

## **IMPOSIBILIDAD DE SIMPLIFICACIONES GEOMÉTRICAS EN LOS EDIFICIOS PARA EL CÁLCULO DE POBLACIÓN AFECTADA MEDIANTE EL MÉTODO CNOSSOS**

PACS: 43.50.R.q.

Giménez Anaya, Isabel; López Santos, Fernando; Lorente Piñar, María Dolores  
SINCOSUR Ingeniería Sostenible S.L.  
Avda. San Francisco Javier, 9, 5º-27, Sevilla, España Tel: 954510031,  
[isabel@sincosur.es](mailto:isabel@sincosur.es) , [flopez@sincosur.es](mailto:flopez@sincosur.es) , [lolalp@sincosur.es](mailto:lolalp@sincosur.es)

**Palabras Clave:** mapa ruido, MER, población afectada, CNOSSOS

### **ABSTRACT.**

In Tecniacustica 2014 we presented a communication in which we proposed some geometric simplifications in buildings, by grouping them into blocks with a formulation for their average height, which allowed us to speed up the mathematical calculation up to 5 times, obtaining deviation in the lower affected population at 3%. According to what is established in section 2.8 of the Delegated Directive (EU) 2021/1226, this simplification is already unfeasible, because the deviations obtained in the results of the affected population are greater than 25%. these results are presented with real examples on an agglomeration

### **RESUMEN.**

En Tecniacustica 2014 presentamos una comunicación en la que proponíamos unas simplificaciones geométricas en los edificios, mediante la agrupación en manzanas con una formulación para la altura media de la misma, que nos permitía acelerar hasta 5 veces el cálculo matemático obteniendo desviación en la población afectada inferior al 3 %. De acuerdo a lo establecido en la sección 2.8 de la Directiva Delegada (UE) 2021/1226, esta simplificación es ya inviable, debido a que las desviaciones que se obtiene en los resultados de población afectada son superiores al 25 %. En la comunicación se presentan estos resultados con ejemplos reales sobre una aglomeración.

### **1. INTRODUCCIÓN**

En TECNIACUSTICA 2014, SINCOSUR Ingeniería Sostenible S.L. presentó la comunicación “DESVIACIONES EN LOS CÁLCULOS DE POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO AL REALIZAR SIMPLIFICACIONES GEOMÉTRICAS EN LAS EDIFICACIONES” en ella se abordaba la simplificación de las geometrías, especialmente en el caso de las edificaciones, para reducir el coste computacional requerido a la hora de calcular los mapas de ruido.

Para ello se realizaron dos modelos tridimensionales de una zona de la ciudad de Logroño, un modelo con edificios aislados y otro modelo con manzanas.

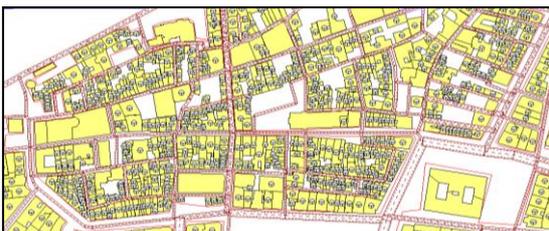


Figura 1 - Modelo 3D con edificios

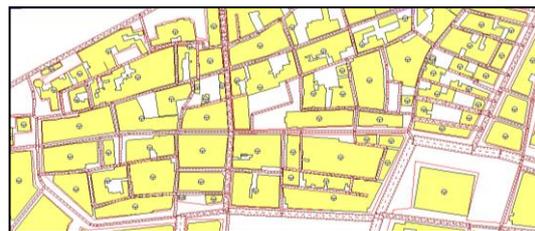


Figura 2 - Modelo 3D con manzanas

El tiempo requerido para el cálculo del modelo tridimensional con edificios fue de un total de 22 horas y 26 minutos, mientras que para el correspondiente con manzanas fue de 4 horas y 29 minutos, es decir, unas 5 veces menos. El resultado del estudio de afección acústica arrojó una desviación en el cálculo de población afectada por debajo del 3 %.

De acuerdo a lo establecido en la sección 2.8 de la nueva Directiva Delegada (UE) 2021/1226 [3], esta simplificación es ya inviable, debido a que las desviaciones que se obtiene en los resultados de población afectada son superiores al 25 %, como vamos a justificar a continuación.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Área de estudio

El estudio se realiza sobre el centro urbano de Logroño, misma zona del estudio realizado en 2014 [1], en una zona densamente poblada, en la figura 1 se muestra el área de estudio y el conjunto de edificios sobre los que se realiza el estudio:



Figura 3 – Área de estudio y conjunto de edificios estudiados

### 2.1. Obtención de Edificios y Manzanas

Para la obtención de las edificaciones se ha hecho uso de la cartografía catastral INSPIRE que contiene los edificios recogidos en catastro a una escala 1:1.000 en zonas urbanas.



Figura 4 – “Building parts” (izquierda) y “Building” (derecha)

Determinada la altura de cada edificio ha sido necesario determinar la altura equivalente representativa de la manzana. Tras diversas pruebas se ha comprobado que en la mayor parte de los casos la altura de los edificios pertenecientes a una misma manzana no difiere en más de una o dos plantas. Se ha estimado que la altura representativa de la manzana puede determinarse como la media de todos los edificios que la componen. [1]

Para la obtención de las manzanas se ha procedido de forma similar, a través del SIG, combinando edificios contiguos.

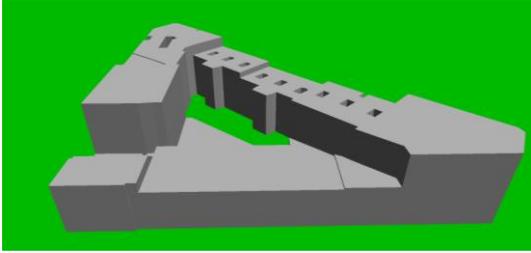


Figura 5 – Conjunto de edificios

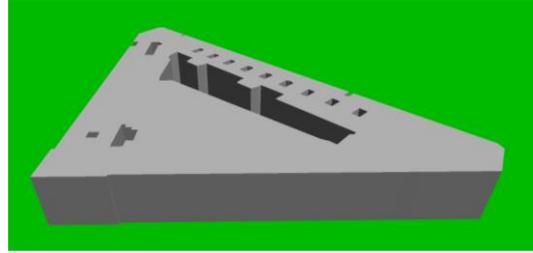


Figura 6 – Manzana resultante”

## 2.2.- Asignación de población a edificios

Se ha partido del dato de viviendas por edificio disponible en la cartografía catastral y del dato de población por sección censal del INE.

Con esta información de partida se ha realizado lo siguiente [2]:

- Cálculo del número total de viviendas existente en la sección censal a partir de los datos de número de viviendas obtenidos de la cartografía catastral.
- Cálculo del Tamaño Medio del Hogar (TMH), es decir, el número de personas promedio que constituyen un hogar en dicha sección censal. Este dato se obtiene dividiendo la población total de la sección censal entre el número total de viviendas existente en dicha sección censal.
- Cálculo de la población por edificio. Una vez calculado el TMH, se multiplicará el mismo por el número de viviendas contenido en un edificio (dato obtenido de la cartografía catastral).

## 2.3.- Metodología para la estimación de la población y viviendas afectadas

Atendiendo a lo establecido en la sección 2.8 de la Directiva Delegada (UE) 2021/1226, se ha realizado lo siguiente para el cálculo de la población expuesta:

### 1. Determinación de las viviendas y los habitantes expuestos al ruido

Para calcular el número de viviendas y de personas que residen en ellas, se ha usado el procedimiento del caso 1A “se conoce el número de habitantes o se ha calculado en función del número de viviendas”.

En este caso, el número de habitantes de un edificio es la suma del número de habitantes de todas las viviendas del edificio:

$$Inh_{building} = \sum_{i=1}^n Inh_{dwelling_{unit_i}} \quad (3)$$

### 2. Asignación de las viviendas y sus habitantes a puntos del receptor

Como no se dispone de información sobre la ubicación de las viviendas en las plantas de los edificios y se desconoce cuántas fachadas de viviendas están expuestas al ruido, se calculan todos los niveles en todos los receptores de fachada a  $4 \pm 0,2$  m sobre el suelo para cada edificio residencial y se distribuye, entre los receptores situados por encima de la mediana de los niveles de evaluación calculados, la población y viviendas, de modo que la suma de todos los puntos del receptor en la mitad superior del conjunto de datos represente el número total de viviendas y de habitantes.

### 2.3.- Consideraciones del Cálculo del Modelo Acústico Tridimensional

El método de cálculo empleado es el establecido en la Directiva (UE) 2015/996 de la Comisión de 19 de mayo de 2015, modificada por la Directiva Delegada (UE) 2021/1226 de la Comisión de 21 de diciembre de 2020. Ambas directivas traspuestas a la legislación española a través de la Orden PCI/1319/2018 y de la Orden PCM/80/2022. Se trata del método de cálculo “CNOSSOS-EU”, método común y de aplicación obligatoria a partir del 31 de diciembre de 2018.

El software de simulación acústica empleado es Cadna A versión 2022 MR 2 (build: 193.5260).

Los cálculos se han realizado sobre el mismo equipo: una estación de trabajo de 32 núcleos, con una idéntica configuración.

### 3. RESULTADOS

El tiempo requerido para el cálculo del modelo tridimensional con edificios fue de un total de 48 minutos, mientras que para el correspondiente con manzanas fue de 14 minutos, es decir, unas 3 veces menos.

Tras exportar los resultados a un sistema de información geográfica y ejecutar un script para obtener la población expuesta a diferentes rangos de niveles sonoros (de < 40 dBA hasta > 75 dBA), según el método CNOSSOS, sobre los niveles de exposición en fachada de ambos modelos, se han obtenido las siguientes tablas:

Tabla 1 – Nº de personas y nº de viviendas expuestas. Indicador  $L_d$

$L_d$				
Rango	Personas expuestas		Viviendas expuestas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
< 40 dBA	596	2703	443	1654
40 - 44 dBA	645	9013	531	5395
45 - 49 dBA	1146	4829	746	2957
50 - 54 dBA	3165	3938	1858	2232
55 - 59 dBA	10183	10104	5585	5485
60 - 64 dBA	19687	15023	10908	8348
65 - 69 dBA	22539	11209	13105	6554
70 - 74 dBA	2257	1016	1315	594
> 75 dBA	0	0	0	0

Tabla 2 – Nº de personas y nº de viviendas expuestas. Indicador  $L_e$

$L_e$				
Rango	Personas expuestas		Viviendas expuestas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
< 40 dBA	559	2866	408	1742
40 - 44 dBA	640	8805	534	5283
45 - 49 dBA	1192	4830	779	2955
50 - 54 dBA	3107	4025	1833	2279
55 - 59 dBA	10325	10249	5660	5558
60 - 64 dBA	20380	15261	11269	8486
65 - 69 dBA	21152	10601	12347	6219
70 - 74 dBA	2862	1222	1662	710
> 75 dBA	0	0	0	0

Tabla 3 – Nº de personas y nº de viviendas expuestas. Indicador  $L_n$

$L_n$				
Rango	Personas expuestas		Viviendas expuestas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
< 40 dBA	1411	13501	1095	8192
40 - 44 dBA	1804	3599	1129	2156
45 - 49 dBA	3742	4234	2146	2378
50 - 54 dBA	12809	14129	6980	7674
55 - 59 dBA	27214	15958	15363	9047
60 - 64 dBA	13237	6412	7780	3777
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0

Tabla 4 – Nº de personas y nº de viviendas expuestas. Indicador  $L_{den}$

$L_{den}$				
Rango	Personas expuestas		Viviendas expuestas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
< 40 dBA	334	866	224	480
40 - 44 dBA	575	5618	489	3425
45 - 49 dBA	663	8454	490	5134
50 - 54 dBA	2005	3258	1265	1934
55 - 59 dBA	5366	5487	2965	3010
60 - 64 dBA	14517	14879	7962	8118
65 - 69 dBA	26805	14582	15303	8375
70 - 74 dBA	9952	4693	5794	2746
> 75 dBA	0	0	0	0

Exponiendo los resultados como centenas, según niveles de afección de 55, 65 y 75 dB(A), se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5 – Afección. Indicador  $L_d$

Afección $L_d$ [valores en centenas]				
Rango	Población		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
> 55 dBA	547	374	309	210
> 65 dBA	248	122	144	71
> 75 dBA	0	0	0	0
Afección ( $L_d$ ) [valores porcentuales]				
Rango	Población		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
> 55 dBA	90,78%	64,58%	89,62%	63,16%
> 65 dBA	41,18%	21,14%	41,81%	21,52%
> 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabla 6 – Afección. Indicador  $L_e$

Afección ( $L_e$ ) [valores en centenas]				
Rango	Población		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
> 55 dBA	547	373	309	210
> 65 dBA	240	118	140	69
> 75 dBA	0	0	0	0
Afección ( $L_e$ ) [valores porcentuales]				
Rango	Población		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
> 55 dBA	90,87%	64,52%	89,70%	63,11%
> 65 dBA	39,88%	20,43%	40,62%	20,85%
> 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabla 7 – Afección. Indicador  $L_n$

Afección ( $L_n$ ) [valores en centenas]				
Rango	Población		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
> 55 dBA	405	224	231	128
> 65 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
Afección ( $L_n$ ) [valores porcentuales]				
Rango	Población		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
> 55 dBA	67,17%	38,68%	67,10%	38,60%
> 65 dBA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
> 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabla 8 – Afección. Indicador  $L_{den}$

Afección ( $L_{den}$ ) [valores en centenas]				
Rango	Población		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
> 55 dBA	566	396	320	222
> 65 dBA	368	193	211	111
> 75 dBA	0	0	0	0
Afección ( $L_{den}$ ) [valores porcentuales]				
Rango	Población		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
> 55 dBA	94,06%	68,54%	92,84%	66,97%
> 65 dBA	61,04%	33,33%	61,17%	33,48%
> 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

#### 4. CONCLUSIONES

Como se puede comprobar analizando las tablas anteriores, los resultados obtenidos al utilizar manzanas como entidades de edificación en lugar de los propios edificios difieren considerablemente con los resultados del modelo tridimensional con edificios.

Si atendemos a las diferencias porcentuales de población entre ambos modelos tridimensionales, bajo el criterio de las tres isófonas de referencia para la determinación de la afección (55, 65 y 75 dB(A)), nos encontramos lo siguiente:

% Diferencia Afección - $L_d$		
Rango	Población	Viviendas
> 55 dBA	26,20%	26,46%
> 65 dBA	20,04%	20,29%
> 75 dBA	0,00%	0,00%

% Diferencia Afección - $L_e$		
Rango	Población	Viviendas
> 55 dBA	26,35%	26,59%
> 65 dBA	19,44%	19,77%
> 75 dBA	0,00%	0,00%

% Diferencia Afección - $L_n$		
Rango	Población	Viviendas
> 55 dBA	28,49%	28,50%
> 65 dBA	0,00%	0,00%
> 75 dBA	0,00%	0,00%

% Diferencia Afección - $L_{den}$		
Rango	Población	Viviendas
> 55 dBA	25,52%	25,87%
> 65 dBA	27,71%	27,69%
> 75 dBA	0,00%	0,00%

En vista de estos resultados, se puede concluir que, para el caso de estudio propuesto, la utilización de manzanas como entidades de edificios reduce drásticamente (3 veces menos) el tiempo de cálculo del mapa de ruido con respecto al tiempo requerido si hubiéramos utilizado los propios edificios, de mayor complejidad geométrica pero los resultados de población afectada son sobreestimados con diferencias de hasta el 28 % de incremento de población afectada.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al Ayuntamiento de Logroño

## REFERENCIAS

- [1] Carretero de la Rocha, D.; López Santos, F.; Giménez Anaya, I. SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L. Desviaciones en los cálculos de población expuesta al ruido al realizar simplificaciones geométricas en las edificaciones, TECNIAACUSTICA Murcia 2014.
- [2] Guía básica de recomendaciones para la aplicación de los métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (CNOSSOS-EU). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid, noviembre de 2021 (versión 04)
- [3] DIRECTIVA DELEGADA (UE) 2021/1226 DE LA COMISIÓN de 21 de diciembre de 2020 por la que se modifica, para adaptarlo al progreso científico y técnico, el anexo II de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en cuanto a los métodos comunes para la evaluación del ruido. «DOUE» L 269, de 28.7.2021, páginas 65 a 141.
- [4] Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure Version 2. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). 13th January 2006.
- [5] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. «DOUE» núm. 189, de 18 de julio de 2002, páginas 12 a 25.
- [6] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. «BOE» núm. 276, de 18 de noviembre de 2003, páginas 40494 a 40505.

- [7] Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, (BOE, nº 301, de 17 de diciembre de 2005) por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido Ambiental
- [8] Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.