel CNOSSOS	21709 Ligeros 90 km/h Lw,1 97,8dBA	0 Pesados 80km/h Lw,2 0	443 Pesados 80km/h Lw,3 85,5dBA	Lw 98,7 dBA
Resultado IMMI CNOSSOS	Lw 98,5 dBA	0	Lw 85,7 dBA	Lw 98 dBA

Resultado IMMI R96	Ligeros Leq 79,4dBA Lw 99,4dBA	0	Pesados Leq 70,4 dBA Lw 90,4 dBA	Leq 79,9dBA Lw 99,9 dBA
Resultado Excel R96	Ligeros Leq 79,5 Lw 99,5 dBA	0	Pesados Leq 70,4 Lw 90,4dBA	Lw 98,6 dBA

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Global
Eje 3. Ligeros 50 % Cat2 50 % Cat3	21709 Ligeros 90 km/h Lw,1 97,8 dBA	221 Pesados 80km/h Lw,2 79,2dBA	221 Pesados 80km/h Lw,3 81,8dBA	Lw 97,9 dBA
Resultado IMMI CNOSSOS	Lw 98,5 dBA	Lw 80 dBA	Lw 82,7 dBA <i>Mix pesados</i> 83,7dBA	Lw 98,7 dBA
Resultado IMMI R96	Ligeros Leq 79,4dBA Lw 99,4dBA	0	Pesados Leq 70,2 dBA Lw 90,2 dBA	Leq 79,8dBA Lw 99,8 dBA
Resultado Excel R96	Ligeros Leq 79,4 dBA Lw 99,4 dBA	Pesados Leq 70,3dBA Lw 90,3dBA	0	Leq 79,9dBA Lw 99,9dBA

En la siguiente tabla se observan los niveles de emisión en CNOSSOS por cada categoría individual y los niveles de emisión del flujo de vehículos, es decir, en todas las emisiones globales se tiene en cuenta el flujo de vehículos ligeros.

Vehículos	Emisión individual	Emisión global
LIGEROS	98,5	
PESADOS(CAT2)	83	98,6
PESADOS(CAT3)	85,7	98,7
PESADOS-MIX (50%CAT2 Y 50% CAT3)	83,7	98,7

Las diferencias encontradas entre las posibles distribuciones de vehículos pesados en el flujo total de vehículos que discurren por el eje oscilan entre los 0,7 dBA y 2,7 dBA.

En emisión global no se aprecian diferencias. Cabe destacar que la diferencia entre emisión del flujo de vehículos ligeros es mayor a 10 dBA, en este caso, por lo que la distribución de vehículos pesados no contribuye al nivel global.

Vehículos	Emisión individual	Emisión global CNOSSOS	Emisión individual R96	Emisión global R96
LIGEROS	98,5		99.4	
PESADOS-CAT2	83	98,6	90.4	99.9
PESADOS-CAT3	85,7	98,7	90.4	99.9
PESADOS-MIX (50%CAT2 Y 50% CAT3)	83,7	98,7	90.4	99.9

Todo pesados médium CNOSSOS frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son muy altas de 7.4 dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 1.3dBA.

Todo pesados heavy CNOSSOS frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son muy altas de 4.7 dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 1.2 dBA.

Pesados Mix pesados médium y pesados heavy frente Método francés

Se observa que en la comparativa de la emisión individual entre ambos métodos las diferencias son muy altas de 6.7 dBA.

Esta diferencia disminuye en el mix global, siendo la diferencia entre ambos métodos de 1.2 dBA.

Comparativa en emisión global R96-CNOSSOS

A continuación se muestran las diferencias entre la emisión global obtenida por el método francés y el método CNOSSOS, con los diferentes mixes de flujo de vehículos.

Vehículos	Emisión global R96	Emisión global Cnosos
LIGEROS Y PESADOS(CAT2)	Lw 99,9 dBA	Lw 98,6 dBA
LIGEROS Y PESADOS(CAT3)	Lw 99,9 dBA	Lw 98 dBA
LIGEROS Y PESADOS-MIX (50%CAT2 Y 50% CAT3)	Lw 100,1dBA	Lw 98 dBA

En General las diferencias entre ambos métodos en el Eje 3 con las diferentes distribuciones es de 1.5 dBA. En este caso las diferencias son iguales ya que la emisión generada por el flujo de vehículos ligeros contribuye en mayor medida a la emisión global.

Comparativa CNOSSOS vs R96

A continuación se muestra el resumen de los niveles de emisión de la categoría de pesados, en los 3 ejes seleccionados.

	Categoría Vehículo	Eje 1	Eje 2	Eje 3
CNOSSOS	Cat 2	90.6	97.1	83
	Cat 3	93	99.6	85
	Cat 2 y Cat 3	94.4	98.2	83.7
R-96	Pesados	97.3	103.8	90.4

Asimismo, se considerará un cuarto eje en el que se conozca la presencia de vehículos ciclomotores o motocicletas. Cabe destacar que el método francés no incluye categoría de motos, por lo que se analizará las diferencias entre la distribución de las motos en la categoría 4^a, 4b y un mix de las dos.

Resultados Categoría Motocicletas

Se ha elegido un eje para la evaluación de la aportación de motocicletas al flujo total de los vehículos con un % de motos del 5%.

Tipo Eje	IMD	%Motos	Motos	%Ligeros	Ligeros	%Pesados	Pesados	Pesados
Eje 4.	22.278	5	1114	93	20718	2	445	Motos 100km/h

En el presente apartado se lleva a cabo la misma evaluación que en los anteriores pero distribuyendo el 100% de las motos en la categoría 4a, el 100% en la categoría 4b y una distribución del 50% a cada categoría.

Tipo Eje	Categoría 1	Categoría 4a	Categoría 4b	Global
Eje 4	Ligeros 20718 120km/h	CAT4a 1114 100km/h	0 Pesados 70km/h Lw,4b	Lw (101 dBA)
CNOSSOS	Lw,1 (100,5 dBA)	Lw,4b (91,2 dBA)	0	
EXCELL				

Resultado IMMI CNOSSOS	CAT1 Lw 101,3dBA	CAT4a Lw,4a 91 dBA	Motos 4b 0	Lw 101,7 dBA
Eje 4. CNOSSOS EXCELL	Ligeros 20718 120km/h Lw,1 (100,5 dBA)	0	CAT4b 1114 100km/h Lw,4b 84,9	Lw (100,6 dBA)
Resultado IMMI CNOSSOS	CAT1 20718 Lw 101,3dBA	0	CAT4b Lw,4b 84,9dBA	Lw 101,3 dBA
Eje 4. CNOSSOS EXCELL	Ligeros 20718 120km/h Lw,1 (100,5 dBA)	CAT4a 1114 100km/h Lw,4b (91,2 dBA)	CAT4b 1114 100km/h Lw,4b 84,9 dBA	Lw 101 dBA
Resultado IMMI CNOSSOS	CAT1 20718 120km/h Lw,1 101,3dBA	CAT4a 557 100km/h Lw,4a 88,2dBA	CAT4b 557 100km/h Lw,4b 81,9dBA Lw Mix 89.1dBA	Lw 101,5 dBA

Existen diferencias entre repartir las motos en las diferentes alternativas, siendo de 7 dBA, si se reparte todas las motos en la categoría 4a frente a la categoría 4b, y de 2 dBA, si se reparte entre las dos categorías.

2.2 Análisis del efecto de las pendientes del eje

A continuación se definen las diferencias entre ambos métodos de cálculo.

- Método francés

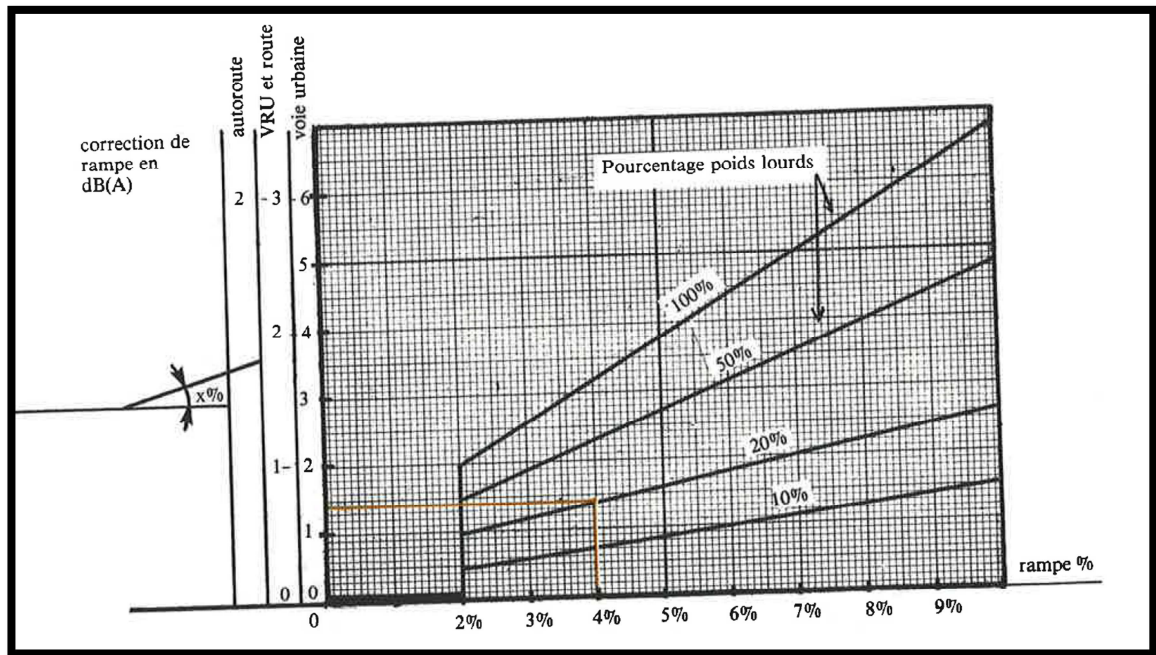
El método francés introduce la corrección de la rampa en la emisión individual del vehículo. Diferencia el efecto en vehículos ligeros y vehículos pesados. En vehículos ligeros el método francés indica que se produce una disminución de la velocidad, en sentido subida, generando fuerte cambio en el régimen del motor. En cambio en rampas descendientes se provoca un aumento de la velocidad. Estos efectos se equilibran pudiendo admitir que el nivel de los vehículos ligeros es poco sensible a los cambios de las rampas.

En cambio para los vehículos pesados encontrarse con una pendiente genera los siguientes efectos.

- Si la pendiente no es muy grande, no se observa aumento en los niveles sonoros Leq, sobre todo si la velocidad base de la vía es importante.
- Si la rampa es mayor al 2%, el Leq aumenta según $10 \cdot \log(V1/V2)$. En este caso normalmente se aumenta aproximadamente en 1dBA la emisión individual del vehículo.

En el caso de vías como las que se analizan en el presente proyecto con una velocidad de circulación de vehículos ligeros entre los 70-120km/h y de 65-90km/h para vehículos pesados los cambios son los siguientes:

- La equivalencia acústica de un vehículo ligero que normalmente a esas velocidades es de 35,5dBA en rampa ascendente se mantiene igual. En cambio, si la rampa es descendente normalmente la velocidad crece de 10 a 20km/h por lo que la emisión sonora del vehículo aumenta de 35,5 dBA a 36,5-37,5dBA.
- La equivalencia acústica de un vehículo pesado que normalmente es de 44dBA, en presencia de una fuerte rampa ascendente, la velocidad aumenta considerablemente pasando la equivalencia de emisión acústica de 44dBA a 46-47dBA.

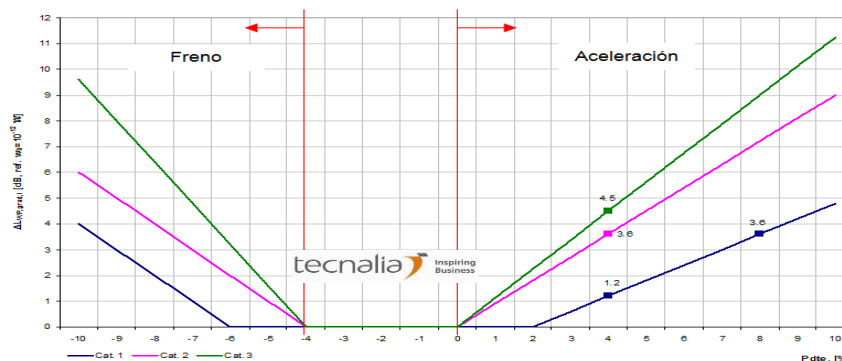


En vías urbanas el método francés indica que para un vehículo ligero una rampa fuerte en subida provoca un aumento de la emisión sonora del vehículo individual de aproximadamente 5dB(A). Para vehículos pesados la emisión sonora puede ascender a 48dBA en rampa hacia arriba y a 47dBA en rampa hacia abajo.

El método francés de cálculo de emisión considera el efecto de la pendiente superior al 2%.

- CNOSSOS

Por su parte, el método CNOSSOS tiene una nueva formulación del efecto de ejes en pendiente, también diferenciada para vehículos ligeros y para cada tipo de pesado. En caso de pendiente positiva el efecto comienza en pendientes superiores a 2% para ligeros y en cualquier pendiente positiva para pesados. En el caso de pendiente negativa, el efecto se aplica para pendientes superiores al 6% para ligeros y de 4% para pesados. El nuevo método CNOSSOS también considera el efecto de aceleración y deceleración. Sin embargo, este efecto está asociado a presencia de cruces (rotondas o semáforos) y no se considera de aplicación a los estudios de ruido de ejes de carreteras de la red foral.



Evolución del factor de corrección, $\Delta L_{WP,grad,i}$ en función de la pendiente, S , para diferentes categorías de vehículos circulando a 90 km/h. (La categoría 4 aplica un factor de corrección nulo).

El método CNOSSOS solamente aplica la corrección por pendiente en la potencia asignada a la propulsión, no al total de la potencia de la fuente. La corrección que se aplica depende del grado de la pendiente y del tipo de vehículo, existiendo dos correcciones por cada categoría de vehículo, que depende de la pendiente establecida.

En el software de predicción acústica, se observan cambios claros por pendiente en el uso del método CNOSSOS mientras que usando el método francés estos no son apreciables.

Suponiendo una pendiente de 12% se obtienen los siguientes resultados:

- Se incrementa en 8dBA la potencia del ruido de propulsión de los vehículos ligeros.
- Se incrementa en 10.8dBA la potencia del ruido de propulsión en vehículos pesados de categoría 2.
- Se incrementa en 13.5dBA la potencia del ruido de propulsión en vehículos pesados de categoría 3.

Para cada tipología de vehículos existen tres correcciones aplicadas, dependiendo de la pendiente:

- Vehículos ligeros: para pendientes mayores que 12% de gradiente la potencia emisora del vehículo como mucho va a aumentar en un 1.6dBA en la emisión total del eje, para una velocidad de 120km/h.
- Vehículos pesados medios: para pendientes mayores de 0% , se obtiene un incremento máximo de la potencia global de 8.1 dBA para una velocidad máxima de 90km/h.
- Vehículos pesados medios: para pendientes mayores de 0%, se obtiene un incremento máximo de la potencia global de 9dBA para una velocidad máxima de 90km/h.

Este estudio se complementará con la selección de un nuevo tramo de eje (Eje nº 5), en el que la pendiente sea elevada, analizándose la aplicación del nuevo método considerando los datos reales de tráfico y analizando las consecuencias combinadas de distribución de tipos de vehículos y de aplicación del efecto de la pendiente en ambas direcciones, es decir tanto subiendo, como bajando.

Para llevar a cabo el estudio del efecto de la pendiente en la emisión se tendrán en cuenta los siguientes tramos de carretera:

Tipo Eje	IMD	%PESADOS	Velocidad
Eje 1.	25.152	23	Ligeros 120km/h
			Pesados 90km/h
Eje 2.	30.100	44	Ligeros 120km/h
			Pesados 90km/h
Eje 5.	10.429	18	Ligeros 120km/h
			Pesados 90km/h

Introduciendo en el modelo tanto en R96, pendiente o no pendiente para el mismo flujo de vehículos y velocidades, se detectan los cambios en recepción.

El método CNOSSOS indica que la corrección se lleva a cabo en emisión, pero no se detecta directamente en ella, se detecta una vez de propagado, en recepción. La corrección por pendiente depende de la velocidad y de la categoría de vehículo.

Resultados Eje 1 (pendiente vs no pendiente)

Para evaluar los posibles efectos de la emisión debido a la pendiente, se lleva a cabo el cálculo en el modelo de cálculo IMMI, introduciendo el mismo eje con el mismo flujo de vehículos y velocidades, con diferentes pendientes.

Tipo Eje	IMD	Ligeros	%PESADOS	Pesados	Velocidad
Eje 1.	25.152	19367	23	5784	Ligeros 120km/h
					Pesados 90km/h

Para llevar a cabo la comparativa, se han llevado a cabo varias operaciones ya que no se detecta la corrección por pendiente directamente en la emisión. En este sentido se ha llevado a cabo un cálculo teórico que ha sido posteriormente validado por el software de predicción acústica.

	Ligeros 0% 19367	Ligeros 12% 19367	Cat 2 0% 5784	Cat 2 12% 5784	Mix 0%	Mix 12%
Lw CNOSSOS IMMI	100.2	101.7	94.7	103.1	101.3	105.5
Lw R96 teórico	101.4	101.4	102.4	104.3	104.9	106.1

En la tabla superior, para el método CNOSSOS, se observan diferencias máximas de 1.5 dBA, en la emisión individual de los vehículos ligeros, entre un terreno con pendiente del 0% y 12%. En los vehículos pesados categoría 2 se observan diferencias de 8.4 dBA. En el mix global existen diferencias de 4.2 dBA, entre 0% de pendiente y 12% de pendiente.

La comparativa entre ambos métodos, se observa que en un mix global entre ambos métodos existe una diferencia de 3.6 dBA, siendo la emisión del método francés mayor que el método CNOSSOS, y de menos de 1 dBA para una pendiente de 12%.

Resultados Eje 2 (pendiente vs no pendiente)

Para evaluar los posibles efectos de la emisión debido a la pendiente, se lleva a cabo el cálculo en el modelo de cálculo IMMI, introduciendo el mismo eje con el mismo flujo de vehículos y velocidades, con diferentes pendientes. Debido a que la casuística es muy alta en la definición de pendientes se ha llevado a cabo el cálculo teniendo en cuenta el máximo de corrección que se puede obtener por el máximo de pendiente definida.

En el método CNOSSOS existe una limitación superior de pendiente para la cual se produce el cambio y este es de 12% de pendiente, si superamos esa pendiente la corrección no será nunca superior a la aportada por la pendiente de 12%.

Tipo Eje	IMD	%PESADOS	Ligeros	Pesados	Velocidad
Eje 2.	30.100	44	16856	13244	Ligeros 120km/h
					Pesados 90km/h

	Ligeros 0% 16856	Ligeros 12% 16856	Cat 2 0% 13244	Cat 2 12% 13244	Mix 0% 102	Mix 12% 107.8
Lw CNOSSOS IMMI	99.6	101.1	98.6	106.7	102	107.8
Lw R96 teórico	101.1	101	105.9	107.9	107	108.7

En la tabla superior, para el método CNOSSOS, se observan diferencias máximas de 1.5dBA, en la emisión individual de los vehículos ligeros, entre un terreno con pendiente del 0% y 12%. En los vehículos pesados categoría 2 se observan diferencias de 8.1 dBA. En el mix global existen diferencias de 5.8 dBA, entre 0% de pendiente y 12% de pendiente.

La comparativa entre ambos métodos, se observa que en un mix global entre ambos métodos existe una diferencia de 5 dBA siendo la emisión del método francés mayor que el método CNOSSOS, y de menos de 1dBA para una pendiente de 12%.

Resultados Eje 5 (pendiente vs no pendiente)

Para evaluar los posibles efectos de la emisión debido a la pendiente, se lleva a cabo el cálculo en el modelo de cálculo IMMI, introduciendo el mismo eje con el mismo flujo de vehículos y velocidades, con diferentes pendientes. Debido a que la casuística es muy alta en la definición de pendientes se ha llevado a cabo el cálculo teniendo en cuenta el máximo de corrección que se puede obtener por el máximo de pendiente definida.

En el método CNOSSOS existe una limitación superior de pendiente para la cual se produce el cambio y este es de 12% de pendiente, si superamos esa pendiente la corrección no será nunca superior a la aportada por la pendiente de 12%.

Tipo Eje	IMD	%PESADOS	Ligeros	Pesados	Velocidad
Eje 5.	10.429	18	8551	1877	Ligeros 120km/h Pesados 90km/h

	Ligeros 0% 10429	Ligeros 12% 10429	Cat 2 0% 13244	Cat 2 12% 13244	Mix 0%	Mix 12%
Lw CNOSSOS IMMI	96.7	98.2	89.8	98.2	97.5	101.5
Lw R96 teórico	97.9	97.9	97.4	99.4	100.7	101.7

En la tabla superior, para el método CNOSSOS, se observan diferencias máximas de 1.5 dBA, en la emisión individual de los vehículos ligeros, entre un terreno con pendiente del 0% y 12%. En los vehículos pesados categoría 2 se observan diferencias de 8.4 dBA. En el mix global existen diferencias de 4 dBA, entre 0% de pendiente y 12% de pendiente.

La comparativa entre ambos métodos, se observa que en un mix global entre ambos métodos existe una diferencia de 3.2 dBA siendo la emisión del método francés mayor que el método CNOSSOS, y de menos de 0.2 dBA para una pendiente de 12%.

Comparativa

Categoría Vehículo	Sin pendiente			Con pendiente			
	Eje 1	Eje 2	Eje 5	Eje 1	Eje 2	Eje 5	
CNOSSOS	Cat 2	94.7	98.6	89.8	103.1	106.7	98.2
	Cat 3	97.4	100.9	92.5	107.5	114.6	102.5
	Cat 2 y Cat 3	96.2	99.8	91.3	105.8	112.2	100.8
R-96	Pesados	99.3	102.9	97.4	101.3	104.9	99.4

Mientras que en el método francés se obtiene una diferencia de 2 dBA entre un vial con y sin pendiente, en CNOSSOS estas diferencias aumentan, ya que el método de entrada establece correcciones mayores en emisión.

Las mayores diferencias se encuentran en aquellas vías donde el % de pesados es alto siendo el método CNOSSOS corrige con mayor emisión que el método francés.

2.3 Análisis del efecto del tipo de pavimento

CNOSSOS incluye una base de datos de pavimentos con los coeficientes que permiten incluir sus características acústicas en el cálculo de ruido de rodadura del eje de carretera. Cabe destacar que su efecto es diferenciado para vehículos ligeros y vehículos pesados, pero es el mismo para las dos categorías de pesados definidas en el método. Lógicamente, no existe efecto para la categoría M4.

Los tipos de pavimentos contemplados en el Cuadro F-4 del método son los siguientes: ZOAB 1 capa; ZOAB 2 capas; ZOAB 2 capas (fino); SMA-NL5 ($v < 80 \text{ km/h}$); SMA-NL8 ($v < 80 \text{ km/h}$); Hormigón con incisiones; Hormigón con incisiones optimizado ($v < 80 \text{ km/h}$); Hormigón cepillado fino; Superficie trabajada; Elementos duros en forma de espiga ($v < 60 \text{ km/h}$); Elementos duros que no presentan forma de espiga ($v < 60 \text{ km/h}$); Elementos duros silenciosos ($v < 60 \text{ km/h}$); Capa fina A; Capa fina B.

El modelo utilizado considera una superficie de carretera virtual promedio formada por hormigón denso (dense alphalt concrete) and Stone mastic asphalt (SMA) de 2 a 7 años de antigüedad, con un mantenimiento correcto.

CNOSSOS utiliza un pavimento virtual de referencia formado por una media de aglomerado asfáltico denso 0/11 y asfalto mezclado con mastic y áridos 0/11, con una antigüedad de 2 a 7 años. Este pavimento no introduce ningún tipo de corrección. El equivalente en el método de cálculo francés sería el Smooth Asphalt ya que no incluye ningún tipo de corrección.

Si utilizo la equivalencia utilizada en la tabla en el método CNOSSOS e introduzco en el modelo el pavimento NL05 SMA-0/8, se produce una reducción de 1.8 dBA.

En caso de utilizar la equivalencia de las tablas se produciría una reducción de 1.8 dBA en cambio si utilizamos el pavimento de referencia no existiría reducción ninguna.

Category	Name	Description	Vehicle category in EC Whole Vehicle Type Approval	NMPB 96 EU Interim method
1	Light motor vehicles	Passenger cars, delivery vans ≤ 3.5 tons, SUVs, MPVs including trailers and caravans	M1 and N1	Light vehicles
2	Medium heavy vehicles	Medium heavy vehicles, delivery vans > 3.5 tons, buses, touring cars, etc. with two axles and twin tyre mounting on rear axle	M2, M3 and N2, N3	Heavy vehicles (50%)
3	Heavy vehicles	Heavy duty vehicles, touring cars, buses, with three or more axles	M2 and N2 with trailer, M3 and N3	Heavy vehicles (50%)
4	Powered two-wheelers	4a mopeds, tricycles or quads ≤ 50 cc	L1, L2, L6	
		4b motorcycles, tricycles or quads > 50 cc	L3, L4, L5, L7	
5	Open category	To be defined according to future needs	N/A	
Road surface correction for light vehicles		Description of the road surface type		
0	Reference	Dense asphalt: concrete 0/11 - 0/16, Stone mastiek asphalt 0/11		
NL01	1-layer ZOAB	porous asphalt		
NL02	2-layer ZOAB	dual-layer porous asphalt		
NL03	2-layer ZOAB (fine)	dual-layer porous asphalt with fine top layer		
NL04	SMA-0/5	Stone mastiek asphalt with stones of maximum 5 mm		
NL05	SMA-0/8	Stone mastiek asphalt with stones of maximum 8 mm		Smooth asphalt (0dB)
NL06	Brushed concrete	Brushed concrete		
NL07	Optimized brushed down concrete	Optimized brushed concrete		
NL08	Fine broomed concrete	Fine broomed concrete surface		Cement concrete and corrugated asphalt (+2)
NL09	Surface treadment	Road surface with extra treadment on the surface		
NL10	Hard elements in herring-bone	Hard clinker elements in herring-bone		Smooth texture paving stones (+3)
NL11	Hard elements not in herring-bone	Hard clinker elements not in herring-bone		Rough texture paving stones (+6)
NL12	Quiet hard elements	Silent elements (clinker stones)		
NL13	Thin layer A	Thin layer low noise asphalt Type A		Porous surface (-1 to -3 dependent upon speed)
NL14	Thin layer B	Thin layer low noise asphalt Type B		

3. CONCLUSIONES

El objetivo del presente anexo ha sido llevar a cabo el análisis de las necesidades y las consecuencias de la utilización del nuevo método de cálculo CNOSSOS-EU respecto al método de cálculo francés.

Los principales cambios analizados han sido las modificaciones en la emisión sonora de los vehículos debido a una nueva clasificación de los mismos, el efecto de las pendientes y el efecto del pavimento.

CNOSSOS-EU define 5 categorías de vehículos respecto a las dos (vehículos ligeros y vehículos pesados) del método de cálculo francés. Esto implicará para la realización de los MER de la fase 4, disponer de unos datos de Entrada adecuados al nuevo método en coordinación con el departamento de movilidad, para establecer esta nueva clasificación:

Cuadro [2.2.a]

Clases de vehículos

Categoría	Nombre	Descripción	Categoría de vehículo en CF. Homologación de tipo del vehículo completo ⁽¹⁾
1	Vehículos de motor ligeros	Turismos, camionetas ≤ 3,5 toneladas, todocaminos ⁽²⁾ , vehículos polivalentes ⁽³⁾ , incluidos remolques y caravanas	M1 y N1
2	Vehículos pesados medianos	Vehículos medianos, camionetas > 3,5 toneladas, autobuses, autocaravanas, entre otros, con dos ejes y dos neumáticos en el eje trasero	M2, M3 y N2, N3
3	Vehículos pesados	Vehículos pesados, turismos, autobuses, con tres o más ejes	M2 y N2 con remolque, M3 y N3
4	Vehículos de dos ruedas	4a Ciclomotores de dos, tres y cuatro ruedas	L1, L2, L6
		4b Motocicletas con y sin sidecar, triciclos y cuatriciclos	L3, L4, L5, L7
5	Categoría abierta	Su definición se atenderá a las futuras necesidades	N/A

⁽¹⁾ Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de septiembre de 2007 (DO L 263 de 9.10.2007, p. 1) por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.

⁽²⁾ Todocaminos.

⁽³⁾ Vehículos polivalentes.

Definición de las categorías acústicas de CNOSSOS-EU

Estas modificaciones supondrán diferencias respecto a los dos escenarios de modelización, siendo el nuevo método CNOSSOS-EU el más realista en vías con velocidades por debajo de los 50km/h. Al tratarse el método francés de un método experimental basado en una batería de mediciones con parques de vehículos previos a la década de los 1980.