

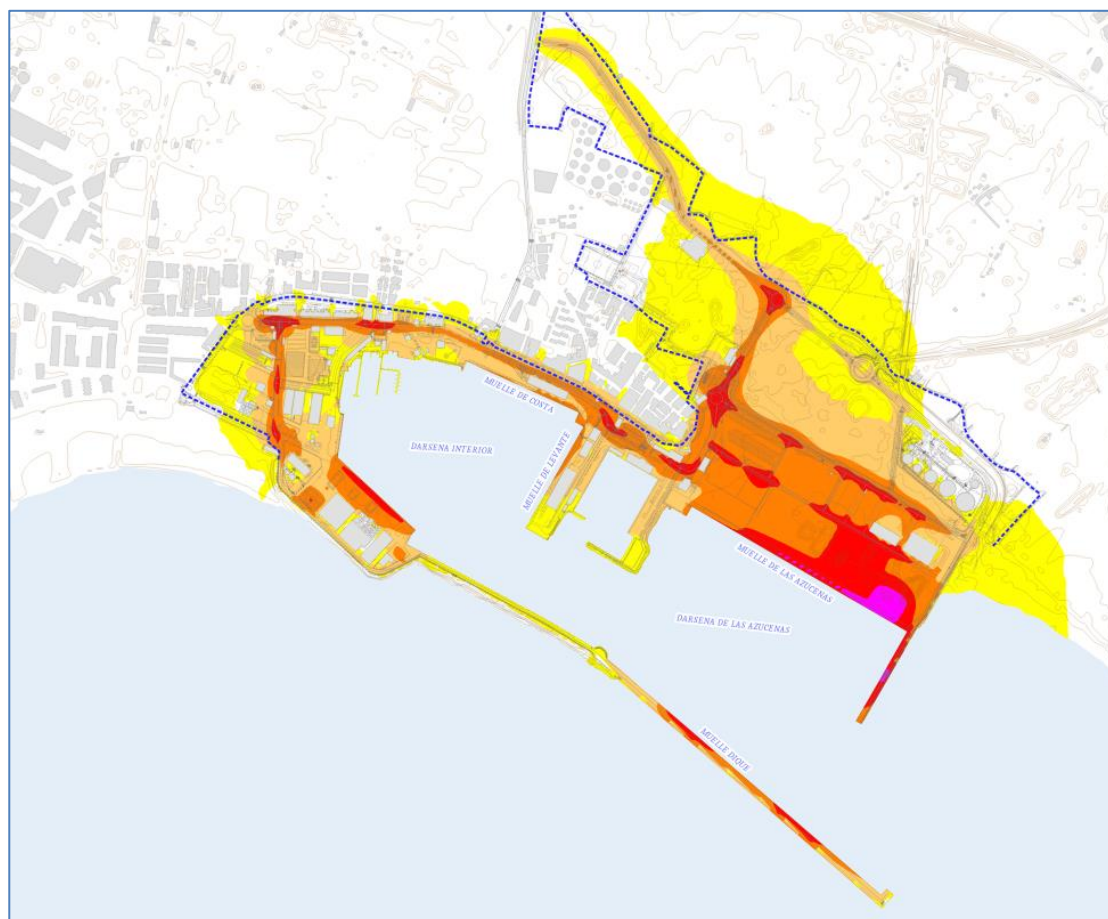


**Puerto de Motril**  
**GRANADA**

Autoridad Portuaria de Motril

## ESTUDIO AMBIENTAL ESTRATÉGICO DEL PLAN DIRECTOR DE INFRAESTRUCTURAS DEL PUERTO DE MOTRIL

### TRABAJO 1: ESTUDIO ACÚSTICO PREDICTIVO



**TECNOAMBIENTE**

A TRADE COMPANY

**Noviembre 2019**

## **ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>6</b>
3.1	SITUACIÓN GEOGRÁFICA .....	6
3.2	RÉGIMEN DE VIENTOS.....	6
3.3	ESTRUCTURA GENERAL DEL PUERTO .....	6
3.4	ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE MOTRIL .....	7
<b>4</b>	<b>ALTERNATIVAS DE DESARROLLO DEL PDI .....</b>	<b>9</b>
4.1	ALTERNATIVA LEVANTE.....	9
4.2	ALTERNATIVAS A PONIENTE.....	10
4.2.1	<i>Alternativa Poniente Playa .....</i>	<i>10</i>
4.2.2	<i>Alternativa Poniente 1 .....</i>	<i>11</i>
4.2.3	<i>Alternativa Poniente 2 .....</i>	<i>12</i>
4.2.4	<i>Alternativa Poniente 3 .....</i>	<i>13</i>
4.2.5	<i>Alternativa Poniente 4 .....</i>	<i>13</i>
4.3	ALTERNATIVA EXTERIOR .....	14
<b>5</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RUIDO.....</b>	<b>15</b>
5.1	FUENTES INDUSTRIALES.....	15
5.1.1	<i>Muelle de Costa .....</i>	<i>16</i>
5.1.2	<i>Muelle de Levante.....</i>	<i>16</i>
5.1.3	<i>Muelle de Graneles.....</i>	<i>17</i>
5.1.4	<i>Muelle de Poniente .....</i>	<i>17</i>
5.1.5	<i>Muelle de Azucenas .....</i>	<i>18</i>
5.1.6	<i>Muelle Dique.....</i>	<i>18</i>
5.1.7	<i>Muelle Contradique .....</i>	<i>19</i>
5.1.8	<i>Muelle Pesquero .....</i>	<i>19</i>
5.1.9	<i>Zona de Actividades Logísticas (ZAL) .....</i>	<i>20</i>
5.2	TRÁFICO VIARIO .....	20
5.2.1	<i>Zonas de aparcamiento de vehículos.....</i>	<i>21</i>
<b>6</b>	<b>TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>
6.1	CARTOGRAFÍA BASE .....	22
6.2	MODELO 3D .....	24
6.3	TRATAMIENTO DE LAS CURVAS DE NIVEL .....	24
6.4	TRATAMIENTO DE LAS EDIFICACIONES .....	25
6.4.1	<i>Delimitación de los recintos de edificaciones .....</i>	<i>25</i>
6.4.2	<i>Tratamiento de los datos de alturas de las edificaciones .....</i>	<i>26</i>
6.4.3	<i>Asignación del uso y población de los edificios.....</i>	<i>27</i>
6.5	TRATAMIENTO DE LOS VIARIOS .....	28
6.5.1	<i>Eje 3D.....</i>	<i>28</i>
6.5.2	<i>Definición del viario .....</i>	<i>28</i>

6.5.3	Incorporación de los datos de tráfico y geometría a las vías.....	28
<b>7</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO .....</b>	<b>28</b>
7.1	FUENTES INDUSTRIALES .....	28
7.1.1	Situación actual .....	28
7.1.2	Año horizonte .....	30
7.2	FUENTES VIARIAS .....	31
7.2.1	Situación actual .....	31
7.2.2	Año horizonte .....	33
<b>8</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ACÚSTICO.....</b>	<b>33</b>
8.1	SOFTWARE DE SIMULACIÓN ACÚSTICA .....	33
8.2	MODELOS DE SIMULACIÓN .....	34
8.2.1	Modelo de tráfico viario .....	34
8.2.1.1	Descripción de la fuente.....	34
8.2.1.2	Condiciones de referencia.....	38
8.2.1.3	Ruido rodante .....	38
8.2.1.4	Ruido de propulsión .....	39
8.2.1.5	Efecto de la aceleración y desaceleración de los vehículos.....	40
8.2.1.6	Efecto del tipo de asfalto .....	41
8.2.2	Modelo de ruido industrial .....	41
8.2.2.1	Descripción de la fuente.....	41
8.3	CREACIÓN DEL MODELO 3D .....	44
8.3.1	Incorporación de la topografía .....	44
8.3.2	Incorporación de las vías de tráfico .....	45
8.3.3	Incorporación de los edificios.....	47
8.3.4	Incorporación de las áreas de absorción .....	48
<b>9</b>	<b>CONFIGURACIÓN DEL CÁLCULO.....</b>	<b>48</b>
9.1	MODELOS DE CÁLCULO .....	48
9.2	PROPAGACIÓN DEL SONIDO Y BÚSQUEDA DE FUENTES .....	49
9.3	ORDEN DE REFLEXIÓN .....	49
9.4	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN .....	50
9.5	CONDICIONES DE PROPAGACIÓN DE RUIDO FAVORABLE .....	50
9.6	MALLA DE CÁLCULO .....	51
<b>10</b>	<b>SIMULACIÓN DEL MODELO.....</b>	<b>51</b>
<b>11</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
11.1	MAPAS DE NIVELES .....	53
11.2	MAPAS DE CONFLICTO O DE SUPERACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA.....	55
11.3	AFECCIÓN.....	57
11.3.1	Límites de referencia niveles .....	57
11.3.2	Metodología para elaborar la población afectada .....	58
11.3.2.1	Método END.....	59
11.3.2.2	Método VBEB .....	61
11.3.3	Comparación entre los métodos de estimación .....	62
11.3.4	Población y viviendas afectadas.....	66

11.3.4.1	Situación actual .....	66
11.3.4.2	Alternativa a Levante .....	67
11.3.4.3	Alternativa Poniente Playa .....	68
11.3.4.4	Alternativa Poniente 1 .....	69
11.3.4.5	Alternativa Poniente 2 .....	70
11.3.4.6	Alternativa Poniente 3 .....	71
11.3.4.7	Alternativa Poniente 4 .....	72
11.3.4.8	Alternativa Exterior .....	73
11.3.5	<i>Edificios sanitarios</i> .....	75
11.3.6	<i>Edificios docentes</i> .....	75
11.3.6.1	Situación actual .....	75
11.3.6.2	Alternativa a Levante .....	75
11.3.6.3	Alternativa Poniente Playa .....	75
11.3.6.4	Alternativa Poniente 1 .....	76
11.3.6.5	Alternativa Poniente 2 .....	76
11.3.6.6	Alternativa Poniente 3 .....	76
11.3.6.7	Alternativa Poniente 4 .....	77
11.3.6.8	Alternativa Exterior .....	77
11.4	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DEBIDA AL TRÁFICO VIARIO .....	77
11.4.1	<i>Situación actual</i> .....	78
11.4.2	<i>Alternativa a Levante</i> .....	79
11.4.3	<i>Alternativa Poniente Playa</i> .....	80
11.4.4	<i>Alternativa Poniente 1</i> .....	81
11.4.5	<i>Alternativa Poniente 2</i> .....	82
11.4.6	<i>Alternativa Poniente 3</i> .....	83
11.4.7	<i>Alternativa Poniente 4</i> .....	84
11.4.8	<i>Alternativa Exterior</i> .....	85
12	<b>COMPARATIVA</b> .....	86
12.1	POBLACIÓN RESIDENCIAL .....	86
12.1.1	<i>Alternativa a Levante – Situación actual</i> .....	86
12.1.2	<i>Alternativa Poniente Playa-Situación actual</i> .....	87
12.1.3	<i>Alternativa Poniente 1 – Situación actual</i> .....	88
12.1.4	<i>Alternativa Poniente 2 – Situación actual</i> .....	89
12.1.5	<i>Alternativa Poniente 3 – Situación actual</i> .....	90
12.1.6	<i>Alternativa Poniente 4 – Situación actual</i> .....	91
12.1.7	<i>Alternativa Exterior – Situación actual</i> .....	92
12.1.8	<i>Todas las alternativas – Situación actual</i> .....	93
12.2	EDIFICIOS DOCENTES .....	94
12.3	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DEBIDA AL TRÁFICO VIARIO .....	96
13	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	96
14	<b>EQUIPO REDACTOR</b> .....	98
15	<b>CONCLUSIONES</b> .....	98
16	<b>NOTAS FINALES Y FIRMAS</b> .....	100
17	<b>PLANOS</b> .....	101

## 1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se procede a detallar el estudio acústico y sus resultados de las diferentes alternativas planteadas dentro del Plan Director de Infraestructuras del Puerto de Motril (en adelante PDI).

## 2 NORMATIVA

El contexto normativo donde se desarrolla el presente estudio se encuadra dentro de la legislación en materia de ruido:

- La Directiva 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, establece en su artículo 8 que los Estados Miembros deben elaborar planes de acción encaminados a afrontar, en su territorio, las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, incluida la reducción del ruido si fuese necesaria con respecto a los lugares próximos a los grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios, grandes aeropuertos y respecto a las aglomeraciones.
- La Directiva 2015/996 /CE de 19 de mayo de 2015 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.
- Ambas Directivas se trasponen a la legislación estatal a través de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y de sus desarrollos reglamentarios:
  - Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, 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.
  - 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.
  - Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el 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.
  - Orden PCI/1319/2018, de 7 de diciembre, por la que se modifica el Anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental.
- En cuanto a la normativa aplicable en materia de contaminación acústica de la Comunidad Autónoma de Andalucía:
  - La Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental constituye el actual marco legal de referencia para el desarrollo de la calidad ambiental en la Comunidad Autónoma de Andalucía. En materia de contaminación acústica, esta Ley establece una regulación que, de acuerdo con lo

dispuesto en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, incluye una nueva definición de áreas de sensibilidad acústica, establece el fundamento legal para la elaboración de mapas de ruido y planes de acción, incorpora la posibilidad de declarar servidumbres acústicas y establece el régimen aplicable en aquellas áreas de sensibilidad acústica en las que no se cumplan los objetivos de calidad exigidos.

- Finalmente, el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía desarrolla los preceptos establecidos por la Ley 7/2007, de 9 de julio, e incorpora, asimismo, las novedades introducidas por el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre y por el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de carácter básico.

### 3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El Puerto de Motril se encuentra al Sur de la Península Ibérica. Su posición geográfica es Longitud 3º 31' 30" Oeste y Latitud 36º 43' 06" Norte.

Está situado en el centro del Mar de Alborán lo que le ofrece una conexión privilegiada con los puertos del Norte de África Occidental.

#### 3.2 RÉGIMEN DE VIENTOS

El régimen de vientos reinante es dirección W (18%) y dirección E (17%), el dominante es dirección E.

#### 3.3 ESTRUCTURA GENERAL DEL PUERTO

A efectos del Plan de usos portuarios se consideran los usos básicos siguientes:

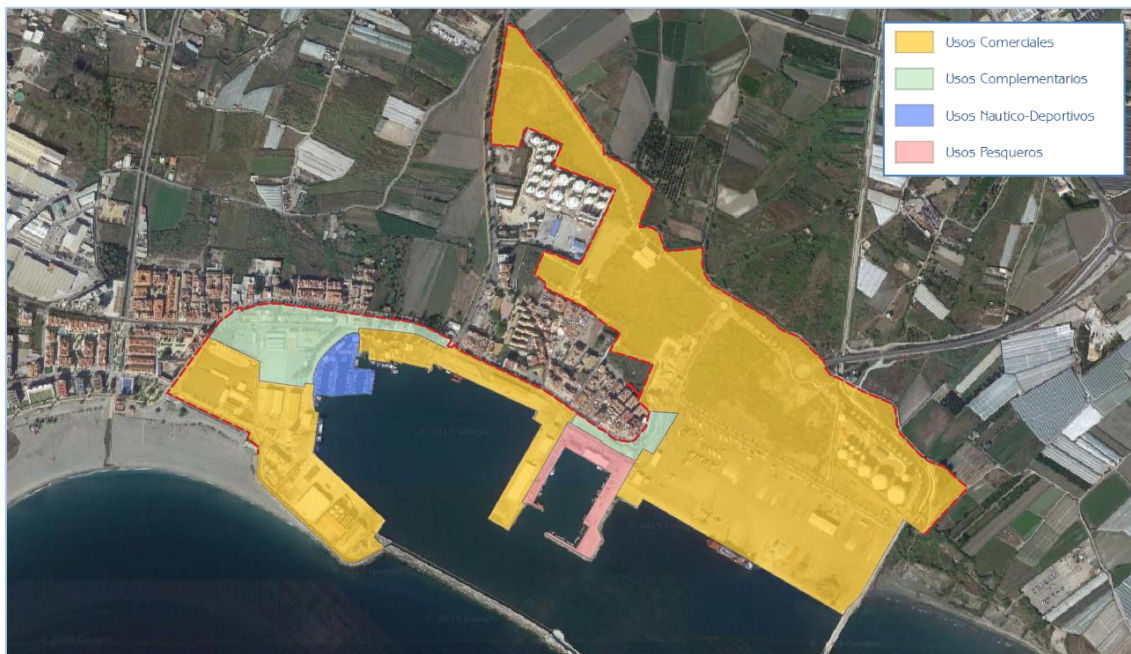
- Comercial
- Pesquero
- Náutico – deportivo
- Complementario

Tabla 1. Usos básicos y específicos portuarios

USOS	USO ESPECÍFICO
COMERCIAL	Actividades logísticas, graneles, mercancía general, tráfico mixto, graneles líquidos y náutico – deportivo
PESQUERO	Pesquero
NÁUTICO - DEPORTIVO	Náutico – deportivo
COMPLEMENTARIO	Servicios generales, terciario y mercancía general



Gráficamente la distribución de los espacios portuarios es:

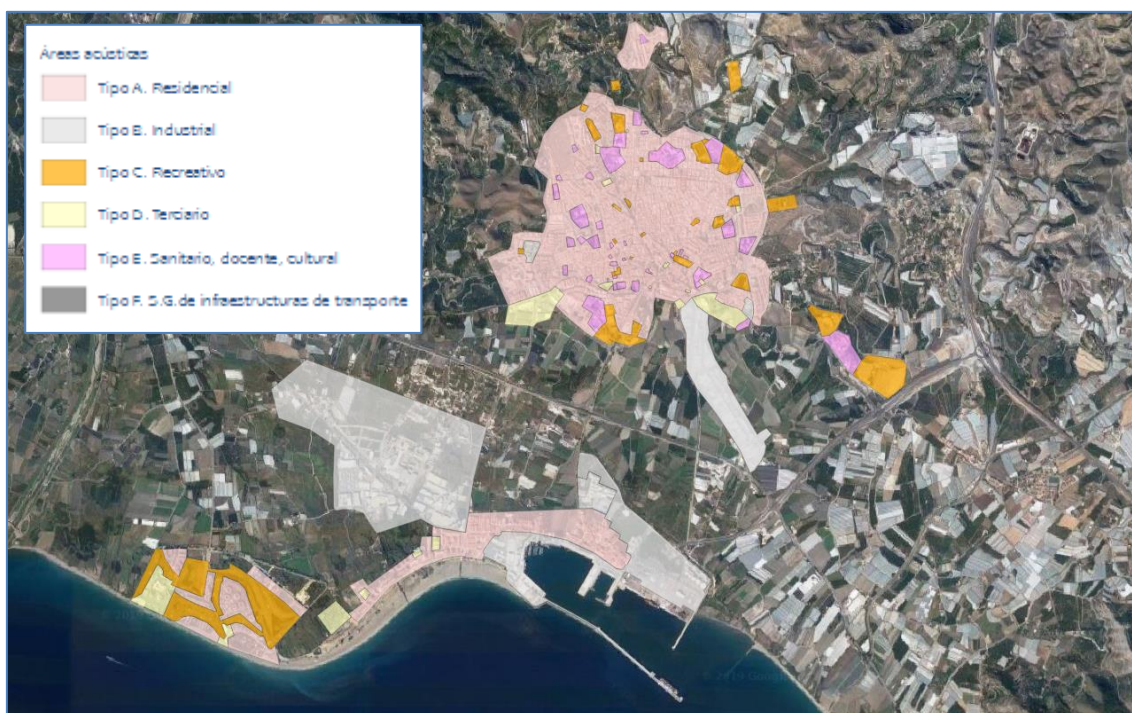


**Ilustración 1. Distribución de los espacios portuarios**

### 3.4 ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE MOTRIL

La ciudad de Motril no cuenta con Zonificación Acústica dentro del PGOU, para poder conocer las áreas acústicas se ha hecho uso de los usos del suelo del PGOU, a estos usos se les ha asignado el área acústica correspondiente atendiendo a lo establecido en la Ley 37/2003 del Ruido y sus desarrollos reglamentarios.

Si analizamos dicha zonificación observamos que el Puerto de Motril tiene asignado una tipología B correspondiente al uso industrial y colinda con áreas de tipología A correspondientes al uso residencial. A continuación, se muestra una imagen de la zonificación acústica de Motril:



**Ilustración 2. Zonificación acústica de Motril**

Los objetivos de calidad acústica asignados a cada área acústica vienen definidos tanto en la legislación estatal, Tabla A del Anexo II del R. D. 1367/2007 (modificada por el RD 1038/2012), como en la legislación autonómica, Tabla I del artículo 9 del Decreto 6/2012, estos son:

**«ANEXO II**

**Objetivos de calidad acústica**

Tabla A. *Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes*

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		$L_{eq}$	$L_{dn}$	$L_n$
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	(2)	(2)	(2)

(1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

(2) En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se superarán los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de áreas acústicas colindantes con ellos.

Nota: Los objetivos de calidad aplicables a las áreas acústicas están referenciados a una altura de 4 m.»

**Ilustración 3. Objetivos de calidad acústica aplicables a áreas acústicas existentes**



## 4 ALTERNATIVAS DE DESARROLLO DEL PDI

Una vez determinada la necesidad de aparición de nuevos espacios portuarios que sustenten las previsiones de crecimiento previstas, se exponen a continuación las características principales de las diferentes alternativas de desarrollo que se consideran en el PDI.

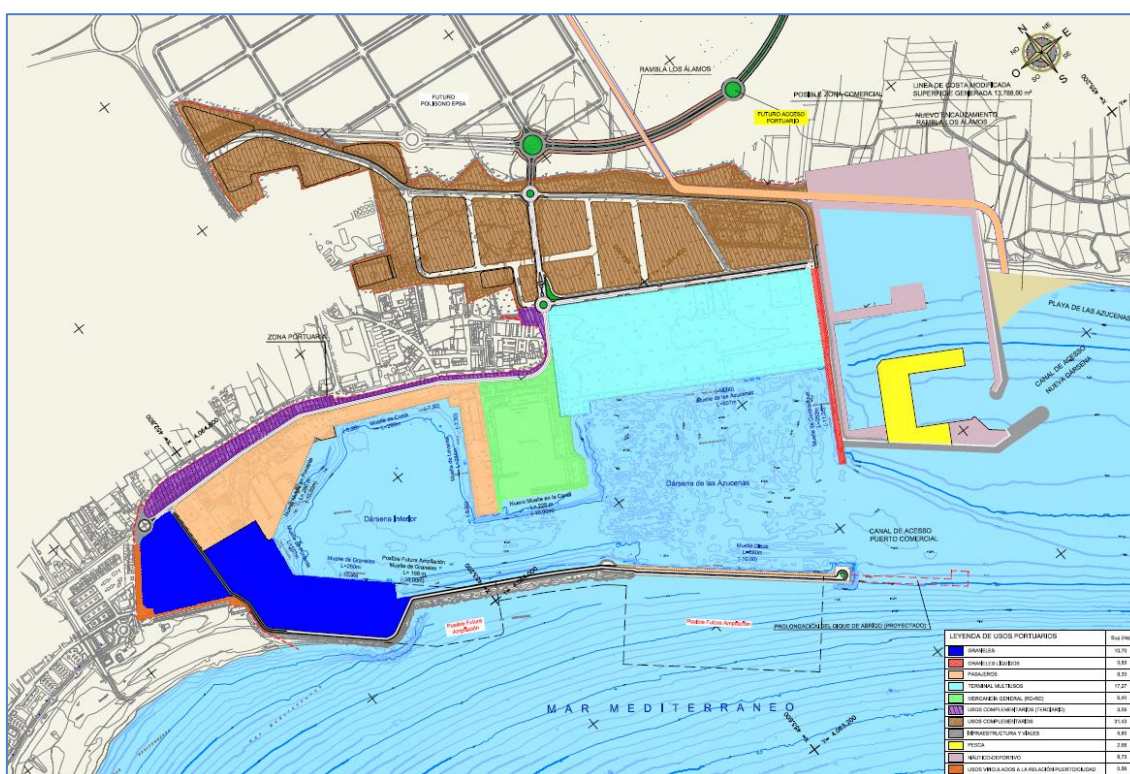
A continuación, se exponen las alternativas evaluadas en este estudio:

### 4.1 ALTERNATIVA LEVANTE

Consiste en el traslado de las instalaciones pesqueras y deportivas a Levante del puerto. Para ello se plantea la construcción de una nueva dársena al Este del contradique, que ocuparía terreno actual de la vecina playa de las Azucenas.

La dársena está protegida por dos diques de abrigo, dando origen a una bocana de acceso orientada al Este e independiente de la actual.

El primer dique arranca desde la playa de las Azucenas hasta la batimétrica -7,5 m y tiene una longitud total de 510 m. El segundo inicia su sección en el contradique del Puerto de Motril y finaliza hacia la batimétrica -8 m resultando un total de 600 m de longitud total. Ambas alineaciones son de sección en talud.



**Ilustración 4. Alternativa Levante**  
Fuente: PDI 2011.

## 4.2 ALTERNATIVAS A PONIENTE

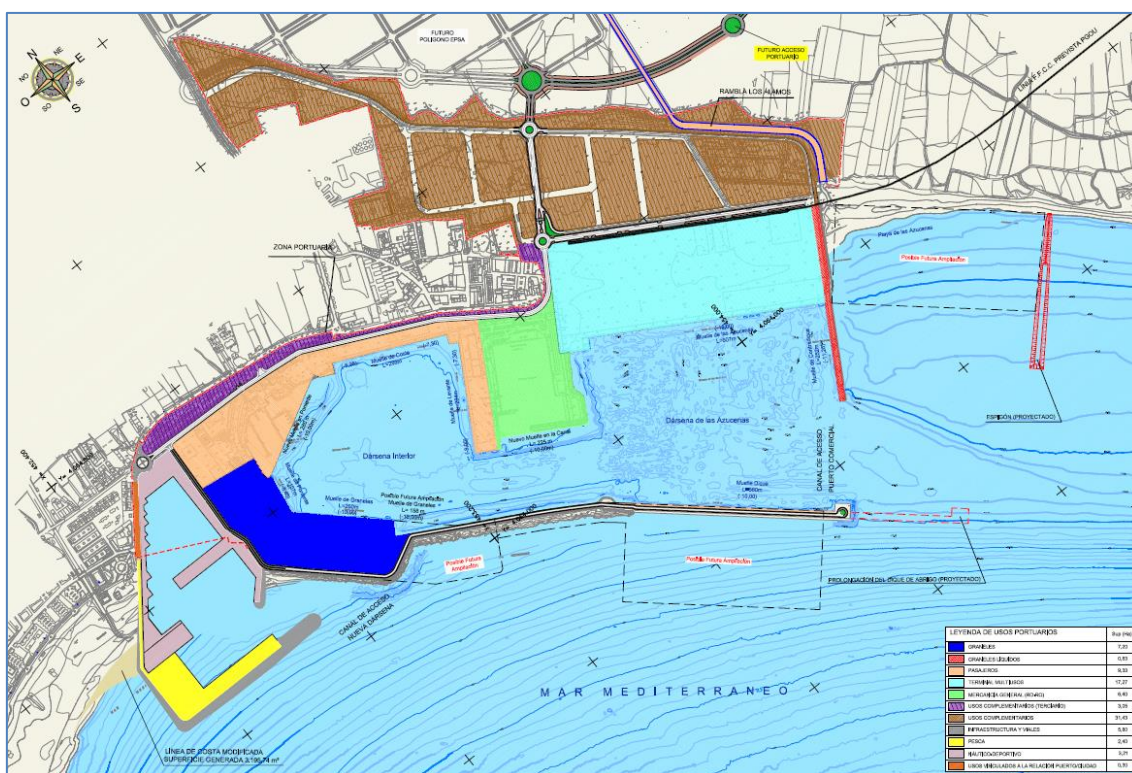
#### 4.2.1 Alternativa Poniente Playa

La Alternativa Poniente Playa plantea la construcción de la nueva Dársena Pesquera y Deportiva al Oeste del Puerto, junto al arranque del dique de abrigo del Puerto de Motril, y ocupando la superficie terrestre que actualmente está ocupada por diversas concesiones, algunas de ellas caducadas, y parte de la Playa del Cable.

Esta alternativa requiere de la construcción de un dique de abrigo que, arrancando desde la Playa del Cable, presenta tres alineaciones diferenciadas:

- Tramo 1. Discurre paralelo a la Avenida de Julio Moreno y queda limitado por ella al W. Arrancando desde la Playa de Poniente hasta alcanzar el entorno de la batimétrica -3. Longitud total 100 m.
- Tramo 2: Desde el Tramo 1, con alineación N-S, hasta alcanzar el entorno de la batimétrica -10. Longitud total 125 m.
- Tramo 3: Desde el Tramo 2, con alineación W-E, hasta la bocana. Longitud total 435 m.

El acceso a la nueva dársena se lleva a cabo por un canal totalmente independiente al del puerto comercial, y la bocana está orientada al E, evitándose así la confluencia de tráficos.



**Ilustración 5. Poniente Playa**  
Fuente: PDI 2011.



#### 4.2.2 Alternativa Poniente 1

Esta solución es similar a la anterior pero con la ventaja de que la nueva dársena pesquero-deportiva no ocupa espacio de la Playa del Cable y toda su actuación se desarrolla dentro del recinto portuario.

Se prevé la construcción de un nuevo dique en talud de 380 m de longitud en dos alineaciones. Los primeros 200 m con escollera de 6 Tm de tamaño máximo; la segunda alineación de 180 m con bloques de 20 Tm. La nueva bocana tiene un ancho eficaz de 50 m.

El canal de entrada tiene dos alineaciones. La más exterior de 180 m de longitud y más 74 m de anchura total a cota 0 m, y 50 m al pie de los taludes. La más interior, de 200 m de longitud y anchura total variable de 60 a 80 m, aproximadamente.

La necesidad del cierre con la Dársena Interior se resuelve mediante la construcción de un muelle de 330 m que se prevé dedicarlo al tráfico de cruceros.



**Ilustración 6. Alternativa Poniente 1**  
Fuente: PDI 2011.

#### 4.2.3 Alternativa Poniente 2

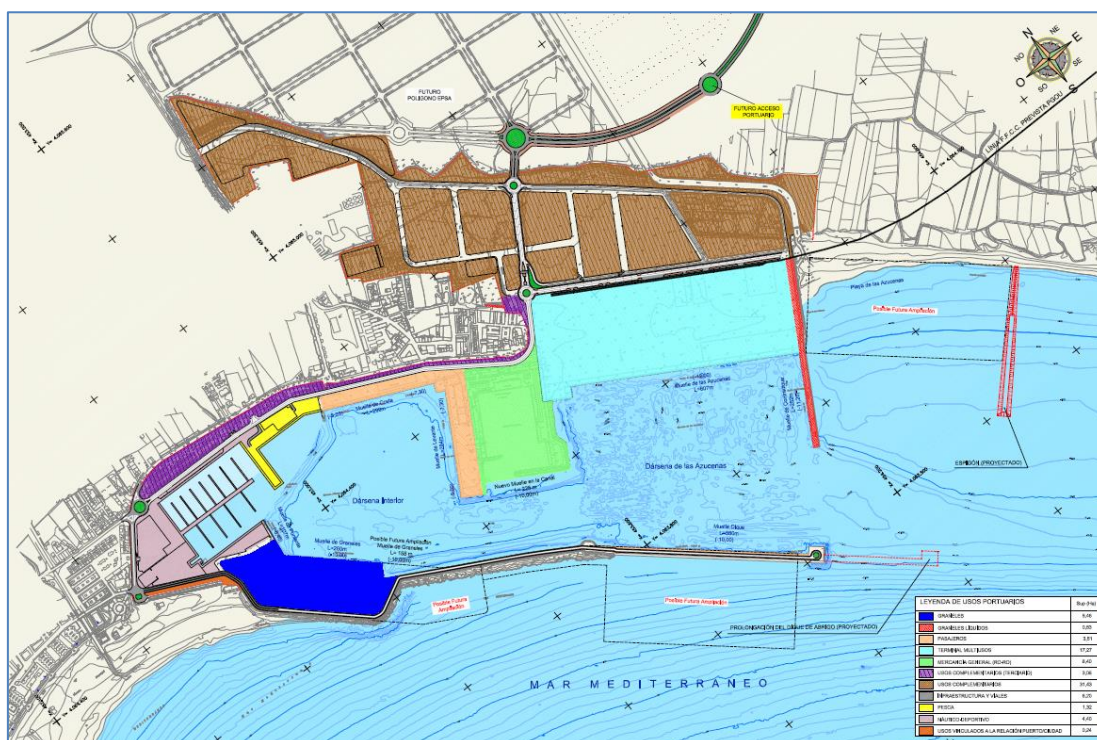
Esta solución consiste en reordenar las superficies portuarias reforzando la actual zona del club marítimo para la actividad náutico-deportiva que avanza hacia Poniente, ocupando todo el terreno allí existente y trasladando la actividad pesquera al extremo Oeste del Muelle de Costa.

Mantiene, en cierta manera, la filosofía actual del puerto, pero incrementa sustancialmente la parte dedicada a los amarres deportivos, trasladando la actividad pesquera, lo que permite liberar la actual dársena pesquera.

La flota recreativa se distribuye mediante un muelle central de Oeste a Este del que parten en perpendicular diferentes pantalanes. Así se consigue un total de 486 amarres, conectados con la Dársena Interior.

De forma anexa, y donde actualmente se encuentran los pantalanes del Club Náutico e inicio del Muelle de Costa, se crearía la nueva dársena pesquera que estaría también directamente conectada con la Dársena Interior.

Tanto la náutico-deportiva como la pesca, comparten ahora la Dársena Interior con el tráfico comercial, así como el resto de espacios marítimos: canal de entrada y bocana, a diferencia de lo que sucedía en las anteriores alternativas.



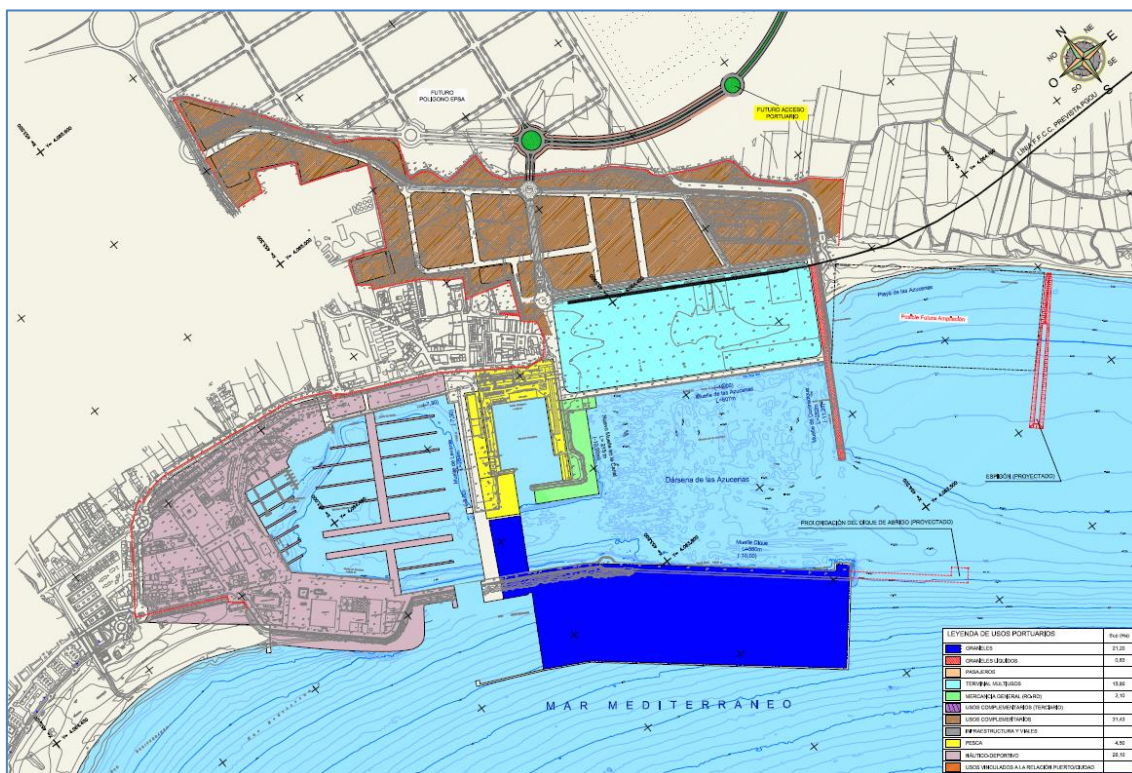
**Ilustración 7. Alternativa Poniente 2**  
Fuente: PDI 2011



#### 4.2.4 Alternativa Poniente 3

La Alternativa Poniente 3 deja la dársena pesquera donde se encuentra actualmente, cerrándose el canal de entrada a la Dársena Interior, que requiere así de una nueva bocana propia. Se crean así dos dársenas diferenciadas: la Dársena Interior que se dedica exclusivamente a usos náutico-deportivos y la Dársena Pesquera junto a la Dársena Pesquera destinadas a los usos comerciales portuarios.

Se prevé la creación de una explanada exterior adosada al dique, para compensar los déficits asociados a las pérdidas de la Dársena Interior y explanadas contiguas.



**Ilustración 8. Alternativa Poniente 3.**

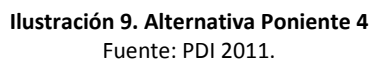
Fuente: PDI 2011

#### 4.2.5 Alternativa Poniente 4

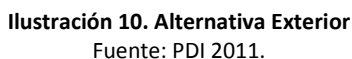
La Alternativa Poniente 4 destina la Dársena Interior a la actividad náutico-deportiva en su mayor parte, manteniendo el Muelle de Graneles, pero sin abrir una nueva bocana, como en el caso anterior.

Mantiene asimismo, la dársena pesquera en su actual posición intermedia. Esta posición junto con la de la dársena deportiva deja sin resolver el problema actual de “barrera” que plantea la dársena pesquera, al quedar el Muelle de Graneles y el Muelle Dique separado de la Dársena de las Azucenas.





De esta forma se crearían 8 Ha de nueva superficie terrestre para uso pesquero y náutico-deportivo. Se obtendría un puerto deportivo con una dotación de 434 amarres y una dársena anexa para el uso pesquero.



En el presente apartado se van a identificar las fuentes acústicas presentes en el Puerto de Motril, atendiendo a la clasificación basada en la *Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management (NoMEPorts)*, se agrupa en dos tipos de emisores:

- Se presenta a continuación una descripción de las instalaciones para tráficos específicos en donde se mencionan las principales fuentes a considerar:



### 5.1.1 Muelle de Costa

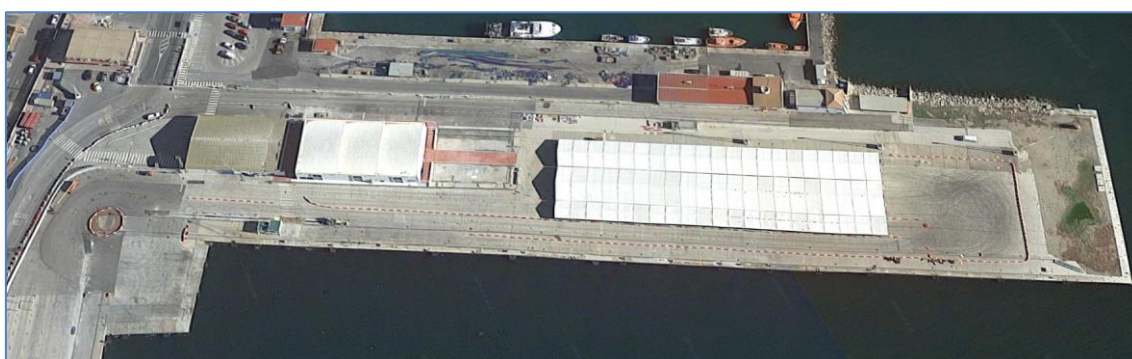


**Tabla 2. Características Muelle de Costa**

MUELLE DE COSTA	
Longitud	299 m
Calado	8m
Ancho	40m
Empleo	Línea regular Ro-Pax
Áreas de depósito descubiertas	18.612 m <sup>2</sup>

Fuente: APM, 2019.

### 5.1.2 Muelle de Levante



**Tabla 3. Características Muelle de Levante**

MUELLE DE LEVANTE	
Longitud	284 m
Calado	8 m
Ancho	45 m
Empleo	Línea regular Ro-Pax
Áreas de depósito descubiertas	10.990 m <sup>2</sup>
Estación marítima	489 m <sup>2</sup> , pasaje líneas Motril-Melilla, Alhucemas y Nador

Fuente: APM, 2019.

### 5.1.3 Muelle de Graneles



**Tabla 4. Características Muelle de Graneles**

MUELLE DE GRANELES	
Longitud	260m
Calado	10m
Ancho	Variable
Empleo	Graneles sólidos, líquidos y mercancía general
Áreas de depósito descubiertas	27.249 m <sup>2</sup>
Medios mecánicos de tierra	1 grúa, 1 spreader contenedor, 2 portacontenedores carretilla, 2 carretillas, 1 cinta transportadora, 1 pala cargadora, 1 tolva

Fuente: APM, 2019.

### 5.1.4 Muelle de Poniente

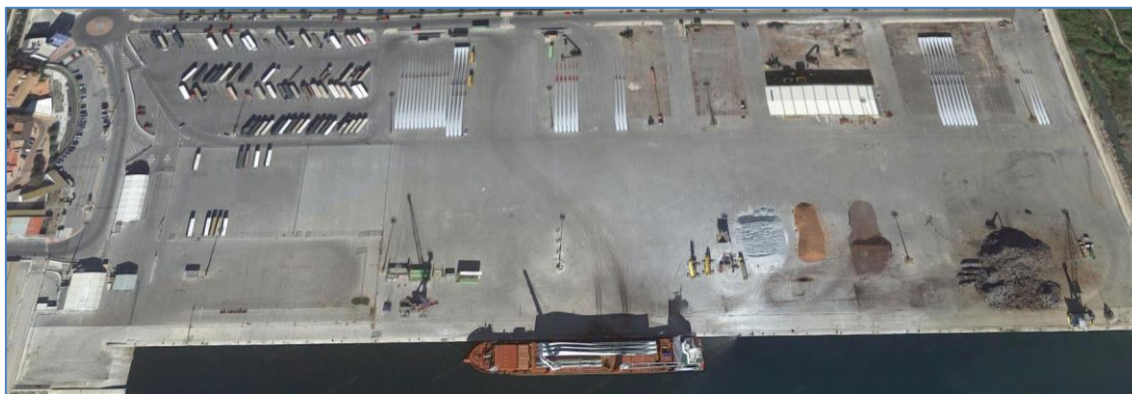


**Tabla 5. Características Muelle Poniente**

MUELLE PONIENTE	
Longitud	170m
Calado	7m
Ancho	30
Empleo	Graneles sólidos, graneles líquidos y pasaje turístico
Áreas de depósito descubiertas	25.951 m <sup>2</sup>
Medios mecánicos de tierra	1 grúa, 2 cucharas, 1 spreader contenedor, 1 carretilla, 1 cinta transportadora, 2 palas cargadoras, 1 tolva

Fuente: APM, 2019.

### 5.1.5 Muelle de Azucenas

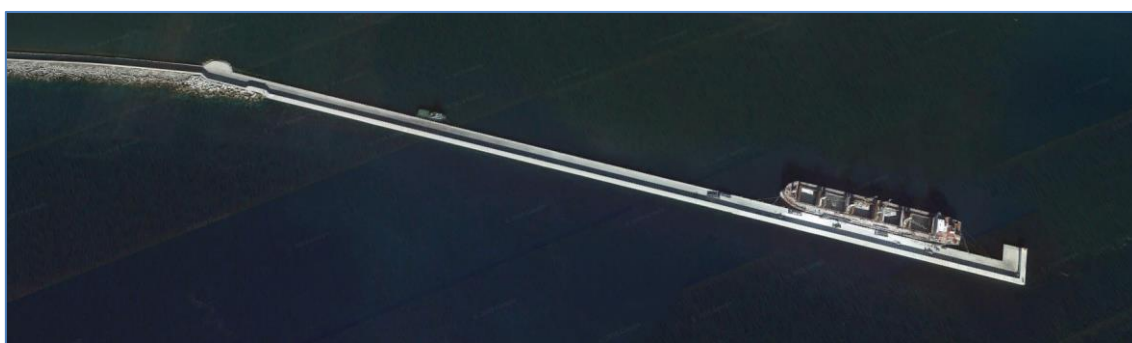


**Tabla 6. Características Muelle de Azucenas**

MUELLE AZUCENAS	
Longitud	607 m
Calado	12 m
Ancho	Variable
Empleo	Línea regular Ro-Pax, graneles y mercancía general
Áreas de depósito descubiertas	180.000 m <sup>2</sup>
Estación marítima	740 m <sup>2</sup> , pasajeros líneas Motril – TangerMed
Medios mecánicos de tierra	1 grúa, 1 spreader contenedor, 2 portacontenedores carretilla, 2 carretillas, 1 cinta transportadora, 1 palas cargadoras, 1 tolvas

Fuente: APM, 2019.

### 5.1.6 Muelle Dique



**Tabla 7. Características Muelle Dique.**

MUELLE DIQUE	
Longitud	860 m
Calado	13,5 m
Ancho	15 m
Empleo	Pasaje turístico, graneles líquidos y mercancía general
Áreas de depósito descubiertas	11.051 m <sup>2</sup>

Fuente: APM, 2019.



### 5.1.7 Muelle Contradique

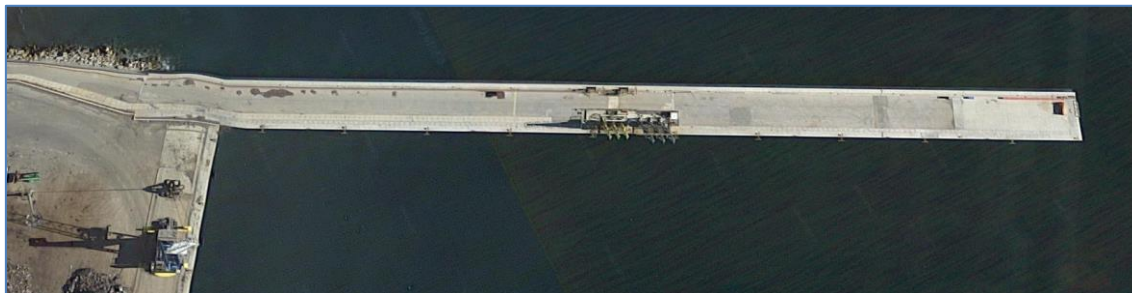


Tabla 8. Características Muelle Contradique

MUELLE CONTRADIQUE	
Longitud	252 m
Calado	13,5 m
Ancho	12
Empleo	Graneles líquidos
Áreas de depósito descubiertas	3.486 m <sup>2</sup>

Fuente: APM, 2019.

### 5.1.8 Muelle Pesquero

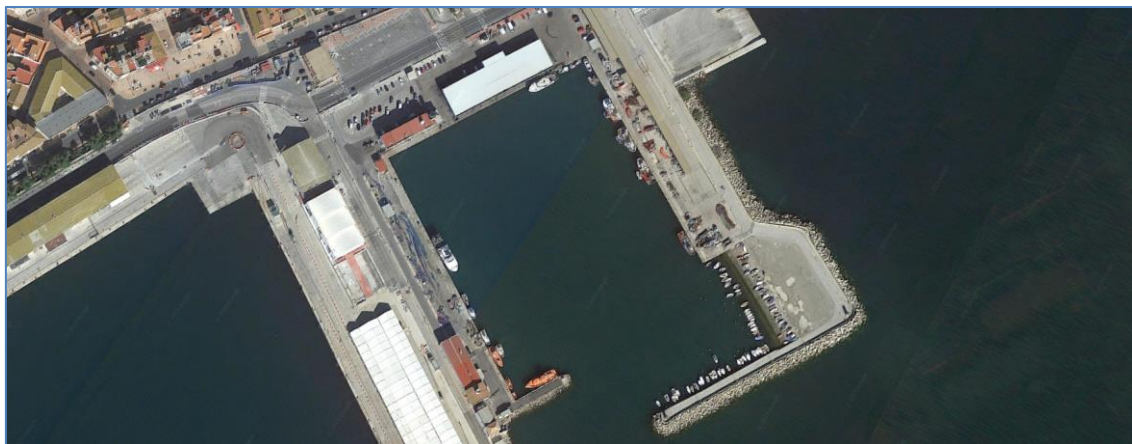


Tabla 9. Características Muelle Pesquero

MUELLE PESQUERO	
Longitud	458 m
Calado	4,5 m
Ancho	Variable
Empleo	Pesca / acuicultura
Áreas de depósito descubiertas	31.898 m <sup>2</sup>
Otros	Fábrica de hielo

Fuente: APM, 2019.

### 5.1.9 Zona de Actividades Logísticas (ZAL)



**Tabla 10. Características Zona de Actividades Logísticas (ZAL)**

ZONA DE ACTIVIDADES LOGÍSTICAS	
Áreas de depósito descubiertas	391.648 m <sup>2</sup>

Fuente: APM, 2019.

## 5.2 TRÁFICO VIARIO

A continuación, se muestra una imagen del viario interior (rojo) tenido en cuenta para la realización del Mapa de Ruido del Puerto:

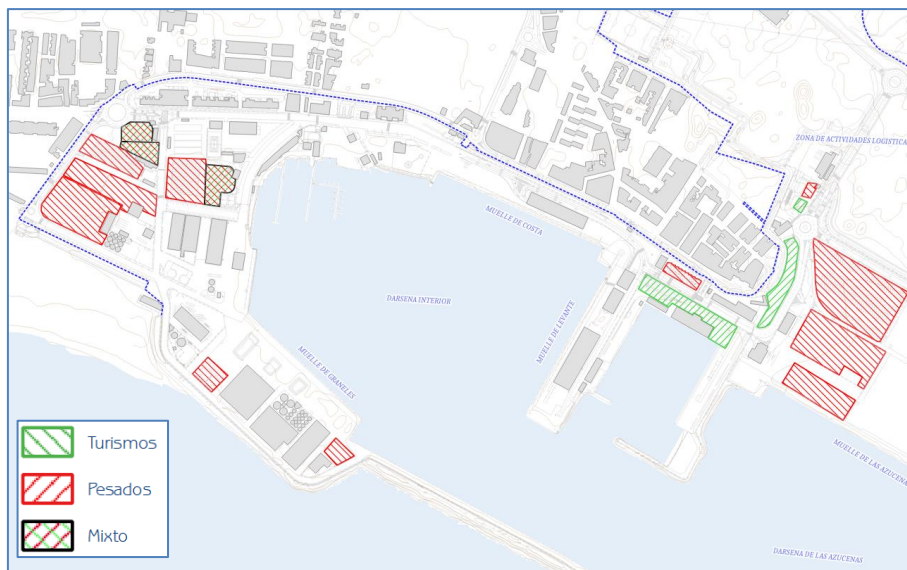


**Ilustración 11. Viario interior del Puerto de Motril**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

### 5.2.1 Zonas de aparcamiento de vehículos

Otra fuente acústica a considerar dentro del Puerto de Motril, son las áreas de aparcamiento.

Estas no se consideran fuentes demasiado relevantes para este estudio, ya que su aporte es mínimo en referencia al conjunto, no obstante, se tienen en cuenta y se diferencian aquellas áreas destinadas a estacionamiento exclusivo de turismos, y aquellas dirigidas a estacionamiento de vehículos pesados.



**Ilustración 12. Zonas de aparcamiento del Puerto de Motril**

Fuente: elaboración propia, 2019.

## 6 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Una vez se dispone de los datos básicos para caracterizar la zona de estudio, ha sido necesario realizar un análisis y tratamiento de los mismos con el fin de adaptar la información adecuadamente para su introducción en el modelo acústico tridimensional.

Este tratamiento de los datos requiere de la utilización de un sistema de información geográfica (SIG) que permita manipular los datos geográficos en función de nuestras necesidades. SINCOSUR Ingeniería Sostenible S.L. ha apostado por la implantación de un sistema de trabajo basado en software libre de código abierto (**Quantum GIS y Kosmo Desktop**)





**Ilustración 13. Softwares GIS utilizados.**

En los apartados posteriores se hace una breve descripción de las operaciones más comunes para el tratamiento de los datos geográficos:

## 6.1 CARTOGRAFÍA BASE

El tratamiento geográfico de la cartografía base contempla toda aquella información relativa a la topología, elementos del Puerto y entorno en general que caracterice la zona de estudio y nos permita crear el modelo acústico de cálculo.

Tomando como referencia la base cartográfica suministrada por la Autoridad Portuaria y con el apoyo de las distintas fuentes cartográficas restantes, ha sido posible construir una base cartográfica completa del área de estudio, actualizada y con un nivel de detalle elevado.

Previo a la obtención de la base cartográfica final, ha sido necesario incorporar al sistema de información geográfica QGIS cada uno de los distintos elementos disponibles para su correcta gestión, tratamiento y representación mediante capas vectoriales y raster. Este tipo de sistemas funcionan como una base de datos de información geográfica que trabajan con elementos gráficos, tablas y metadatos. Los elementos se disponen en forma de capas apiladas, almacenadas de forma independiente y, mediante el análisis conjunto de éstas, es posible obtener nuevas capas con más información.



**Ilustración 14. Cartografía base**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

Se ha obtenido una base cartográfica completa que incluye elementos como:

- Delimitación del Puerto
- Curvas de nivel
- Vías de tráfico
- Edificios, depósitos y otros elementos
- Hidrografía
- Obstáculos

Así mismo, para cada elemento se ha definido una tabla atributiva estructurada que lo caracteriza. La estructura de los elementos más significativos para caracterizar el entorno se muestra a continuación:

## EDIFICIOS

**Tabla 11. Estructura de la tabla de atributos de las edificaciones**

Atributo	Tipo	Descripción
<b>IDENTIF</b>	Entero	Número identificador del edificio
<b>REFCAT</b>	Texto	Referencia catastral del edificio
<b>ALTURA</b>	Real	Altura global del edificio, en metros, considerando todos los elementos del mismo
<b>USO</b>	Texto	Uso principal del edificio
<b>EDIF_SENSIBLE</b>	Texto	Nombre del edificio, en caso de disponer
<b>SUPERFICIE</b>	Real	Superficie en planta, en m <sup>2</sup>
<b>POBLACION</b>	Entero	Población total en la zona de población del edificios
<b>COEF_POB</b>	Real	Coficiente que determina la población por m <sup>3</sup> edificado, para cada sección censal
<b>POB_EDIFIC</b>	Entero	Población total estimada en el edificio, para edificios residenciales
<b>VOLUMEN</b>	Real	Volumen del edificio en m <sup>3</sup>
<b>ALUMNOS</b>	Entero	Alumnos, para edificios docentes
<b>CAMAS</b>	Entero	Número de camas, para edificios sanitarios

Fuente: elaboración propia, 2019.

## CARRETERAS

**Tabla 12. Estructura de la tabla de atributos de las carreteras**

Atributo	Tipo	Descripción
<b>NOM_VIA</b>	Texto	Nombre de la vía
<b>JERARQUIA</b>	Texto	Tipo de vía según el sistema de jerarquización viaria
<b>IMD_D</b>	Entero	Volumen de tráfico medio por hora para el periodo día
<b>IMD_T</b>	Entero	Volumen de tráfico medio por hora para el periodo tarde
<b>IMD_N</b>	Entero	Volumen de tráfico medio por hora para el periodo noche
<b>POR_PES_D</b>	Real	Porcentaje de vehículos pesados para el periodo día
<b>POR_PES_T</b>	Real	Porcentaje de vehículos pesados para el periodo tarde
<b>POR_PES_N</b>	Real	Porcentaje de vehículos pesados para el periodo noche
<b>VELOCIDAD</b>	Entero	Velocidad de paso
<b>ANCHO</b>	Real	Ancho de la calzada

Fuente: elaboración propia, 2019.



## CURVAS DE NIVEL

Tabla 13. Estructura de la tabla de atributos de las curvas de nivel.

Atributo	Tipo	Descripción
ALTURA	Real	Cota

Fuente: elaboración propia, 2019.

### 6.2 MODELO 3D

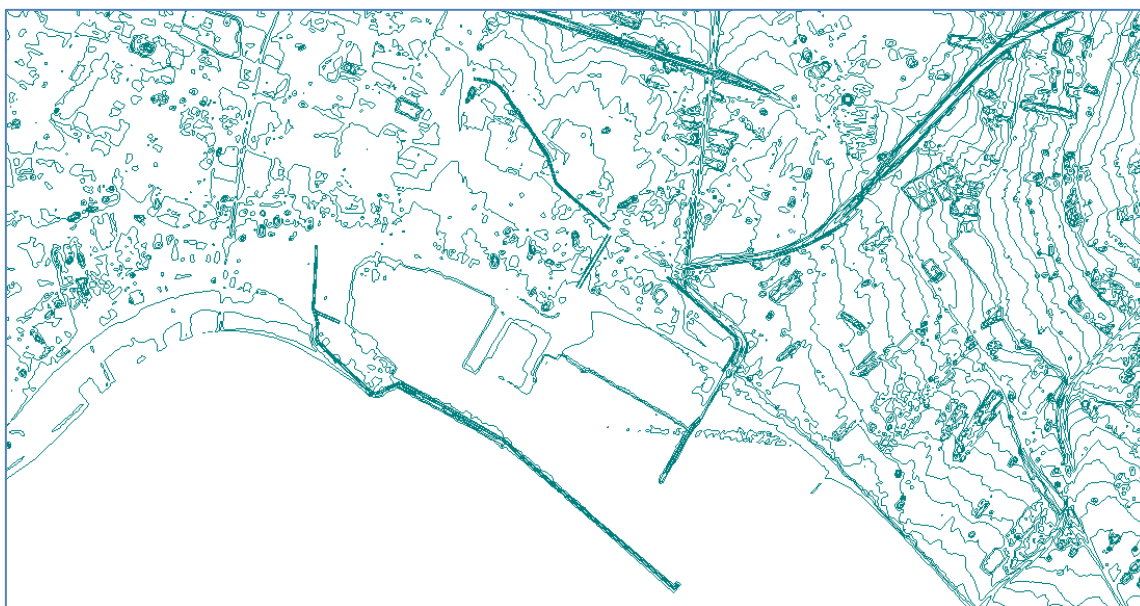
Para la elaboración del modelo tridimensional es necesario asignar a cada elemento una serie de parámetros que caractericen de forma adecuada la emisión acústica y sus propiedades. Esto se puede realizar en el programa de forma manual para cada uno de los elementos, no obstante, esta forma de trabajo resulta poco productiva a largo plazo.

Es una garantía de trabajo, sobre todo si se trabaja con un gran volumen de información, como es nuestro caso, incluir los parámetros necesarios para caracterizar cada elemento dentro de la información atributiva que contiene cada archivo geográfico, mediante el sistema SIG, de tal manera que posteriormente se pueda configurar el modelo tridimensional de forma semi-automática en base a esta información almacenada.

Teniendo en cuenta esto, se han producido archivos geográficos diferenciados, que no contengan nada más que un mismo tipo de elemento, independientemente del número de objetos que albergue, con cierta información esencial que la caracterice.

### 6.3 TRATAMIENTO DE LAS CURVAS DE NIVEL

A partir del Modelo Digital del Terreno con paso de malla de 5 m, obtenido por estereocorrelación automática de vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con resolución de 25 a 50 cm/píxel, revisada e interpolada con líneas de ruptura donde fuera viable, o bien por interpolación a partir la clase terreno de vuelos LIDAR del PNOA; se han generado curvas de nivel de la zona de estudio cada 1 m:



**Ilustración 15. Curvas de nivel generadas**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

## 6.4 TRATAMIENTO DE LAS EDIFICACIONES

Ha sido necesario aplicar una serie de procedimientos sobre la cartografía de las edificaciones para asegurar su correcta caracterización. A continuación, se exponen las más relevantes.

### 6.4.1 *Delimitación de los recintos de edificaciones*

Para la delimitación de los recintos que conformarán la entidad de edificaciones se ha utilizado la cartografía digital 1:1.000 del Catastro.



**Ilustración 16. Edificaciones y delimitación recintos del catastro**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

Como se puede apreciar en la figura anterior, dicha cartografía cuenta con un grado de detalle bastante elevado. Para la posterior elaboración del modelo acústico, ha sido necesario establecer procedimientos para simplificar esta cartografía, a nivel de edificios.

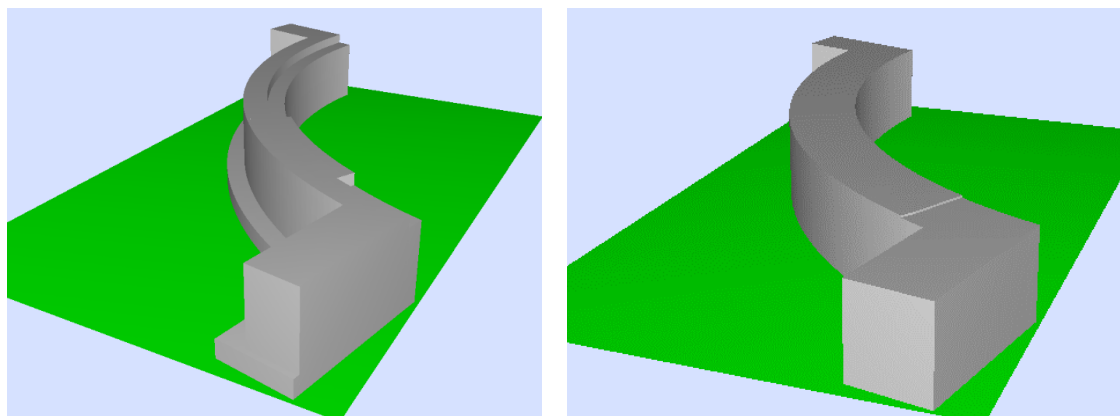
#### 6.4.2 *Tratamiento de los datos de alturas de las edificaciones*

Para determinar la altura de las edificaciones se ha acudido a la información del número de plantas que almacena cada edificio de la cartografía catastral. Esta información se encuentra en formato de número romanos, por lo que ha sido necesario la conversión de este formato a número real para que el sistema sobre el que se desarrolle el modelo acústico pueda reconocer los datos de altura.

Únicamente se han tenido en cuenta los valores positivos de plantas, desechando valores negativos, correspondientes a elementos subterráneos, y los patios, piscinas, y otros elementos considerados en los datos catastrales que no sean de interés en cuanto a la restitución del modelo tridimensional.

Para la restitución tridimensional del modelo acústico ha sido necesario hacer una simplificación de la cartografía de las edificaciones a nivel de bloque de edificios. Desde el punto de vista acústico, la simplificación de la cartografía a este nivel de detalle no supone una diferencia en los resultados de los niveles acústicos y nos permite optimizar el modelo y reducir drásticamente el tiempo de cálculo.

Los datos catastrales proporcionan información de altura de cada bloque, azotea, nave, patio, etc., habiendo sido necesario, para simplificar la cartografía, a partir de todas estas alturas, definir una única altura para cada manzana que caracterice de forma adecuada todo el conjunto, como se puede apreciar en el ejemplo posterior.



**Ilustración 17. Simplificación realizada en las edificaciones**

Para ello, haciendo uso de las herramientas SIG disponibles, ha sido necesario definir un criterio para establecer una altura única a partir de todas las que formen un mismo bloque de edificios.

A priori, se podría pensar que la altura media podría ser el valor que mejor caracterizase el edificio, no obstante, en multitud de pruebas realizadas se ha comprobado que es muy común que un bloque de edificios de elevada altura cuente con una media de altura más pequeña debido a la acción de pequeños bloques de altura de un piso. Por lo tanto, para obtener una altura aproximada se ha determinado el incremento de la altura media mediante un factor variable de cada edificio. Dicho factor se ha ideado como la mitad de la diferencia entre la altura máxima y la altura media. Se ha comprobado que las alturas obtenidas con este criterio se ajustan bastante bien a las que, mediante inspección visual, se asignarían a cada edificio.

$$Altura = Altura_{media} + \left( \frac{Altura_{max} - Altura_{media}}{1.25} \right)$$

La altura máxima de cada bloque y la altura media se tendrán que obtener a partir de operaciones estadísticas con el sistema de información geográfica.

#### 6.4.3 *Asignación del uso y población de los edificios*

Para la asignación del atributo de la tipología de la edificación se ha utilizado como punto de partida el Plan General de Ordenación Urbana, definiendo las siguientes tipologías:

- Residencial
- Cultural
- Docente
- Industrial
- Otros
- Recreativo
- Sanitario
- Terciario

De forma adicional, se ha hecho uso de las siguientes fuentes de datos para la determinación y comprobación de las tipologías de edificios:

- Google Street View.
- Toma de datos de campo

Con respecto a la población de los edificios residenciales, no ha sido posible obtener datos exactos de la población por portales, por lo que ha sido necesario realizar una estimación de la misma a partir de los datos de población por secciones censales suministradas por el Ayuntamiento.

Para la distribución de la población en la edificación se han seguido los siguientes pasos:

- Cálculo de la superficie edificada del edificio.
- Suma de la superficie edificada en cada sección censal.

- Reparto de la población en la sección censal a cada edificio teniendo en cuenta la superficie total edificada dentro de la sección censal y la superficie edificada del edificio.

## 6.5 TRATAMIENTO DE LOS VIARIOS

En este apartado se detallará el proceso seguido para obtener la información de los ejes viarios y sus características.

### 6.5.1 Eje 3D

Para adecuar de forma precisa las características y morfología de las carreteras localizadas en el área de estudio ha sido necesario incluir, para cada tramo, información sobre el trazado con una resolución tal que asegurase una correcta representación de la situación real.

### 6.5.2 Definición del viario

Para la definición del viario se han distinguido dos tipos de ejes:

- **Eje de la vía:** Constituye una línea única que define la carretera, discurrendo por el punto medio de la plataforma.
- **Eje de modelización:** representan cada uno de los sentidos de circulación, siendo de especial interés para la realización de los cálculos acústicos. Considerando la intensidad media diaria de una vía cualquiera, se asigna la mitad del tráfico correspondiente de cada tramo a cada uno de los ejes de modelización.

### 6.5.3 Incorporación de los datos de tráfico y geometría a las vías

De cada uno de los ejes propuestos se ha elaborado un elemento geográfico que contiene la carretera subdividida en un número concreto de tramos.

## 7 CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO

### 7.1 FUENTES INDUSTRIALES

#### 7.1.1 Situación actual

De los datos facilitados por la Autoridad Portuaria y de la memoria anual 2.017 y 2.016 obtenemos la siguiente información:

**Tabla 14. Distribución de la mercancía por muelle embarque. Utilización de los muelles**

MUELLE / EMBARQUE	MERCANCÍA/ PASAJE	EMBARQUE	DESEMBARQUE	TRÁNSITO	TOTAL
<b>MUELLE DE GRANELES</b>	Graneles líquidos	0	21.116	0	21.116
	Graneles sólidos	106.594	23.009	0	129.603



MUELLE / EMBARQUE	MERCANCÍA/ PASAJE	EMBARQUE	DESEMBARQUE	TRÁNSITO	TOTAL
	Mercancía general	3.031	5.503	0	8.534
<b>MUELLE DE PONIENTE</b>	Graneles sólidos	55.082	27.031	0	82.113
	Pasajeros	0	2	729	731
<b>MUELLE DE COSTA</b>	Mercancía general	22.469	7.245	0	29.714
	Pasajeros	37.631	29.649	1.041	68.321
<b>MUELLE DE LEVANTE</b>	Mercancía general	214.670	65.570	0	280.239
	Pasajeros	134.299	130.937	0	265.236
<b>MUELLE DE AZUCENAS</b>	Graneles líquidos	0	11.364	0	11.364
	Graneles sólidos	111.349	167.564	0	278.913
	Mercancía general	204.583	246.645	0	451.228
	Pasajeros	4.303	8.333	0	12.636
<b>CONTRADIQUE</b>	Graneles líquidos	0	921.574	0	921.574
<b>DIQUE</b>	Graneles líquidos	0	95.850	0	95.850
	Graneles sólidos	0	19.484	0	19.484
	Mercancía general	0	5.045	0	5.045
	Pasajeros	0	2	2.200	2.202

Fuente: APM, 2019.

Conociendo el total de mercancías de cada muelle y su distribución por tipo de buque podemos obtener el porcentaje del total de mercancías de cada muelle y por tanto el número de buques en cada muelle atendiendo al tipo de mercancía.

Tabla 15. Nº de buques por muelle/embarque

MUELLE / EMBARQUE	MERCANCÍA / PASAJE	TOTAL	% DEL TOTAL	Nº BUQUES
<b>MUELLE DE GRANELES</b>	Graneles líquidos	21.116	0,90	12
	Graneles sólidos	129.603	5,55	75
	Mercancía general	8.534	0,37	5
<b>MUELLE DE PONIENTE</b>	Graneles sólidos	82.113	3,52	48
	Pasajeros	731	0,21	3
<b>MUELLE DE COSTA</b>	Mercancía general	29.714	1,27	17
	Pasajeros	68.321	19,61	333
<b>MUELLE DE LEVANTE</b>	Mercancía general	280.239	12,00	162
	Pasajeros	265.236	76,13	1293
<b>MUELLE DE AZUCENAS</b>	Graneles líquidos	11.364	0,49	7
	Graneles sólidos	278.913	11,95	162
	Mercancía general	451.228	19,33	261
	Pasajeros	12.636	3,63	62
<b>CONTRADIQUE</b>	Graneles líquidos	921.574	39,47	534
<b>DIQUE</b>	Graneles líquidos	95.850	4,11	56
	Graneles sólidos	19.484	0,83	11
	Mercancía general	5.045	0,22	3
	Pasajeros	2.202	0,63	11

Fuente: APM, 2019.

Conociendo los metros lineales de atraque y los metros lineales por línea de atraque (memoria anual 2017), se puede conocer el tiempo de estancia medio (días de atraque) de los buques en Puerto:

**Tabla 16. Metros y días de atraque**

<b>Metros lineales de atraque (suma de esloras)</b>	188.507
<b>Metros lineales por días de atraque</b>	310.454
<b>Días atraque</b>	1,65 días

Fuente: APM, 2019.

Para los buques de pasaje se ha usado como tiempo de estancia el valor de 0,068 días de estancia, el dato ha sido obtenido de trabajos similares.

Por tanto, el número de buques por estancia media es:

**Tabla 17. Nº de buques por estancia medida**

MUELLE / EMBARQUE	Nº BUQUES	Nº DE BUQUES POR ESTANCIA MEDIA
<b>MUELLE DE GRANELES</b>	92	152
<b>MUELLE DE PONIENTE</b>	51	79
<b>MUELLE DE COSTA</b>	350	51
<b>MUELLE DE LEVANTE</b>	1.456	355
<b>MUELLE DE AZUCENAS</b>	490	712
<b>CONTRADIQUE</b>	534	880
<b>DIQUE</b>	80	116

Fuente: APM, 2019.

Con toda esta información se ha realizado un análisis pormenorizado de las distintas fuentes industriales existentes en el Área de Estudio, considerando la agrupación de cara a la incorporación del modelo en fuentes puntuales, lineales y superficiales, identificando las siguientes:

Una vez introducido en el modelo las distintas fuentes, es necesario establecer el tiempo de funcionamiento de cada fuente, para ello se ha tenido en cuenta la actividad y movimiento de mercancías en cada una de las zonas del puerto, atendiendo a las hipótesis planteadas en apartados anteriores.

### 7.1.2 Año horizonte

En el PDI se realiza una previsión de tráfico teniendo en cuenta tres hipótesis: optimista, media y pesimista.

Los modelos acústicos realizados para las diferentes alternativas estudiadas han tenido en cuenta la hipótesis optimista con el fin de estar siempre en la situación más desfavorable en materia de contaminación acústica.

Por tanto, la previsión optimista con respecto al tráfico en el PDI para el año 2.026 y su variación con respecto a la situación actual es la que se muestra a continuación:

**Tabla 18. Previsión de tráfico optimista año 2026**

MERCANCÍA	TRÁFICO 2.018	PREVISIÓN TRÁFICO 2.026	VARIACIÓN
Contenedores	341 TEUS	731 TEUS	114,37 %
Pasaje en línea regular	207 mpax	306 mpax	47,82 %
Pasaje en crucero	5 mpax	19 mpax	280 %
Graneles Sólidos	558 mt	890 mt	59,5 %
Graneles Líquidos	1.341 mt	1.982 mt	47,8 %
Mercancía general	920 mt	1.878 mt	104,1 %
Avituallamiento	31 mt	43 mt	38,7%

Fuente: APM, 2019.

La previsión realizada en el PDI para el nº de buques es la siguiente:

**Tabla 19. Previsión de nº de buques**

TIPO DE BUQUES	NÚMERO ESCALAS
Crucero	54
Buques	1.857

Fuente: APM, 2019.

Se han mantenido las mismas estancias medias que en la situación actual.

## 7.2 FUENTES VIARIAS

### 7.2.1 Situación actual

La caracterización acústica de las fuentes viarias del Puerto se realiza a partir de parámetros como el volumen de tráfico, la velocidad de paso o el tipo de vehículos que circulan.

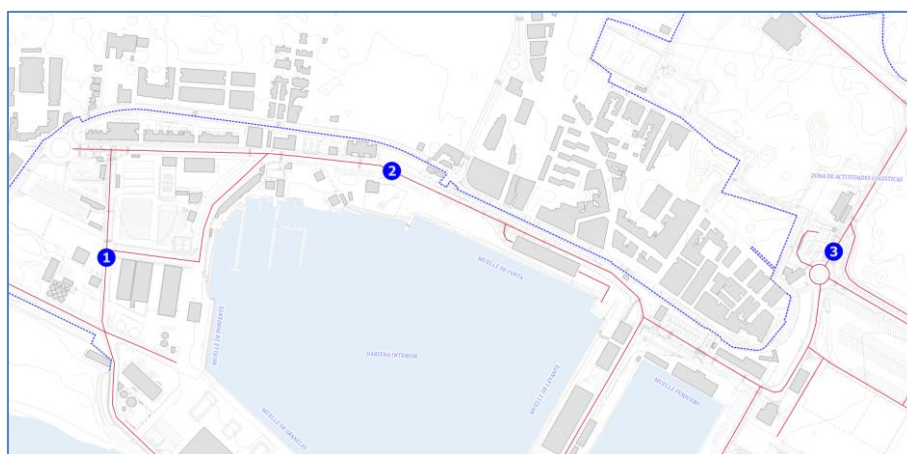
Para la caracterización acústica de estas fuentes se ha tenido en cuenta únicamente el tráfico exclusivo del Puerto.

Estaciones de aforos del Ministerio de Fomento:

- Estación GR-182-3 carretera N-323, datos de IMD año 2018: 6.309 y 7,75 % pesados
- Estación GR-213-3 carretera N-47 a, datos de IMD año 2018: 8.478 y 8,1 % pesados

Se ha realizado una toma de datos de campo mediante aforos manuales de una duración de 15 minutos en el periodo día en 3 puntos del viario interior del Puerto, la ubicación de los puntos se muestra a continuación:





**Ilustración 18. Puntos de afro de vehículos**

Fuente: elaboración propia, 2019.

El resultado de los conteos realizados es:

**Tabla 20. Conteos manuales realizados**

AFORO	LIGEROS	PES1	PES2	MOT1	MOT2	TOTAL	TOTAL 1 HORA	IMD
AF-1	20	0	7	0	0	27	108	1.771
AF-2	29	0	7	1	0	37	148	2.427
AF-3	19	0	6	0	2	27	108	1.771

Fuente: elaboración propia, 2019.

Atendiendo la Guía de buenas prácticas (European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) de enero de 2006, apartado 2.10, conocido un valor horario se puede realizar una aproximación al total de las 24 horas, conforme a las siguientes recomendaciones:

Road Traffic Flows	Metropolitan / Main Roads	Inter-District Roads
$Q_d$ -Flow for the 12 hour day	$= Q_{peak} * 12$	$= Q_{peak} * 0.7 * 12$
$Q_e$ -Flow for the 4 hour evening	$= Q_{peak} * 0.7 * 4$	$= Q_{peak} * 0.5 * 4$
$Q_n$ -Flow for the 8 hour night	$= Q_{peak} * 0.2 * 8$	$= Q_{peak} * 0.1 * 8$

**Ilustración 19. Aproximación para la caracterización del tráfico de la Guía de buenas prácticas.**

Aplicándolo a los datos obtenidos tenemos unas Intensidades Medias Diarias y su reparto por el periodo:

**Tabla 21. Intensidades medias diarias y horarias**

AFORO	IMD	IMH_día	IMH_tarde	IMH_noche
AF-1	1.771	1.296	302	173
AF-2	2.427	1.776	414	237
AF-3	1.771	1.296	302	173

Fuente: elaboración propia, 2019.

Además de estos datos se han tenido en cuenta información relevante en este sentido incluida en la memoria de sostenibilidad del puerto del año 2017 en el que se indica:

- El 76,22 % de la mercancía entra y sale del puerto por rodadura, esto implica el movimiento de 1.764.903 TN, dividiendo entre 20 TN, tenemos un total anual de 88.245 camiones, generando un movimiento diario de 241 camiones/día
- De acuerdo a los datos de embarque RO-Ro el número de vehículos que entran y salen al año son 277.872 lo que genera un movimiento diario de 762 veh./día

El reparto interior de los tráficos se ha realizado en base a los contajes, al movimiento de mercancías por muelle y a un reparto en función de las características del viario.

### 7.2.2 Año horizonte

Se mantiene el número de vehículos ligeros y se aumenta el número de pesados atendiendo a las variaciones en las mercancías.

## 8 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ACÚSTICO

Una vez se han determinado y evaluado los datos de entrada y se han identificado y caracterizado adecuadamente mediante estudios y mediciones las fuentes de ruido, estamos en disposición de elaborar los modelos acústicos que determinen el Mapa de Ruido del Puerto Motril.

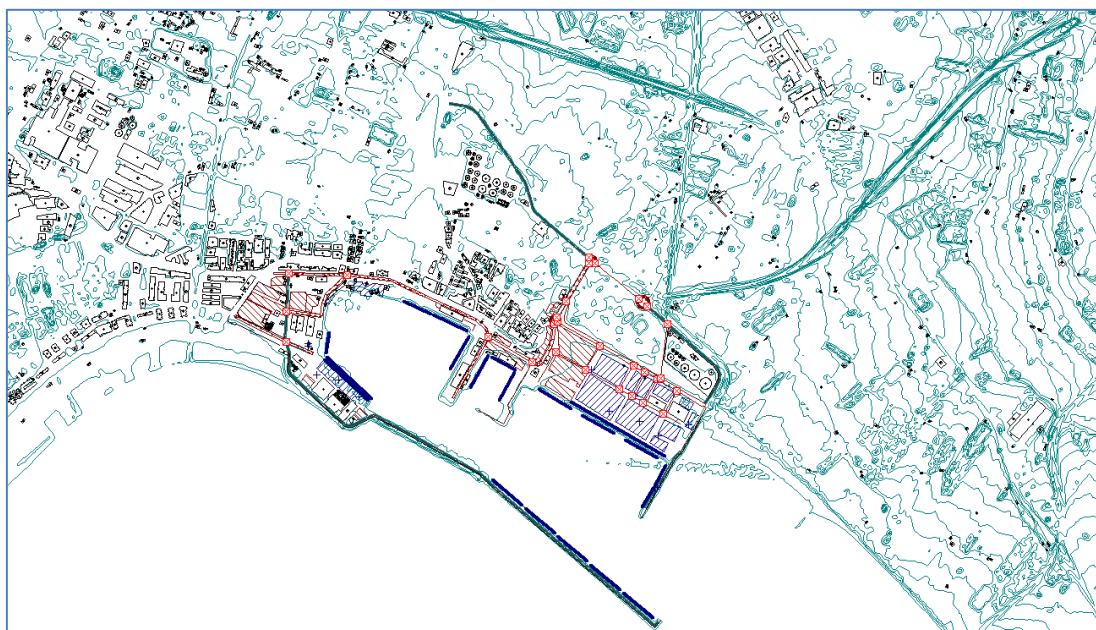
Para el cálculo y representación de los mapas se han diferenciado los siguientes focos, atendiendo a los criterios establecidos por la Directiva Europea 2002/49/CE:

- Tráfico viario
- Fuentes sonoras industriales
- Total de emisores acústicos

### 8.1 SOFTWARE DE SIMULACIÓN ACÚSTICA

Para la elaboración del modelo acústico tridimensional y procesado del cálculo matemático se han utilizado diversas licencias del programa CadnaA Versión 2019 MR 2, permitiendo el cálculo diversificado del mismo modelo a través de una red de ordenadores.





**Ilustración 20. Vista software simulación acústica**

Fuente: elaboración propia, 2019.

En este apartado se enumeran los modelos matemáticos que se han empleado en el software de simulación para determinar los niveles sonoros conforme a la legislación básica estatal en materia de contaminación acústica y atendiendo a las fuentes de ruido identificadas en el apartado 5:

- Modelo de Tráfico Viario: método CNOSSOS
- Modelo de ruido industrial: método CNOSSOS

## 8.2 MODELOS DE SIMULACIÓN

A partir de la información obtenida y georreferenciada, ha sido posible construir el modelo acústico tridimensional. A continuación, se describe todo el proceso para tal efecto:

El método CNOSSOS-EU es el nuevo método común europeo para la elaboración de los mapas de ruido. Implica cambios en la forma de caracterizar la emisión y la propagación del ruido en los diferentes focos de ruido ambiental.

### 8.2.1 Modelo de tráfico viario

#### 8.2.1.1 Descripción de la fuente

##### **CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS**

La fuente de ruido del tráfico vial se determinará mediante la combinación de la emisión de ruido de cada uno de los vehículos que forman el flujo del tráfico. Estos vehículos se agrupan



en cinco categorías independientes en función de las características que posean en cuanto a la emisión de ruido:

- Categoría 1: Vehículos de motor ligeros
- Categoría 2: Vehículos pesados medianos
- Categoría 3: Vehículos pesados
- Categoría 4: Vehículos de dos ruedas
- Categoría 5: Categoría abierta

En el caso de los vehículos de dos ruedas, se definen dos subclases independientes para los ciclomotores y las motocicletas de mayor potencia, ya que los modos de conducción son diversos y, además, suelen variar significativamente en número. Se usarán las primeras cuatro categorías, y la quinta será opcional. Se prevé el establecimiento de otra categoría para los nuevos vehículos que puedan fabricarse en el futuro que presenten características suficientemente diferentes en términos de emisiones de ruido. Esta categoría podría englobar, por ejemplo, los vehículos eléctricos o híbridos o cualquier vehículo que se fabrique en el futuro que difiera significativamente de los de las categorías 1 a 4.

Los detalles de las diferentes clases de vehículos se detallan a continuación:

Clases de vehículos

Categoría	Nombre	Descripción	Categoría de vehículo en CE Homologación de tipo del vehículo completo <sup>(1)</sup>
1	Vehículos de motor ligeros	Turismos, camionetas ≤ 3,5 toneladas, todocaminos <sup>(2)</sup> , vehículos polivalentes <sup>(3)</sup> , 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

<sup>(1)</sup> 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.

<sup>(2)</sup> Todocaminos.

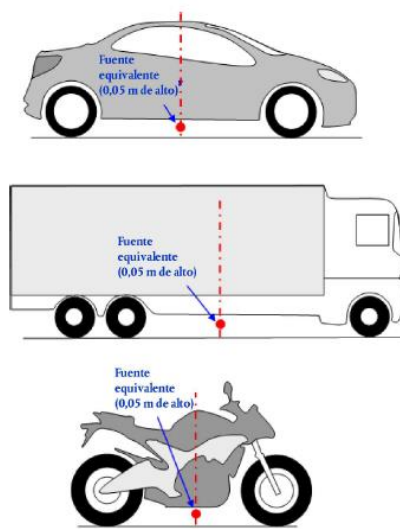
<sup>(3)</sup> Vehículos polivalentes.

#### Ilustración 21. Clases de vehículos consideradas en el modelo CNOSSOS

### NÚMERO Y SITUACIÓN DE FUENTES SONORAS EQUIVALENTES

En este método, cada vehículo (categorías 1, 2, 3, 4 y 5) se representa mediante una fuente de un solo punto que se irradia de manera uniforme en el espacio medio  $\pi$  por encima del suelo. La primera reflexión sobre el asfalto se trata de manera implícita. Como se ilustra en la figura, esta fuente puntual se ubica a 0,05 m por encima del asfalto.

Ubicación de la fuente puntual equivalente en vehículos ligeros (categoría 1), vehículos pesados (categorías 2 y 3) y vehículos de dos ruedas (categoría 4)



**Ilustración 22. Ubicación fuente puntual**

El flujo de tráfico se representa mediante una línea de fuentes. Al diseñar una carretera con varios carriles, lo ideal es representar cada carril con una línea de fuentes ubicada en el centro de cada carril. No obstante, también se puede dibujar una línea de fuentes en el medio de una carretera de doble sentido o una línea de fuentes por cada calzada en el carril exterior de carreteras con varios carriles

### **EMISIÓN DE LA POTENCIA ACÚSTICA**

La potencia acústica de la fuente se define en el «campo semilibre», por lo que la potencia acústica comprende el efecto de la reflexión sobre el suelo inmediatamente debajo de la fuente modelizada en la que no existen objetos perturbadores en su entorno más próximo, salvo en el caso de la reflexión sobre el asfalto que no se produce inmediatamente debajo de la fuente modelizada.

#### **Flujo de tráfico**

La emisión de ruido de un flujo de tráfico se representa mediante una línea de fuentes caracterizada por su potencia acústica direccional por metro y por frecuencia. Esto se corresponde con la suma de la emisión de ruido de cada uno de los vehículos del flujo de tráfico, teniendo en cuenta el tiempo durante el cual los vehículos circulan por el tramo de carretera considerado. La implementación de cada vehículo del flujo requiere la aplicación de un modelo de flujo de tráfico.

Si se supone un flujo de tráfico continuo de vehículos  $Q_m$  de la categoría  $m$  por hora, con una velocidad media de  $v_m$  (en km/h), la potencia acústica direccional por metro en la banda de frecuencias  $i$  de la línea de fuentes  $L_{W',eq,line,i,m}$  se define mediante:

$$L_{W',eq,line,i,m} = L_{W,i,m} + 10 \times \lg\left(\frac{Q_m}{1\,000 \times v_m}\right)$$

donde  $L_{W,i,m}$  es la potencia acústica direccional de un único vehículo.  $L_{W',m}$  se expresa en dB (re.  $10^{-12}$  W/m). Los niveles de potencia acústica se calculan para cada banda de octava i comprendida entre 125 Hz y 4 kHz.

Los datos de flujo de tráfico  $Q_m$  se expresarán como un promedio anual por horas, por período de tiempo (día, tarde y noche), por clase de vehículo y por línea de fuentes. Para todas las categorías se utilizarán los datos de entrada sobre el flujo de tráfico derivados del aforo de tráfico o de los modelos de tráfico.

La velocidad  $v_m$  es una velocidad representativa por categoría de vehículo: en la mayoría de los casos, la velocidad máxima permitida más baja para el tramo de carretera y la velocidad máxima permitida para la categoría de vehículos. Si no se encuentran disponibles los datos de mediciones locales, se utilizará la velocidad máxima permitida para la categoría de vehículos.

#### Vehículo individual

En el flujo de tráfico, se supone que todos los vehículos de la categoría m circulan a la misma velocidad, es decir,  $v_m$ , la velocidad media del flujo de vehículos de la categoría.

Un vehículo de carretera se modeliza mediante un conjunto de ecuaciones matemáticas que representan las principales fuentes de ruido:

- Ruido rodante por la interacción producida por el contacto rueda-firme.
- Ruido de la propulsión producido por la fuerza de transmisión (motor, escape, etc.) del vehículo.

El ruido aerodinámico se incorpora a la fuente del ruido de rodadura.

En el caso de los vehículos ligeros, medianos y pesados (categorías 1, 2 y 3), la potencia acústica total se corresponde con la suma energética del ruido rodante y del ruido de la propulsión. Por tanto, el nivel de potencia acústica total de las líneas de fuentes  $m = 1, 2$  o  $3$  se define mediante:

$$L_{W,i,m}(v_m) = 10 \times \lg(10^{L_{WR,i,m}(v_m)/10} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m)/10})$$

donde  $L_{WR,i,m}$  es el nivel de potencia acústica para el ruido rodante y  $L_{WP,i,m}$ , el nivel de potencia acústica para el ruido de la propulsión. Esto es válido para todas las gamas de velocidades. Para velocidades inferiores a 20 km/h, ha de tener el mismo nivel de potencia acústica definido por la fórmula para  $v_m = 20$  km/h.



Para los vehículos de dos ruedas (categoría 4), para la fuente solo se considera el ruido de la propulsión:

$$L_{W,i,m=4}(v_m=4) \approx L_{WP,i,m=4}(v_m=4)$$

Esto es válido para todas las gamas de velocidades. Para velocidades inferiores a 20 km/h, ha de tener el mismo nivel de potencia acústica definido por la fórmula para  $v_m = 20$  km/h.

#### 8.2.1.2 Condiciones de referencia

Los coeficientes y las ecuaciones de la fuente son válidos para las siguientes condiciones de referencia:

- una velocidad constante del vehículo;
- un firme liso;
- una temperatura del aire  $t_{ref} = 20$  °C;
- un asfalto de referencia virtual, formado por una media de aglomerado asfáltico denso 0/11 y asfalto mezclado con mastique y áridos 0/11, con una antigüedad de entre 2 y 7 años y en un estado de mantenimiento representativo;
- un asfalto seco;
- neumáticos sin clavos.

#### 8.2.1.3 Ruido rodante

##### Ecuación general

El nivel de potencia acústica del ruido rodante en la banda de frecuencias  $i$  para un vehículo de la clase  $m = 1, 2$  o  $3$  se define como:

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \times \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WR,i,m}$$

Los coeficientes  $A_{R,i,m}$  y  $B_{R,i,m}$  se ofrecen en bandas de octava para cada categoría de vehículo y para una velocidad de referencia  $v_{ref} = 70$  km/h.  $\Delta L_{WR,i,m}$  se corresponde con la suma de los coeficientes de corrección que se han de aplicar a la emisión de ruido rodante para condiciones específicas del firme o del vehículo halladas a partir de las condiciones de referencia:

$$\Delta L_{WR,i,m} = \Delta L_{WR,road,i,m} + \Delta L_{studdedtyres,i,m} + \Delta L_{WR,acc,i,m} + \Delta L_{W,temp}$$

$\Delta L_{WR,road,i,m}$  representa el efecto que tiene en el ruido rodante un asfalto con propiedades acústicas distintas a las de la superficie de referencia virtual, como se define en el capítulo 2.2.2. Incluye el efecto en la propagación y en la generación.

$\Delta L_{studded\ tires,i,m}$  es un coeficiente de corrección que representa el ruido rodante más alto de los vehículos ligeros equipados con neumáticos con clavos.  $\Delta L_{WR,acc,i,m}$  indica el efecto que tiene en el ruido rodante una intersección con semáforos o una rotonda. Comprende el efecto que la variación de velocidad tiene en el ruido.

$\Delta L_{W,temp}$  es un término de corrección para una temperatura media  $\tau$  distinta de la temperatura de referencia  $\tau_{ref} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### Efecto de la temperatura del aire en la corrección del ruido rodante

La temperatura del aire afecta a la emisión de ruido rodante; de hecho, el nivel de potencia acústica rodante disminuye cuando aumenta la temperatura del aire. Este efecto se introduce en la corrección del asfalto. Las correcciones del asfalto suelen evaluarse con una temperatura del aire de  $\tau_{ref} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si la temperatura del aire media anual en  $^{\circ}\text{C}$  es diferente, el ruido del asfalto se corregirá con la fórmula:

$$\Delta L_{W,temp,m}(\tau) = K_m \times (\tau_{ref} - \tau)$$

El término de corrección es positivo (es decir, que el ruido aumenta) para temperaturas inferiores a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y negativo (es decir, que el ruido disminuye) para temperaturas más altas. El coeficiente  $K$  depende de las características del asfalto y de los neumáticos y, en general, refleja cierta dependencia de la frecuencia. Se aplicará un coeficiente genérico  $K_{m=1} = 0,08\text{ dB/}^{\circ}\text{C}$  para vehículos ligeros (categoría 1) y  $K_{m=2} = K_{m=3} = 0,04\text{ dB/}^{\circ}\text{C}$  para vehículos pesados (categorías 2 y 3) para todos los asfaltos. El coeficiente de corrección se aplicará por igual a todas las bandas de octava desde 63 hasta 8 000 Hz.

#### 8.2.1.4 *Ruido de propulsión*

##### Ecuación general

La emisión de ruido de la propulsión comprende todas las contribuciones del motor, el tubo de escape, la cantidad de cambios, la entrada de aire, etc. El nivel de potencia acústica del ruido de la propulsión en la banda de frecuencias  $i$  para un vehículo de clase  $m$  se define como:

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} \times \frac{(v_m - v_{ref})}{v_{ref}} + \Delta L_{WP,i,m}$$

Los coeficientes  $A_{P,i,m}$  y  $B_{P,i,m}$  se ofrecen en bandas de octava para cada categoría de vehículo y para una velocidad de referencia  $v_{ref} = 70\text{ km/h}$ .  $\Delta L_{WP,i,m}$  se corresponde con la suma de los coeficientes de corrección que se han de aplicar a la emisión de ruido de la propulsión para

condiciones de conducción específicas o condiciones regionales halladas a partir de las condiciones de referencia:

$$\Delta L_{WP,i,m} = \Delta L_{WP,road,i,m} + \Delta L_{WP,grad,i,m} + \Delta L_{WP,acc,i,m}$$

$\Delta L_{WP,road,i,m}$  representa el efecto del asfalto en el ruido de la propulsión a través de la absorción.

$\Delta L_{WP,acc,i,m}$  y  $\Delta L_{WP,grad,i,m}$  representan el efecto de las pendientes del asfalto y de la aceleración y la desaceleración de los vehículos en las intersecciones.

#### Efecto de las pendientes del asfalto

La pendiente del asfalto tiene dos efectos en la emisión de ruido del vehículo: en primer lugar, afecta a la velocidad del vehículo y, por consiguiente, a la emisión de ruido rodante y de propulsión del vehículo; en segundo lugar, afecta a la carga y la velocidad del motor por la elección de la marcha y, por tanto, a la emisión de ruido de la propulsión del vehículo. En esta sección solo se aborda el efecto en el ruido de la propulsión, suponiendo una velocidad constante.

##### *8.2.1.5 Efecto de la aceleración y desaceleración de los vehículos*

Antes y después de las intersecciones reguladas por semáforos y las rotondas, se aplicará una corrección para el efecto de la aceleración y la desaceleración, tal y como se describe a continuación.

Los términos de corrección para el ruido rodante,  $\Delta L_{WR,acc,m,k}$ , y para el ruido de la propulsión,  $\Delta L_{WP,acc,m,k}$ , son funciones lineales de la distancia  $x$  (en m) desde la fuente puntual hasta la intersección más cercana de la línea de fuentes correspondiente con otra línea de fuentes. Estos términos se atribuyen a todas las bandas de octava por igual:

$$\Delta L_{WR,acc,m,k} = C_{R,m,k} \times \text{Max}\left(1 - \frac{|x|}{100}; 0\right)$$

$$\Delta L_{WP,acc,m,k} = C_{P,m,k} \times \text{Max}\left(1 - \frac{|x|}{100}; 0\right)$$

Los coeficientes  $C_{R,m,k}$  y  $C_{P,m,k}$  dependen del tipo de unión  $k$  ( $k = 1$  para una intersección regulada por semáforos;  $k = 2$  para una rotonda) y se proporcionan para cada categoría de vehículos. La corrección comprende el efecto del cambio de velocidad al aproximarse a una intersección o a una rotonda o al alejarse de ella.



#### 8.2.1.6 Efecto del tipo de asfalto

##### Principios generales

Si se trata de asfaltos con propiedades acústicas distintas a las de la superficie de referencia, se aplicará un término de corrección espectral para el ruido rodante y el ruido de la propulsión.

El término de corrección del asfalto para la emisión de ruido rodante se halla mediante:

$$\Delta L_{WR,road,i,m} = \alpha_{i,m} + \beta_m \times \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right)$$

donde

$\alpha_{i,m}$  es la corrección espectral en dB a la velocidad de referencia  $v_{ref}$  para la categoría  $m$  (1, 2 o 3) y con la banda espectral  $i$ .

$\beta_m$  es el efecto de la velocidad en la reducción de ruido rodante para la categoría  $m$  (1, 2 o 3) y es idéntico para todas las bandas de frecuencias.

El término de corrección del asfalto para la emisión de ruido de la propulsión se proporciona mediante:

$$\Delta L_{WP,road,i,m} = \min\{\alpha_{i,m}; 0\}$$

Las superficies absorbentes reducen el ruido de la propulsión, mientras que las superficies no absorbentes no lo aumentan.

##### Efecto de la antigüedad en las propiedades del ruido del asfalto

Las características acústicas de las superficies de rodadura varían con la antigüedad y el nivel de mantenimiento, con una tendencia a que el ruido sea más alto con el paso del tiempo. En este método, se hallan los parámetros de la superficie de rodadura para que sean representativos del rendimiento acústico del tipo de superficie de rodadura como promedio con respecto a su vida útil representativa y suponiendo que se realiza un mantenimiento adecuado.

#### 8.2.2 Modelo de ruido industrial

##### 8.2.2.1 Descripción de la fuente

##### **CLASIFICACIÓN DE LOS TIPO DE FUENTE (PUNTO, LÍNEA Y ÁREA)**

Las fuentes industriales presentan dimensiones muy variables. Puede tratarse de plantas industriales grandes, así como de fuentes concentradas pequeñas, como herramientas

pequeñas o máquinas operativas utilizadas en fábricas. Por tanto, es necesario usar una técnica de modelización apropiada para la fuente específica objeto de evaluación. En función de las dimensiones y de la forma en que varias fuentes independientes se extienden por una zona, todas ellas pertenecientes al mismo emplazamiento industrial, se pueden modelizar como fuentes puntuales, líneas de fuentes u otras fuentes de área. En la práctica, los cálculos del efecto acústico siempre se basan en las fuentes sonoras puntuales, pero se pueden usar varias fuentes sonoras puntuales para representar una fuente compleja real, que se extiende principalmente por una línea o un área.

### **NÚMERO Y SITUACIÓN DE FUENTES SONORAS EQUIVALENTES**

Las fuentes acústicas reales se modelizan mediante fuentes acústicas equivalentes representadas por una o varias fuentes puntuales, de forma que la potencia acústica total de la fuente real se corresponda con la suma de las potencias acústicas individuales atribuidas a las diferentes fuentes puntuales.

Las normas generales que deben aplicarse en la definición del número de fuentes puntuales que se usarán son:

- Las fuentes lineales o de superficie en las que la dimensión más alta es inferior a  $1/2$  de la distancia entre la fuente y el receptor pueden modelizarse como fuentes puntuales exclusivas.
- Las fuentes en las que la dimensión más grande es mayor que  $1/2$  de la distancia entre la fuente y el receptor deben modelizarse como una serie de fuentes puntuales en una línea o como una serie de fuentes puntuales incoherentes en un área, de forma que para cada una de estas fuentes se cumpla la condición de  $1/2$ . La distribución por un área puede incluir la distribución vertical de las fuentes puntuales.
- Si se trata de fuentes en las que las dimensiones más grandes en términos de altura superen los 2 m o si están cerca del suelo, cabe prestar especial atención a la altura de la fuente. Duplicar el número de fuentes, redistribuyéndolas únicamente en el componente z no puede ofrecer un resultado significativamente mejor para esta fuente.
- Para todas las fuentes, duplicar el número de fuentes sobre el área de la fuente (en todas las dimensiones) no puede ofrecer un resultado significativamente mejor.

No se puede fijar la posición de las fuentes acústicas equivalentes, debido al gran número de configuraciones que un emplazamiento industrial puede tener. Por lo general, se aplicarán buenas prácticas.

### **EMISIÓN DE LA POTENCIA ACÚSTICA**

La información siguiente constituye el conjunto completo de datos de entrada para los cálculos de la propagación acústica con los métodos que se utilizarán para la cartografía de ruido:

- Espectro del nivel de potencia acústica emitida en bandas de octava
- Horas de funcionamiento (día, tarde, noche o como promedio anual)
- Ubicación (coordenadas x, y) y elevación (z) de la fuente de ruido
- Tipo de fuente (punto, línea y área)
- Dimensiones y orientación
- Condiciones de funcionamiento de la fuente
- Directividad de la fuente.

Es necesario definir la potencia acústica de la fuente puntual, lineal o de área como:

- Para una potencia acústica de una fuente puntual LW y la directividad como una función de tres coordenadas ortogonales (x, y, z);
- Se pueden definir dos tipos de líneas de fuente:
- líneas de fuente que representan cintas transportadoras, oleoductos, etc., potencia acústica por longitud en metros LW' y directividad como una función de dos coordenadas ortogonales en el eje de la línea de la fuente;
- Líneas de fuentes que representan a los vehículos en movimiento, cada uno de ellos asociado a la potencia acústica LW y directividad como una función de las dos coordenadas ortogonales en el eje de la línea de fuentes y potencia acústica por metro LW' derivada de la velocidad y el número de vehículos que circulan por esta línea durante el día, la tarde y la noche. La corrección para las horas de funcionamiento, que se añadirá a la potencia acústica de la fuente para definir la potencia acústica corregida que se usará para los cálculos en cada periodo de tiempo CW en dB, se calcula como sigue:

$$C_w = -10 \lg \left( \frac{l \times n}{1\,000 \times V \times T_0} \right)$$

Donde:

V Velocidad del vehículo [km/h];

N Número de pases de vehículos por cada período [-];

l Longitud total de la fuente [m];

- Para una fuente de área, la potencia acústica por metro cuadrado LW/m2, y sin directividad (puede ser horizontal o vertical).

Las horas de funcionamiento son una información fundamental para el cálculo de los niveles de ruido. Las horas de funcionamiento se deben facilitar para el día, la tarde y la noche y, si la propagación usa diferentes clases meteorológicas definidas durante el día, la noche y la tarde, entonces deberá facilitarse una distribución más definida de las horas de funcionamiento en subperíodos que coincidan con la distribución de las clases meteorológicas. Esta información se basará en un promedio anual. La corrección de las horas de funcionamiento, que se añadirá a la potencia acústica de la fuente para definir la potencia acústica corregida que se deberá

utilizar para los cálculos en relación con cada período de tiempo  $C_w$  en dB, se calcula como sigue:

$$C_w = 10 \times \lg \left( \frac{T}{T_{ref}} \right)$$

donde

$T$  es el tiempo que la fuente está activa por cada período con carácter anual, medido en horas;

$T_{ref}$  es el período de tiempo de referencia en horas (por ejemplo, para el día es 12 horas, para la tarde, 4 horas y, para la noche, 8 horas).

Para las fuentes más dominantes, la corrección de las horas de funcionamiento promedio anual se calculará al menos en una tolerancia de 0,5 dB a fin de conseguir una precisión aceptable (es equivalente a una incertidumbre inferior al 10 % en la definición del período durante el cual la fuente permanece activa).

### **DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE**

Se seguirá la norma ISO 9613-2: «Acústica-Atenuación del sonido cuando se propaga en el ambiente exterior, Parte 2: Método general de cálculo».

Para la aplicación del método establecido en esta norma, pueden obtenerse datos adecuados sobre emisión de ruido (datos de entrada) mediante mediciones realizadas según alguno de los métodos descritos en las normas siguientes:

- ISO 8297: 1994 «Acústica-Determinación de los niveles de potencia sonora de plantas industriales multifuente para la evaluación de niveles de presión sonora en el medio ambiente–Método de ingeniería»,
- EN ISO 3744: 1995 «Acústica-Determinación de los niveles de potencia sonora de fuentes de ruido utilizando presión sonora. Método de ingeniería para condiciones de campo libre sobre un plano reflectante»,
- EN ISO 3746: 1995 «Acústica-Determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido a partir de presión sonora. Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante».

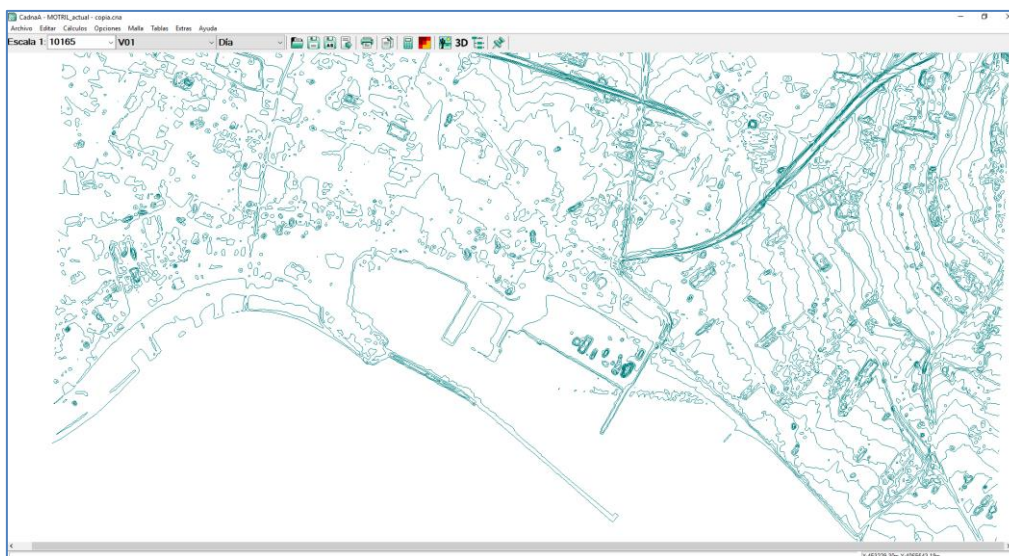
## **8.3 CREACIÓN DEL MODELO 3D**

### **8.3.1 Incorporación de la topografía**

En el primer paso se contempla la incorporación de la geometría del terreno del área de estudio, mediante curvas de nivel cada 1 metro.



La cartografía en formato SHP se ha introducido en CadnaA y se ha configurado, tomando como dato de altura el dato de cota almacenado en las tablas del mismo archivo shape.



**Ilustración 23. Vista 2D de la topografía incorporada al modelo acústico**

Fuente: elaboración propia, 2019.

De esta forma se puede visualizar en tres dimensiones el terreno del área de estudio:



**Ilustración 24. Vista 3D de la topografía incorporada al modelo acústico**

Fuente: elaboración propia, 2019.

### 8.3.2 Incorporación de las vías de tráfico

Los datos geométricos de las vías de tráfico rodado bajo estudio se importan en formato SHP con información de sus perfiles, número de carriles, cotas sobre el terreno, IMD, porcentaje de tráfico pesado, etc.

Hay que tener en cuenta que el elemento que hay que incorporar al modelo es el eje de modelización, no el propio eje de la carretera. Este eje de modelización coincide con el eje de la plataforma de la vía. Por este motivo, en el caso de una carretera de varios carriles y varios sentidos, sin separación, el eje de modelización coincidirá con el propio eje de la carretera, mientras que, si existiera una separación física por mediana, habría que incluir dos ejes de modelización, uno por cada plataforma de carretera.

Después de incorporar los parámetros, la vista 3D muestra lo siguiente:



**Ilustración 25. Vista 3D de las vías de tráfico viario y ferroviario**

Fuente: elaboración propia, 2019.

Tras revisiones del modelo 3D se detectan incongruencias en los cruces donde existen pasos a nivel o túneles. Estos errores del modelo se subsanan en los siguientes puntos del trabajo.



**Ilustración 26. Deficiencias detectadas en el modelo 3D**

Fuente: elaboración propia, 2019.

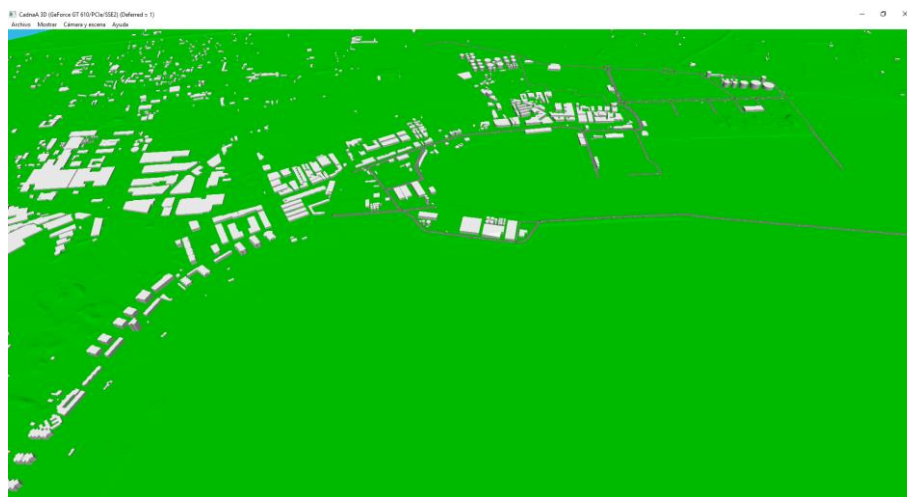


**Ilustración 27. Subsanación de las deficiencias encontradas en el modelo 3D**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

### 8.3.3 Incorporación de los edificios

De forma análoga, como se ha realizado con las carreteras, se importan los edificios del municipio en formato SHP y se configuran de forma automática los parámetros de cada uno, mediante el uso de las siguientes variables del programa:

Una vez configurados los elementos, la vista tridimensional muestra lo siguiente:



**Ilustración 28. Vista 3D de las edificaciones**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

Al igual que ocurriera con las carreteras, se debe hacer una revisión exhaustiva de los edificios en el modelo 3D, para evitar que haya edificios que se encuentren situados por debajo del terreno o existan incongruencias en el modelo.

### 8.3.4 Incorporación de las áreas de absorción

Las propiedades de la absorción acústica del suelo están estrechamente relacionadas con su porosidad. El suelo compacto suele ser reflectante, mientras que el suelo poroso es absorbente.

A efectos de los requisitos de cálculo operativo, la absorción acústica de un suelo se representa mediante un coeficiente adimensional  $G$ , entre 0 y 1.  $G$  es independiente de la frecuencia. En el cuadro que se muestra a continuación se ofrecen los valores de  $G$  del suelo en exteriores. En general, la media del coeficiente  $G$  con respecto a un trayecto adopta valores comprendidos entre 0 y 1.

Valores de  $G$  para diferentes tipos de suelo

Descripción	Tipo	(kPa · s/m <sup>2</sup> )	Valor $G$
Muy blando (nieve o con hierba)	A	12,5	1
Suelo forestal blando (con brezo corto y denso o musgo denso)	B	31,5	1
Suelo blando no compacto (césped, hierba o suelo mullido)	C	80	1
Suelo no compacto normal (suelo forestal y suelo de pastoreo)	D	200	1
Terreno compactado y grava (césped compactado y zonas de parques)	E	500	0,7
Suelo denso compactado (carretera de grava o aparcamientos)	F	2 000	0,3
Superficies duras (concreto y asfalto más normal)	G	20 000	0
Superficies muy duras y densas (asfalto denso, concreto y agua)	H	200 000	0

**Ilustración 29. Tipología de áreas de absorción que contempla el modelo CNOSSOS**

Por norma general, las zonas urbanas se consideran reflectantes, y las no urbanas, absorbentes (exceptuando los ríos, balsas...).

## 9 CONFIGURACIÓN DEL CÁLCULO

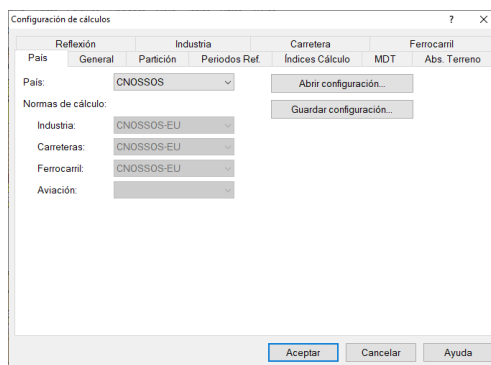
Una vez elaborado el modelo tridimensional de la zona de estudio, se han configurado adecuadamente los parámetros de cálculo, de acuerdo a la Directiva (UE) 2015/996, con el fin de que los resultados se adecuen lo máximo a situación acústica real.

A continuación, se detallan los parámetros que se han tenido en cuenta para el cálculo acústico:

### 9.1 MODELOS DE CÁLCULO

Se han establecido los métodos de cálculos recomendados por la Directiva (UE) 2015/996 para la determinación de los niveles sonoros.

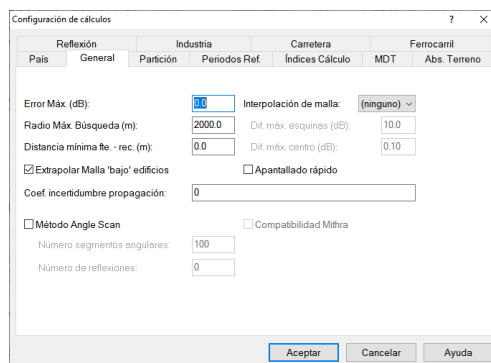




**Ilustración 30. Modelos de cálculo usados en la simulación**

## 9.2 PROPAGACIÓN DEL SONIDO Y BÚSQUEDA DE FUENTES

El cálculo de la atenuación sufrida por las ondas sonoras en el medio ambiente exterior se obtiene de acuerdo a los procedimientos de la ISO 9613. Así mismo, se ha establecido como distancia mínima de propagación del sonido 2 Km, parámetro que en el sistema de cálculo se configura como el radio máximo de búsqueda.



**Ilustración 31. Configuración de la distancia de propagación**

## 9.3 ORDEN DE REFLEXIÓN

Los receptores establecidos para el cálculo de malla y de los niveles en fachada han obtenido su valor considerando el sonido directo y sonido reflejado de segundo orden (dos reflexiones).

**Configuración de cálculos**

Reflexión

Orden máx. de reflexión: 8

Condiciones para cálculo de reflexiones:

Radio de búsqueda de Fuentes (m): 100.00 Receptor: 100.00

Distancia máx. fuente-receptor (m): 1000.00 Suavizar desde: 1000.00

Distancia mín. receptor - reflector (m): 1.00 Suavizar desde: 1.00

Distancia máx. fuente - reflector (m): 0.50

Aceptar Cancelar Ayuda

**Ilustración 32. Configuración orden de reflexión**

## 9.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Se han contemplado los parámetros de evaluación de acuerdo a las especificaciones de la norma y del pliego técnico, siendo los relativos a los periodos horarios correspondientes a  $L_{\text{dia}}$ ,  $L_{\text{tarde}}$ ,  $L_{\text{noche}}$ , y  $L_{\text{den}}$ , todos en dBA, a una altura de evaluación de 4 metros.

**Configuración de cálculos**

Reflexión

Designar Horas - Periodos Día, Tarde y Noche:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
N	N	N	N	N	N	N	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E	E	N

Penalización Día (dB): 0.0

Penalización Tarde (dB): 5.0

Penalización Noche (dB): 10.0

Penalización Tarde sólo para:

Mi Mischgebiet

GE Gewerbegebiet

Aceptar Cancelar Ayuda

**Ilustración 33. Configuración de los parámetros de evaluación**

Las penalizaciones vespertina y nocturna que aparecen en la figura se tienen en cuenta para el cálculo del índice  $L_{\text{den}}$ :

$$L_{\text{den}} = 10 \cdot \log \frac{1}{24} \left( 12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right)$$

## 9.5 CONDICIONES DE PROPAGACIÓN DE RUIDO FAVORABLE

Las condiciones de propagación de ruido favorable se han configurado especificando un 50% en periodo diurno, un 75 % en periodo de tarde y un 100% en periodo nocturno:

**Meteorología**

Pais: France

Porcentaje de "condiciones favorables" día / noche (default)

	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
Día:	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tarde:	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Noche:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

☐ Valores Tarde = Valores Día

OK Cancelar Ayuda

**Ilustración 34. Configuración de condiciones favorables de propagación**

## 9.6 MALLA DE CÁLCULO

Los niveles sonoros se han determinado mediante una malla de receptores sonoros distribuidos a 4 metros de altura sobre el terreno con una separación entre receptores de 5 metros.

**Malla de receptores**

Espaciado de receptores: dx (m): 10.00 dy (m): 10.00

Altura de receptor (m): 4.00

☐ Absoluta

☐ Excluir fuentes sonoras

☐ Excluir edificios

☒ Usar altura de edificios

☒ para todas las variantes

OK Cancelar Ayuda Opciones>>

**Ilustración 35. Configuración malla de receptores**

## 10 SIMULACIÓN DEL MODELO

Una vez realizado y configurado el modelo tridimensional, es necesario que el programa de simulación comience el cálculo para obtener los niveles sonoros de los indicadores definidos.

Para optimizar los recursos y minimizar el tiempo requerido para tal efecto, el proceso de cálculo se distribuye entre diferentes equipos dedicados de forma exclusiva, mediante la tecnología PCSP (*Program Controlled Segmented Processing*) que permite dividir el modelo en sub-regiones de malla de cálculo que se pueden procesar de forma independiente.

Cada uno de los microprocesadores disponibles para procesar adquiere el modelo tridimensional de un servidor común y toma una "hoja" PCSP para procesarla de forma independiente con respecto al resto de equipos. Al terminar el cálculo de una hoja, se guarda su resultado y se comienza a procesar otra distinta.

Una vez no haya disponibles más hojas para calcular, los equipos detendrán el proceso. En este punto, será posible cargar todas las hojas calculadas y ver el resultado final, mostrando los niveles de ruido para cada uno de los indicadores configurados.

En el caso de que durante el proceso de cálculo se produzca un fallo en el sistema y se detenga el proceso, será posible reiniciarlo sin perder los datos calculados hasta ese momento. Los equipos seguirán trabajando con el resto de hojas y será posible recalcular de forma independiente una hoja concreta en el caso de que esta quede inservible.

El diagrama de flujo del software de simulación se presenta de forma esquemática en el siguiente cuadro:

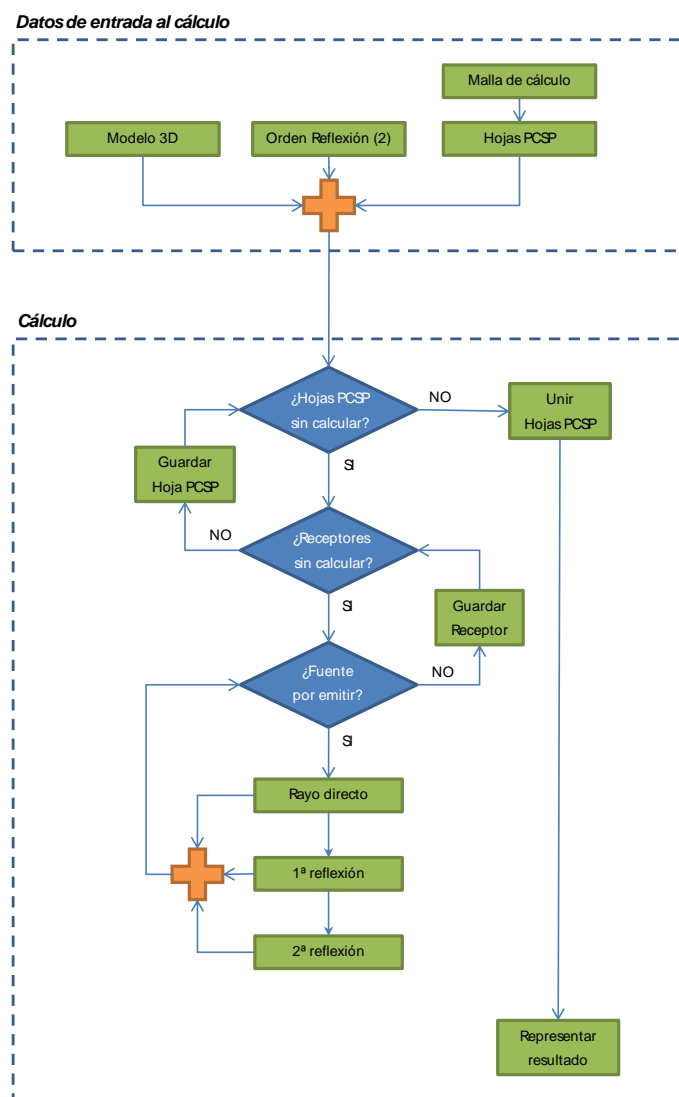


Ilustración 36. Proceso de cálculo del modelo acústico



## 11 RESULTADOS

A continuación, se describen los resultados obtenidos diferenciando dos partes principales: mapas y afección a la población.

### 11.1 MAPAS DE NIVELES

Se han elaborado mapas de niveles sonoros representando los indicadores establecidos por la legislación básica estatal, para cada una de las fuentes de ruido identificadas en el apartado 8 y para el total de las fuentes de ruido.

Los indicadores establecidos por la legislación son:

- $L_{dia}$ , representando niveles de 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 dB
- $L_{tarde}$ , representando niveles de 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 dB
- $L_{noche}$ , representando niveles de 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 dB
- $L_{den}$ , representando niveles de 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 dB

Se ha utilizado como escala de representación la escala 1:10.000.






A continuación, se exponen dos ejemplos de los resultados obtenidos, para los indicadores  $L_{den}$  y  $L_{noche}$ .

Conforme a las instrucciones del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para la entrega de los datos asociados a los mapas estratégicos de ruido se han asignado un color a cada uno de los intervalos de niveles sonoros exigidos.

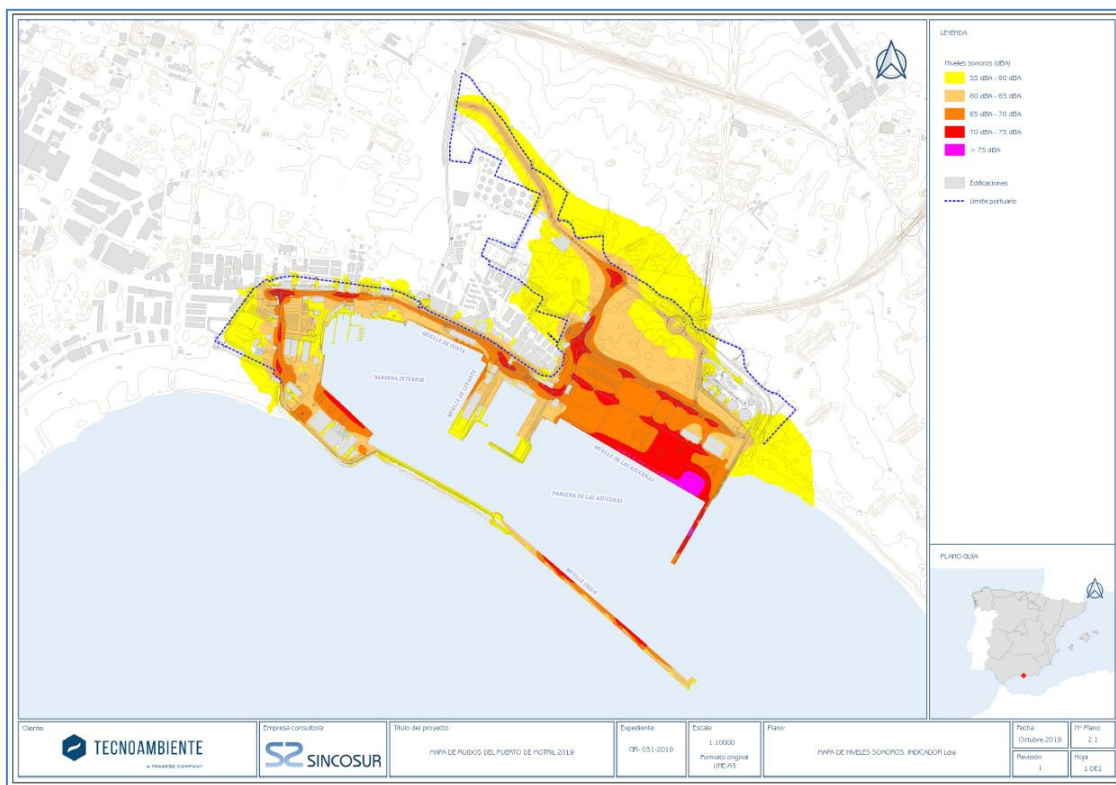
Lden, Ld, Le

Rango	Descripción	R	G	B
> 75	Rosa fuerte	255	0	255
70-75	Ros	255	0	0
65-70	Naranja	255	128	0
60-65	Ocre	255	205	105
55-60	Amarillo	255	255	0
≤ 55	blanco			

Nivel sonoro (dB(A))	
 55-60	 70-75
 60-65	 >75
 65-70	

**Ilustración 37. Paleta de colores para los indicadores  $L_d$ ,  $L_e$ ,  $L_{den}$**



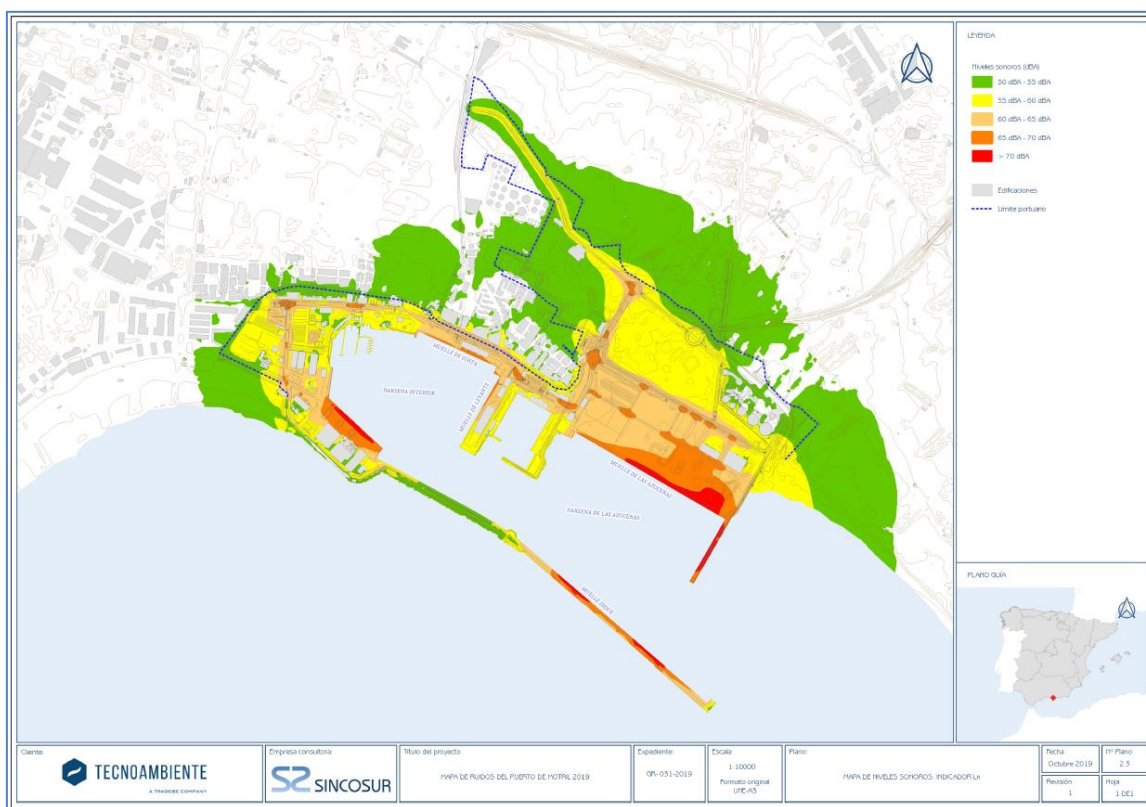
**Ilustración 38. Mapa de niveles sonoros del indicador  $L_n$**   
Fuente: elaboración propia, 2019.

$L_n$

Rango	Descripción	R	G	B
>70	Rojo	255	0	0
65-70	Naranja	255	128	0
60-65	Ocre	255	205	105
55-60	Amarillo	255	255	0
50-55	Verde	100	200	0
≤ 50	blanco			

Nivel sonoro (dB(A))	
50-55	65-70
55-60	>70
60-65	

**Ilustración 39. Paleta de colores para el indicador  $L_n$**



**Ilustración 40. Mapa de niveles sonoros del indicador L<sub>n</sub>**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

Observando la escala de colores de las imágenes anteriores tenemos que el límite de cumplimiento de los objetivos de calidad es:

**Tabla 22. Escala de colores para el límite de cumplimiento**

ESCALA DE COLORES PARA LÍMITE DE CUMPLIMIENTO			
Periodo	Tipo de área acústica		
	Residencial	Sanitario/Docente	Industrial
Día y tarde	> 65 dBA	> 60 dBA	> 75 dBA
Noche	> 55 dBA	> 50 dBA	> 65 dBA

Fuente: Normativa vigente en la materia. Elaboración propia, 2019.

## 11.2 MAPAS DE CONFLICTO O DE SUPERACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA

El Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, establece para cada tipología de zona acústica unos Objetivos de Calidad Acústica (OCA), caracterizados por unos niveles límite de inmisión sonora en el exterior.

**Tabla 23. Objetivos de calidad acústica para áreas urbanizadas existentes**

Áreas Acústicas	Uso	L <sub>d</sub> ; L <sub>e</sub>	L <sub>n</sub>
A	Residencial	65	55
B	Industrial	75	65
C	Recreativo	73	63
D	Terciario	70	65
E	Sanitario y docente	60	50
F	Infraestructuras	OCA en límite	OCA en límite
G	Espacios naturales	Según objetivos	Según objetivos

Una vez obtenidos los mapas de niveles sonoros, y conociendo la distribución de zonas acústicas a lo largo del territorio de estudio, con su Objetivo de Calidad Acústica (OCA) correspondiente, es posible, mediante tratamiento en el Sistema de Información Geográfica (SIG), cruzar la información determinando así las zonas en las que se incumplen los OCA, pudiendo así definir puntos y zonas de actuación donde es necesario reducir los niveles sonoros. Los mapas que representan las zonas donde se incumplen los OCA, indicando además el grado de exceso, se denominan mapas de conflicto. Estos mapas se han realizado para los tres periodos de evaluación, usando la escala detalle de 1:10.000. En la siguiente figura se observa el resultado obtenido para el caso del indicador L<sub>noche</sub>:



**Ilustración 41. Mapa de superación de los objetivos de calidad acústica del indicador L<sub>n</sub>, situación actual**

Fuente: elaboración propia, 2019.



## 11.3 AFECCIÓN

Uno de los objetivos principales del Mapa de Ruido es obtener la población afectada por el ruido ambiental por encima de unos umbrales establecidos por la legislación vigente. Se presentan a continuación los límites de referencia de niveles acústicos, los métodos de cálculo de población afectada y los resultados obtenidos.

### 11.3.1 Límites de referencia niveles

Para determinar los indicadores y los niveles límites de referencia que nos permitan evaluar la afección al ruido, se ha acudido a la legislación vigente en materia de objetivos de calidad acústica que viene fijada en el 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, concretamente lo recogido en el CAPÍTULO III “Zonificación acústica. Objetivos de calidad acústica” y en el CAPÍTULO IV “Procedimientos y métodos de evaluación de la contaminación acústica”.

Según el artículo 14. *Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas acústicas:*

*1. En las áreas urbanizadas existentes se establece como objetivo de calidad acústica para ruido el que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:*

*a) Si en el área acústica se supera el correspondiente valor de alguno de los índices de inmisión de ruido establecidos en la tabla A, del anexo II, su objetivo de calidad acústica será alcanzar dicho valor.*

Tabla A. *Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes*

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		$L_d$	$L_n$	$L_{dn}$
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	(2)	(2)	(2)

(1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a), del artículo 18.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre.

(2) En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se superarán los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de áreas acústicas colindantes con ellos.

Nota: Los objetivos de calidad aplicables a las áreas acústicas están referenciados a una altura de 4 m.»

#### Ilustración 42. Objetivos de calidad acústica para áreas urbanizadas existentes

En relación al tipo de área f se aplicará el Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el 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.

Como se puede observar en la tabla anterior los objetivos se establecen para los índices de ruido,  $L_d$ ,  $L_e$  y  $L_n$ , cuya definición según el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, 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, es:

- $L_d$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos día de un año.
- $L_e$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde de un año.
- $L_n$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos noche de un año.

En vista de lo expuesto, la evaluación de la exposición al ruido de la población pasará por determinar cada uno de los indicadores  $L_d$ ,  $L_e$  y  $L_n$  y compararlos con los niveles límite establecidos en los objetivos de calidad acústica para cada tipo de área acústica.

#### *11.3.2 Metodología para elaborar la población afectada*

La determinación de la situación acústica de un municipio a partir de los mapas de niveles sonoros requiere el análisis de la afección del ruido sobre la población. En esta línea, la normativa establece que debe estimarse el número de personas expuestas a ciertos rangos de niveles de presión sonora, sin entrar en detalles técnicos de cómo proceder.

Existen diferentes métodos para determinar los niveles de exposición en fachada para cada uno de los edificios, conforme a la normativa y a las guías de trabajo internacionales en materia de contaminación acústica. Cada uno de estos métodos establece unas pautas de trabajo que determinan resultados de exposición que pueden ser más o menos precisos con respecto a la situación real.

A la hora de ejecutar algunos de estos métodos deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Grado de desviación de los resultados con respecto a la realidad.
- Recursos temporales y humanos necesarios para implantar el método.
- Hipótesis o aproximaciones a tener en cuenta frente a los datos disponibles de la población.

La determinación de los resultados de población expuesta a distintos rangos de niveles de presión sonora en base a procedimientos estandarizados, permitirá la comparación de los

misimos con los resultados de otros municipios o territorios. En esta línea, la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, con el fin de determinar la exposición al ruido ambiental de los Estados Miembros, establece en su Anexo VI que deberá comunicarse a la comisión europea, para el caso de las aglomeraciones sobre las que se realice el Mapa Estratégico de Ruidos (MER), la siguiente información:

- Número estimado de personas (expresado en centenas) cuyas viviendas están expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de  $L_{den}$  en dB a una altura de 4 m sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta: (55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75), distinguiendo entre el tráfico rodado, el tráfico ferroviario, el tráfico aéreo y las fuentes industriales.
- El número total estimado de personas (expresado en centenas) cuyas viviendas están expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de  $L_n$  en dB a una altura de 4 m sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta: (50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70), distinguiendo entre el tráfico rodado, ferroviario, aéreo y las fuentes industriales.

Este planteamiento, que denominaremos método END (*European Noise Directive*), es el que debe utilizarse para entregar los resultados a la Comisión Europea, siendo también habitual para la entrega al resto de Administraciones. Sin embargo, como se demostrará en apartados posteriores, es el procedimiento que proporciona peores resultados con respecto a la exposición real de la población, dando resultados de población afectada a distintos rangos de niveles sonoros muy superiores a la realidad.

**La consideración única del método END puede dar lugar a resultados preocupantes sobre la situación acústica de los distintos escenarios acústicos que se pudiera plantear**, por lo resulta necesario plantear otros métodos que, de forma adicional, nos arrojen resultados que no sobreestimen la población expuesta.

En los siguientes apartados se presentarán y detallarán dos procedimientos distintos de cálculo de población expuesta, indicando el grado de aproximación, los recursos que requieren su ejecución y su metodología, con el fin de realizar una valoración de cada uno y seleccionar aquel que nos pueda dar una mejor estimación de la población afectada.

A continuación, se presentan los siguientes procedimientos de estimación de la población afectada por ruido ambiental:

- Método END
- Método VBEB Alemán

#### 11.3.2.1 *Método END*

Como ya se ha comentado, el método END (*European Noise Directive*) se presenta en la Directiva Europea 2002/49/CE como un método para satisfacer la obligación de proporcionar a

la comisión europea los datos del número estimado de personas cuyas viviendas están expuestas a diferentes rangos de  $L_{den}$  y  $L_{noche}$ , a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo en la **fachada más expuesta**, distinguiendo tráfico rodado, ferroviario, aéreo y fuentes industriales.

Esta estimación del ruido soportado por cada fachada requiere del cálculo de receptores específicos en cada una de las fachadas de los edificios, a una altura relativa de 4 metros respecto al suelo y tomando las consideraciones necesarias para excluir las reflexiones acústicas de la propia fachada como ruido incidente en el propio receptor. Este cálculo determinará la fachada más expuesta, como aquella que soporte mayor nivel de presión sonora.

El planteamiento que define este método supone que **todos los habitantes de cada edificio están sometidos al mayor nivel de presión sonora registrado en la fachada más expuesta**. Esta definición del procedimiento no se acerca a la situación real, en la que la población se distribuye a lo largo del edificio, en relación a la posición de las viviendas. Como se puede intuir, si bien este procedimiento podría dar resultados próximos a la realidad en el caso de viviendas unifamiliares, en el caso de edificios residenciales de varias viviendas se obtendría un resultado de población expuestas sobreestimado.

En la siguiente figura se puede apreciar un detalle de la aplicación de este método representando para cada edificio residencial el nivel máximo soportado por la fachada más expuesta, para el indicador  $L_{dia}$  y considerando el conjunto de fuentes sonoras.



**Ilustración 43. Mapa de fachadas, método END**



### 11.3.2.2 Método VBEB

El método alemán VBEB (*Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm*) permite obtener estimaciones más cercanas a los valores reales de afección a los que se encuentra expuesta la población. Su procedimiento contempla la distribución de receptores de niveles de presión sonora a lo largo de las fachadas, estableciendo éstos a diferentes niveles de altura en función del número de plantas.

Cada uno de estos receptores determinará **el nivel de presión sonora** al que se encuentra expuesta cada vivienda, **considerando el parámetro de altura**, a diferencia del método END expuesto anteriormente en el que la evaluación de la exposición se realizaba a 4 metros del suelo.

Esta metodología permite afinar los resultados al **distribuir la población de cada edificio a lo largo del perímetro en planta y de las alturas**. Como se puede intuir, los niveles de presión sonora evaluados a diferentes alturas proporcionarán resultados distintos, en función de la mayor o menor distancia a la fuente y las posibles reflexiones de los edificios del entorno, encontrándose, de esta forma, los habitantes de viviendas a diferentes alturas, en una misma planta, expuestas a distintos grados de afección.

Como se puede apreciar en la figura siguiente, el software de simulación acústica utilizado nos permite establecer y calcular receptores en fachada a diferentes alturas de forma automática:

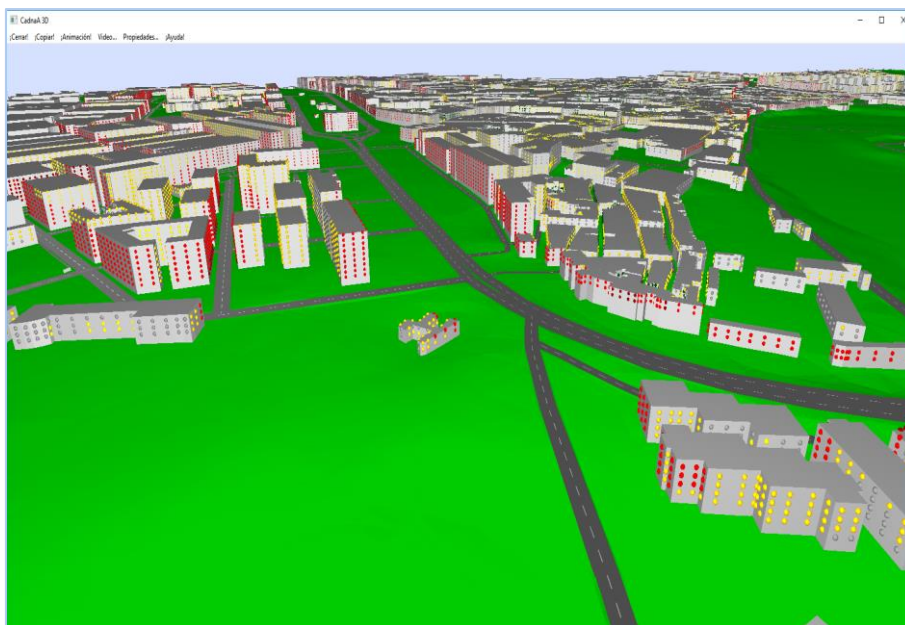


Ilustración 44. Vista 3D de la ubicación de los receptores en fachada a todas las alturas

### 11.3.3 Comparación entre los métodos de estimación

Una vez se han presentado los dos métodos de estimación de población afectada, se dispone de información suficiente para poder realizar un análisis comparativo, valorando el grado de precisión de cada uno, los recursos temporales y humanos requeridos y las hipótesis o aproximaciones a tener en cuenta frente a los datos disponibles de la población.

Para ello, en primer lugar se hará mención a lo que la bibliografía expone en relación a estos temas, analizando la normativa en materia de contaminación acústica, los artículos que discutan los métodos de evaluación de la exposición y las directrices de las guías de trabajo en acústica.

La Directiva Europea 2002/49/CE establece las bases para que los países miembros desarrollen la normativa en materia de contaminación acústica, definiendo métodos e información que debe, de forma obligatoria, entregarse a la Comisión Europea.

En cuanto a la evaluación de la población expuesta, la normativa no entra en demasiado detalle sobre la metodología a seguir, y sobre todo, no define los aspectos relacionados con el grado de aproximación ni las hipótesis o aproximaciones a considerar ante la falta de información de población.

Únicamente se define, en el Anexo VI, punto 1.5 y 1.6, que se deberá comunicar a la Comisión Europea, para el caso de las aglomeraciones, el número estimado de personas cuyas viviendas están expuestas a diferentes rangos de  $L_{den}$  y  $L_{dia}$  a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta.

Este requisito no especifica cómo se reparte la población en el edificio y tampoco si, considerando un único edificio, se debe determinar únicamente la población localizada en los tramos de fachada con el nivel más elevado (y por tanto más expuesta) o si se considera que toda la población del mismo está afectada por el nivel máximo.

Esta indefinición ha sido punto de discusión en la Guía de Buenas Prácticas para los Mapas Estratégicos de Ruido y la producción de datos asociados de exposición al ruido, elaborado por el grupo de trabajo de la Comisión Europea de la evaluación de la exposición al ruido (WG-AEN).

En el punto 2.43 Puntos de Evaluación, se discute lo siguiente:

*En el Anexo I (1) de la Directiva se afirma que los puntos de evaluación tienen que estar situados “en la fachada más expuesta” y que para el propósito de la determinación del nivel sonoro (en los puntos de evaluación) en términos de  $L_{den}$  y  $L_{noche}$  únicamente se considera el sonido incidente. No está claro exactamente qué significa “en”. En el Anexo VI (1.5) de la Directiva, se utiliza el término “en la fachada más expuesta”.*

Como recomendación de la WG-AEN a esta discusión se especifica lo siguiente:

(i) *Para la asignación de los niveles de ruido a los edificios*

*Para la asignación de los niveles de ruido a los edificios (y por lo tanto a las personas, por ejemplo, en la práctica a 0.1 metros por delante de la fachada) debería, siempre que el software lo permita, calcular niveles de ruido en fachada de los edificios. Dichos cálculos deben excluir las reflexiones de la fachada en cuestión, en cumplimiento de los requisitos de la Directiva que establecen que dichos niveles deben ser niveles de ruido incidentes (campo libre). Es recomendable que, al menos, se incluyan las reflexiones de primer orden de otras fachadas u objetos. Se sugiere un espaciado de 3 metros entre puntos de cálculos alrededor de la fachada.*

*Si el software no permite la generación automática de dichos puntos de cálculo, los niveles de ruido de los puntos de malla deben utilizarse para obtener niveles en fachada aproximados, como se describe a continuación. En este caso, se debe aplicar una corrección de menos 3 dB para cualquier nivel basado en la malla que estén atribuidos a los edificios y, en consecuencia, a los residencias de estos edificios para determinar estimaciones de exposición al ruido.*

Por otro lado, la discusión 2.44 Asignación de niveles de ruido a viviendas, expone los procedimientos a seguir en los siguientes casos:

- Edificio de una sola vivienda
- Edificio de varias viviendas en las que se conoce la distribución de viviendas por edificio
- Edificio de varias viviendas en las que no se conoce la distribución de viviendas por edificio

De forma resumida, la WG-AEN recomienda, para el primer y segundo caso, que se calcule, para cada vivienda, el nivel de ruido global más alto y se asigne a la vivienda como fachada más expuesta, en concordancia con lo establecido por la Directiva. Para el tercer caso, que suele ser el más habitual, se recomienda calcular el nivel de ruido global más alto del edificio entero y asignarlo a cada una de las viviendas por el que está compuesto. Así mismo, la WG-AEN advierte que, en algunas circunstancias, **este procedimiento puede llevar a una sobreestimación del nivel de ruido que afecte a algunas de las viviendas dentro del edificio**, por ejemplo, en el caso de que haya viviendas cuyas fachadas no formen parte de la fachada más expuesta real.

Considerando habitantes en lugar de viviendas, la normativa tampoco especifica cómo repartir la población dentro de cada edificio a la hora de determinar la exposición. Por lo general, siguiendo el procedimiento END, se asigna el nivel máximo de cada vivienda a todos sus habitantes, sin embargo, esta forma de proceder no sería recomendable a la hora de tratar edificios con varias viviendas de distribución conocida.

Para entender mejor lo que se quiere transmitir se recurrirá a dos ejemplos:

- Vivienda unifamiliar. Supóngase una vivienda unifamiliar de planta rectangular y una planta de altura, cuyas cuatro fachadas soportan un nivel de ruido de 65, 60, 70, y 73 dBA respectivamente. Dentro de la vivienda habita una familia compuesta por 4 miembros.
  - Siguiendo las recomendaciones de la Directiva Europea y la WG-AEN, toda la vivienda (y sus habitantes) están expuestos al nivel de la fachada más expuesta, es decir, existen 4 personas a 73 dBA. Este dato podría corresponderse perfectamente con la situación real de afección.
- Bloque de pisos. Por otro lado se presenta un bloque de pisos de 4 portales, también rectangular en planta, con 5 plantas de altura y 4 viviendas por planta. En cada vivienda habitan 4 personas, por lo que en total, hay 320 habitantes en el bloque. Las cuatro fachadas del bloque soportan un nivel de ruido de 65, 60, 70 y 73 dBA respectivamente.
  - En este caso, si se asigna el nivel de la fachada más expuesta a todo el edificio, nos encontramos con que existen 320 habitantes expuestos a 73 dBA, lo cual es falso, ya que los habitantes se distribuyen en altura y a lo largo del bloque. Hay que tener en cuenta que los cálculos de evaluación en fachada, según la Directiva, se realizan a 4 metros de altura y el nivel sonoro a dicha altura no tiene porqué corresponderse con el de alturas superiores. Es más, suponiendo que el nivel de toda la fachada, independientemente de la altura, fuera el mismo, debería haber únicamente, como máximo, 80 personas expuestas a 73 dBA, los correspondientes al portal con la fachada más expuesta.

Estos dos ejemplos exponen la problemática del método END para la estimación de la población afectada en edificios de varias alturas y varias viviendas. Hay que tener en cuenta, además, que los ejemplos suponen que cada una de las fachadas está sometida a un único nivel sonoro, cuando en realidad, se suelen distribuir receptores a lo largo de las mismas y pueden producirse una variación de los niveles a lo largo de la fachada. Podría ocurrir que, finalmente, la fachada que soportaba el nivel más elevado de 73 dB sólo lo soporte en una pequeña parte de la misma. En este caso, la población real expuesta a dicho nivel sería menor todavía.

**Pese a que el método END se perfila como un procedimiento sencillo y rápido de ejecutar, cuenta con un alto grado de incertidumbre a la hora de estimar la población expuesta, que podría dar valores muchos más altos de población expuesta de los que realmente habría.**

Como métodos alternativos, se considera el método VBEB alemán. Fundamentalmente, el método VBEB establece puntos receptores específicos en frente de las fachadas, a todas las alturas del edificio, proporcionando resultados mucho más exactos pero requiere grandes recursos computacionales y un tiempo de cálculo considerable.

Existen trabajos que se han encargado de estudiar cada uno de estos métodos y determinar el grado de fiabilidad de cada uno. Concretamente, se hace mención al artículo “¿Cómo evaluar

*la población afectada por el ruido ambiental?” del Laboratorio de Acústica de la Universidad Pública de Navarra, presentado en el congreso TecniAcústica Cádiz 2009 y al artículo “Estudio comparativo de metodologías para la estimación de la población afectada por ruido ambiental en entornos urbanos” de la Universidad Miguel Hernández de Elche, presentado en el congreso TecniAcústica Valladolid 2013.*

Como conclusión del primer artículo mencionado, se indica lo siguiente:

*Para evaluar con precisión el porcentaje de personas afectadas por el ruido es preciso la evaluación de los mapas de fachadas, además de disponer de datos catastrales fiables. Cuando ello no es posible (bien por no disponibilidad de tal opción en el software, bien por inabordables tiempos de computación), el método aproximado a partir del mapa horizontal es preferible frente al método estricto establecido en la END, especialmente en tramas urbanas con grandes edificios de múltiples plantas.*

Por otro lado, el segundo artículo concluye que el método que proporciona menor porcentaje de población expuesta es el método VBEB, siendo el que mejor refleja la realidad sonora, a costa de mayor tiempo de ejecución y coste. Así mismo, enuncia que el método END es que el proporciona porcentajes de exposición mayores, recomendando su uso sólo para realizar primeras aproximaciones para seleccionar zonas de riesgo, debido a su escaso coste, para posteriormente aplicar el método VBEB.

Cabe destacar, así mismo, que la Directiva Europea establece en el artículo 6, punto 2, que en un futuro se tendrían que preparar métodos comunes de medida para la determinación de  $L_{den}$  y  $L_{noche}$ , llevándose a la práctica mediante el denominado método CNOSSOS (Common Noise Assessment Methods).

Actualmente este método ya define procedimientos para estimación de la población. En el documento de referencia del CNOSSOS, del 10 de agosto de 2012, y en el CHAPTER VIII se presentan distintos métodos para asignar población a los edificios. **Se prefiere el principio de distribución equitativa de la población a lo largo de la fachada del edificio, en lugar del principio de la fachada más expuesta.** Es decir, que en lugar de asignar toda la población del edificio a la fachada más expuesta, se asigne la población de forma proporcional a cada fachada (dando valores de afección menos pronunciados).

En vista de lo expuesto, Sincosur Ingeniería Sostenible S.L. cree justificado ampliamente la elección del método VBEB alemán frente al método END de obligado cumplimiento por la Directiva Europea.

Con el fin de cumplir con los requisitos de la Directiva Europea y dar datos estimados más exactos de la población expuesta, a continuación se presentan los resultados de la estimación de la población expuesta con aplicación de los dos métodos definidos. Como se podrá observar, existe una clara sobreestimación del método END frente al VBEB alemán.



### 11.3.4 Población y viviendas afectadas

Atendiendo a las fuentes acústicas la población afectada en el área de estudio se presenta en las siguientes tablas:

#### 11.3.4.1 Situación actual

**Tabla 24. Tabla de población afectada para el indicador  $L_d$  para la situación actual**

RANGO	$L_{dia}$		
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	9	4	6
55 - 59 dBA	2	1	2
60 - 64 dBA	5	2	2
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
Niveles acústicos > 65 dBA	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	0	0	0

**Tabla 25. Tabla de población afectada para el indicador  $L_e$  para la situación actual**

RANGO	$L_{tarde}$		
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	9	4	6
55 - 59 dBA	2	1	2
60 - 64 dBA	4	2	2
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
Niveles acústicos > 65 dBA	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	0	0	0

**Tabla 26. Tabla de población afectada para el indicador  $L_n$  para la situación actual**

RANGO	$L_{noche}$		
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	5	2	5
55 - 59 dBA	6	2	3
60 - 64 dBA	0	0	0
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
Niveles acústicos > 65 dBA	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	6	2	3

**Tabla 27. Tabla de población afectada para el indicador  $L_{den}$  para la situación actual**

RANGO	<b>L<sub>den</sub></b>		
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	12	5	10
55 - 59 dBA	12	5	7
60 - 64 dBA	2	1	3
65 - 69 dBA	4	2	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0

#### 11.3.4.2 Alternativa a Levante

**Tabla 28.**Tabla de población afectada para el indicador L<sub>d</sub> para la alternativa a Levante

RANGO	<b>L<sub>día</sub></b>		
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	15	6	10
55 - 59 dBA	6	3	5
60 - 64 dBA	2	1	2
65 - 69 dBA	4	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
Niveles acústicos > 65 dBA	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
Niveles acústicos > 65 dBA	4	1	1

**Tabla 29.**Tabla de población afectada para el indicador L<sub>e</sub> para la alternativa a Levante

RANGO	<b>L<sub>tarde</sub></b>		
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	16	7	10
55 - 59 dBA	7	3	5
60 - 64 dBA	3	1	2
65 - 69 dBA	3	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
Niveles acústicos > 65 dBA	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
Niveles acústicos > 65 dBA	3	1	1

**Tabla 30.**Tabla de población afectada para el indicador L<sub>n</sub> para la alternativa a Levante

RANGO	<b>L<sub>noche</sub></b>		
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	17	7	9
55 - 59 dBA	5	2	5
60 - 64 dBA	5	2	2
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
Niveles acústicos > 65 dBA	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
Niveles acústicos > 65 dBA	10	4	7

**Tabla 31. Tabla de población afectada para el indicador  $L_{den}$  para la alternativa a Levante**

L <sub>den</sub>			
RANGO	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	12	5	10
55 - 59 dBA	15	6	10
60 - 64 dBA	8	3	6
65 - 69 dBA	3	1	3
70 - 74 dBA	3	1	1
> 75 dBA	0	0	0

#### 11.3.4.3 Alternativa Poniente Playa

**Tabla 32. Tabla de población afectada para el indicador  $L_d$  para la alternativa Poniente Playa**

L <sub>día</sub>			
RANGO	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	14	6	10
55 - 59 dBA	6	3	5
60 - 64 dBA	2	1	2
65 - 69 dBA	4	2	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
Niveles acústicos > 65 dBA	4	2	1

**Tabla 33. Tabla de población afectada para el indicador  $L_e$  para la alternativa Poniente Playa**

L <sub>tarde</sub>			
RANGO	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	15	6	10
55 - 59 dBA	6	2	5
60 - 64 dBA	4	1	3
65 - 69 dBA	2	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
Niveles acústicos > 65 dBA	2	1	1

**Tabla 34. Tabla de población afectada para el indicador  $L_n$  para la alternativa Poniente Playa**

L <sub>noche</sub>			
RANGO	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	17	7	9
55 - 59 dBA	4	2	5

60 - 64 dBA	5	2	2
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
Niveles acústicos > 65 dBA	9	4	7

**Tabla 35.**Tabla de población afectada para el indicador  $L_{den}$  para la alternativa Poniente Playa

RANGO	$L_{den}$		
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	4	12	10
55 - 59 dBA	12	15	10
60 - 64 dBA	15	8	5
65 - 69 dBA	8	3	3
70 - 74 dBA	3	3	1
> 75 dBA	3	0	0

#### 11.3.4.4 Alternativa Poniente 1

**Tabla 36.**Tabla de población afectada para el indicador  $L_d$  para la alternativa Poniente 1

RANGO	$L_{dia}$		
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	9	4	8
55 - 59 dBA	6	2	4
60 - 64 dBA	2	1	2
65 - 69 dBA	4	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
Niveles acústicos > 65 dBA	4	1	1

**Tabla 37.**Tabla de población afectada para el indicador  $L_e$  para la alternativa Poniente 1

RANGO	$L_{tarde}$		
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	11	5	9
55 - 59 dBA	6	2	4
60 - 64 dBA	3	1	2
65 - 69 dBA	3	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
Niveles acústicos > 65 dBA	3	1	1

**Tabla 38.**Tabla de población afectada para el indicador  $L_n$  para la alternativa Poniente 1

RANGO	$L_{noche}$	
	<b>Método END</b>	<b>Método VBEB</b>

	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	14	6	9
55 - 59 dBA	4	2	4
60 - 64 dBA	4	2	2
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
		Método END	Método VBEB
		Población (centenas)	Población (centenas)
Niveles acústicos > 65 dBA	8	4	6

 Tabla 39. Tabla de población afectada para el indicador  $L_{den}$  para la alternativa Poniente 1

$L_{den}$			
RANGO	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	11	5	10
55 - 59 dBA	14	6	9
60 - 64 dBA	7	3	5
65 - 69 dBA	3	1	3
70 - 74 dBA	3	1	1
> 75 dBA	0	0	0

#### 11.3.4.5 Alternativa Poniente 2

 Tabla 40. Tabla de población afectada para el indicador  $L_d$  para la alternativa Poniente 2

$L_{dia}$			
RANGO	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	13	5	9
55 - 59 dBA	6	2	4
60 - 64 dBA	2	1	2
65 - 69 dBA	4	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
		Método END	Método VBEB
		Población (centenas)	Población (centenas)
Niveles acústicos > 65 dBA	4	1	1

 Tabla 41. Tabla de población afectada para el indicador  $L_e$  para la alternativa Poniente 2

$L_{tarde}$			
RANGO	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	15	6	9
55 - 59 dBA	6	2	4
60 - 64 dBA	3	1	2
65 - 69 dBA	3	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0



RANGO	$L_{tarde}$		
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
Niveles acústicos > 65 dBA	3	1	1

 Tabla 42. Tabla de población afectada para el indicador  $L_n$  para la alternativa Poniente 2

RANGO	$L_{noche}$		
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	17	7	9
55 - 59 dBA	3	1	4
60 - 64 dBA	5	2	2
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
Niveles acústicos > 65 dBA	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	8	3	6

 Tabla 43. Tabla de población afectada para el indicador  $L_{den}$  para la alternativa Poniente 2

RANGO	$L_{den}$		
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	11	5	9
55 - 59 dBA	17	7	10
60 - 64 dBA	6	2	5
65 - 69 dBA	3	1	3
70 - 74 dBA	3	1	1
> 75 dBA	0	0	0

#### 11.3.4.6 Alternativa Poniente 3

 Tabla 44. Tabla de población afectada para el indicador  $L_d$  para la alternativa Poniente 3

RANGO	$L_{dia}$		
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	8	3	6
55 - 59 dBA	5	2	4
60 - 64 dBA	2	1	2
65 - 69 dBA	4	2	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
Niveles acústicos > 65 dBA	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	4	2	1

 Tabla 45. Tabla de población afectada para el indicador  $L_e$  para la alternativa Poniente 3

RANGO	$L_{tarde}$		
	Método END		Método VBEB
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)

<b>L<sub>tarde</sub></b>			
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	9	4	6
55 - 59 dBA	4	2	3
60 - 64 dBA	4	1	2
65 - 69 dBA	2	1	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
Niveles acústicos > 65 dBA	2	1	0

**Tabla 46.**Tabla de población afectada para el indicador L<sub>n</sub> para la alternativa Poniente 3

<b>L<sub>noche</sub></b>			
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	10	4	6
55 - 59 dBA	2	1	3
60 - 64 dBA	4	2	1
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
Niveles acústicos > 65 dBA	6	3	4

**Tabla 47.**Tabla de población afectada para el indicador L<sub>den</sub> para la alternativa Poniente 3

<b>L<sub>den</sub></b>			
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	14	6	11
55 - 59 dBA	11	5	7
60 - 64 dBA	4	2	3
65 - 69 dBA	5	2	3
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0

#### 11.3.4.7 Alternativa Poniente 4

**Tabla 48.**Tabla de población afectada para el indicador L<sub>d</sub> para la alternativa Poniente 4

<b>L<sub>día</sub></b>			
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
50 - 54 dBA	12	5	8
55 - 59 dBA	6	3	4
60 - 64 dBA	5	1	2
65 - 69 dBA	4	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0

<b>L<sub>dia</sub></b>			
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
<b>&gt; 75 dBA</b>	0	0	0
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
<b>Niveles acústicos &gt; 65 dBA</b>	4	1	1

**Tabla 49. Tabla de población afectada para el indicador L<sub>e</sub> para la alternativa Poniente 4**

<b>L<sub>tarde</sub></b>			
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
<b>50 - 54 dBA</b>	14	6	8
<b>55 - 59 dBA</b>	6	3	4
<b>60 - 64 dBA</b>	3	1	3
<b>65 - 69 dBA</b>	2	1	0
<b>70 - 74 dBA</b>	0	0	0
<b>&gt; 75 dBA</b>	0	0	0
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
<b>Niveles acústicos &gt; 65 dBA</b>	2	1	0

**Tabla 50. Tabla de población afectada para el indicador L<sub>n</sub> para la alternativa Poniente 4**

<b>L<sub>noche</sub></b>			
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
<b>50 - 54 dBA</b>	16	7	8
<b>55 - 59 dBA</b>	3	1	4
<b>60 - 64 dBA</b>	5	2	2
<b>65 - 69 dBA</b>	0	0	0
<b>70 - 74 dBA</b>	0	0	0
<b>&gt; 75 dBA</b>	0	0	0
	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
<b>Niveles acústicos &gt; 65 dBA</b>	8	3	6

**Tabla 51. Tabla de población afectada para el indicador L<sub>den</sub> para la alternativa Poniente 4**

<b>L<sub>den</sub></b>			
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	<b>Población (centenas)</b>	<b>Viviendas (centenas)</b>	<b>Población (centenas)</b>
<b>50 - 54 dBA</b>	11	5	10
<b>55 - 59 dBA</b>	16	7	10
<b>60 - 64 dBA</b>	7	3	5
<b>65 - 69 dBA</b>	6	2	3
<b>70 - 74 dBA</b>	0	0	0
<b>&gt; 75 dBA</b>	0	0	0

#### 11.3.4.8 Alternativa Exterior

**Tabla 52. Tabla de población afectada para el indicador L<sub>d</sub> para la alternativa Exterior**

<b>L<sub>dia</sub></b>		
<b>RANGO</b>	<b>Método END</b>	<b>Método VBEB</b>

	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	14	6	10
55 - 59 dBA	6	3	5
60 - 64 dBA	2	1	2
65 - 69 dBA	4	2	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
<b>Método END</b>			
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
Niveles acústicos > 65 dBA	4	2	1

Tabla 53. Tabla de población afectada para el indicador  $L_e$  para la alternativa Exterior

<b><math>L_{tarde}</math></b>			
RANGO	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	14	6	10
55 - 59 dBA	7	3	5
60 - 64 dBA	3	1	2
65 - 69 dBA	3	1	1
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
<b>Método END</b>			
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
Niveles acústicos > 65 dBA	3	1	1

Tabla 54. Tabla de población afectada para el indicador  $L_n$  para la alternativa Exterior.

<b><math>L_{noche}</math></b>			
RANGO	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	17	7	9
55 - 59 dBA	4	2	5
60 - 64 dBA	5	2	2
65 - 69 dBA	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0
<b>Método END</b>			
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
Niveles acústicos > 65 dBA	9	4	7

Tabla 55. Tabla de población afectada para el indicador  $L_{den}$  para la alternativa Exterior

<b><math>L_{den}</math></b>			
RANGO	<b>Método END</b>		<b>Método VBEB</b>
	Población (centenas)	Viviendas (centenas)	Población (centenas)
50 - 54 dBA	12	5	10
55 - 59 dBA	16	6	11
60 - 64 dBA	8	3	6
65 - 69 dBA	3	1	3
70 - 74 dBA	3	1	1
> 75 dBA	0	0	0

### 11.3.5 Edificios sanitarios

Atendiendo a las fuentes acústicas y siendo el nivel normativo para el tipo de área acústica (sectores del territorio con predominio de uso sanitario, docente y cultural) de 60 dB(A) para  $L_{\text{día}}$  y  $L_{\text{tarde}}$  y 50 dB(A) para  $L_{\text{noche}}$ , no existen edificios sanitarios afectados ni para la situación actual ni para ninguna de las alternativas estudiadas.

### 11.3.6 Edificios docentes

Atendiendo a las fuentes acústicas y siendo el nivel normativo para el tipo de área acústica (sectores del territorio con predominio de uso sanitario, docente y cultural) de 60 dB(A) para  $L_{\text{día}}$  y  $L_{\text{tarde}}$  y 50 dB(A) para  $L_{\text{noche}}$ , el número de centros docentes expuestos son:

#### 11.3.6.1 Situación actual

**Tabla 56. Tabla de edificios docentes expuestos para la situación actual**

Centros docentes expuestos a distinto rango de nivel acústico				
RANGO	Método END			
	$L_{\text{día}}$	$L_{\text{tarde}}$	$L_{\text{noche}}$	$L_{\text{den}}$
50 - 54 dBA	1	1	1	0
55 - 59 dBA	0	0	0	0
60 - 64 dBA	0	0	0	0
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
	$L_{\text{día}} > 60 \text{ dBA}$	$L_{\text{tarde}} > 60 \text{ dBA}$	$L_{\text{noche}} > 50 \text{ dBA}$	
Centros expuestos por encima de los OCA	0	0	1	

#### 11.3.6.2 Alternativa a Levante

**Tabla 57. Tabla de edificios docentes expuestos para la alternativa a Levante**

Centros docentes expuestos a distinto rango de nivel acústico				
RANGO	Método END			
	$L_{\text{día}}$	$L_{\text{tarde}}$	$L_{\text{noche}}$	$L_{\text{den}}$
50 - 54 dBA	0	0	0	0
55 - 59 dBA	1	1	1	0
60 - 64 dBA	0	0	0	1
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
	$L_{\text{día}} > 60 \text{ dBA}$	$L_{\text{tarde}} > 60 \text{ dBA}$	$L_{\text{noche}} > 50 \text{ dBA}$	
Centros expuestos por encima de los OCA	0	0	1	

#### 11.3.6.3 Alternativa Poniente Playa

**Tabla 58. Tabla de edificios docentes expuestos para la alternativa Poniente Playa**

Centros docentes expuestos a distinto rango de nivel acústico				
RANGO	Método END			
	$L_{\text{día}}$	$L_{\text{tarde}}$	$L_{\text{noche}}$	$L_{\text{den}}$
50 - 54 dBA	0	0	0	0



55 - 59 dBA	1	1	1	0
60 - 64 dBA	0	0	0	1
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
	<b>L<sub>día</sub> &gt; 60 dBA</b>	<b>L<sub>tarde</sub> &gt; 60 dBA</b>	<b>L<sub>noche</sub> &gt; 50 dBA</b>	
<b>Centros expuestos por encima de los OCA</b>	0	0	1	

#### 11.3.6.4 Alternativa Poniente 1

**Tabla 59.**Tabla de edificios docentes expuestos para la alternativa Poniente 1

Centros docentes expuestos a distinto rango de nivel acústico				
RANGO	Método END			
	L <sub>día</sub>	L <sub>tarde</sub>	L <sub>noche</sub>	L <sub>den</sub>
50 - 54 dBA	1	1	1	0
55 - 59 dBA	0	0	0	0
60 - 64 dBA	0	0	0	1
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
	<b>L<sub>día</sub> &gt; 60 dBA</b>	<b>L<sub>tarde</sub> &gt; 60 dBA</b>	<b>L<sub>noche</sub> &gt; 50 dBA</b>	
<b>Centros expuestos por encima de los OCA</b>	0	0	1	

#### 11.3.6.5 Alternativa Poniente 2

**Tabla 60.**Tabla de edificios docentes expuestos para la alternativa Poniente 2

Centros docentes expuestos a distinto rango de nivel acústico				
RANGO	Método END			
	L <sub>día</sub>	L <sub>tarde</sub>	L <sub>noche</sub>	L <sub>den</sub>
50 - 54 dBA	0	0	0	0
55 - 59 dBA	1	1	1	0
60 - 64 dBA	0	0	0	1
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
	<b>L<sub>día</sub> &gt; 60 dBA</b>	<b>L<sub>tarde</sub> &gt; 60 dBA</b>	<b>L<sub>noche</sub> &gt; 50 dBA</b>	
<b>Centros expuestos por encima de los OCA</b>	0	0	1	

#### 11.3.6.6 Alternativa Poniente 3

**Tabla 61.**Tabla de edificios docentes expuestos para la alternativa Poniente 3

Centros docentes expuestos a distinto rango de nivel acústico				
RANGO	Método END			
	L <sub>día</sub>	L <sub>tarde</sub>	L <sub>noche</sub>	L <sub>den</sub>
50 - 54 dBA	1	1	1	0
55 - 59 dBA	0	0	0	1
60 - 64 dBA	0	0	0	0
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
	<b>L<sub>día</sub> &gt; 60 dBA</b>	<b>L<sub>tarde</sub> &gt; 60 dBA</b>	<b>L<sub>noche</sub> &gt; 50 dBA</b>	
<b>Centros expuestos por encima de los OCA</b>	0	0	1	

### 11.3.6.7 Alternativa Poniente 4

**Tabla 62. Tabla de edificios docentes expuestos para la alternativa Poniente 4**

Centros docentes expuestos a distinto rango de nivel acústico				
RANGO	Método END			
	L <sub>día</sub>	L <sub>tarde</sub>	L <sub>noche</sub>	L <sub>den</sub>
50 - 54 dBA	0	0	0	0
55 - 59 dBA	1	1	1	0
60 - 64 dBA	0	0	0	1
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
	L <sub>día</sub> > 60 dBA	L <sub>tarde</sub> > 60 dBA	L <sub>noche</sub> > 50 dBA	
Centros expuestos por encima de los OCA	0	0	1	

### 11.3.6.8 Alternativa Exterior

**Tabla 63. Tabla de edificios docentes expuestos para la alternativa Exterior**

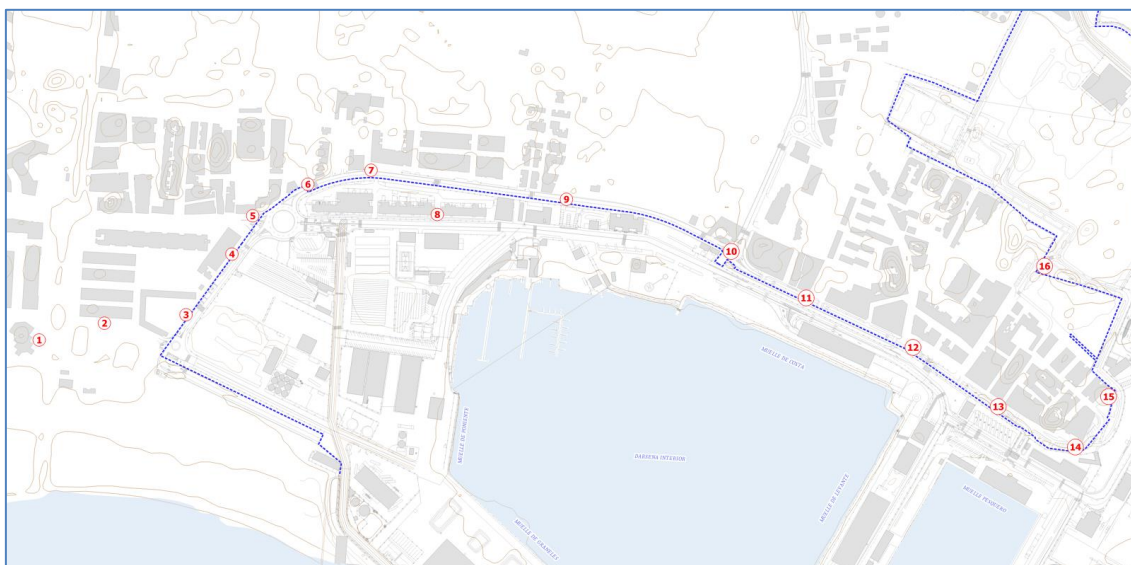
Centros docentes expuestos a distinto rango de nivel acústico				
RANGO	Método END			
	L <sub>día</sub>	L <sub>tarde</sub>	L <sub>noche</sub>	L <sub>den</sub>
50 - 54 dBA	0	0	0	0
55 - 59 dBA	1	1	1	0
60 - 64 dBA	0	0	0	1
65 - 69 dBA	0	0	0	0
70 - 74 dBA	0	0	0	0
> 75 dBA	0	0	0	0
	L <sub>día</sub> > 60 dBA	L <sub>tarde</sub> > 60 dBA	L <sub>noche</sub> > 50 dBA	
Centros expuestos por encima de los OCA	0	0	1	

## 11.4 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DEBIDA AL TRÁFICO VIARIO

Se ha realizado una estimación del incremento de la contaminación acústica debida únicamente al tráfico viario y ferroviario derivado del desarrollo del PDI.

Para ello se han calculado los modelos acústicos de las diferentes alternativas estudiadas sólo con las fuentes viarias y ferroviarias y se ha obtenido información de los niveles sonoros en 16 puntos repartidos por el frente de la ciudad de Motril.

En la imagen que se muestra a continuación se ubican dichos puntos.

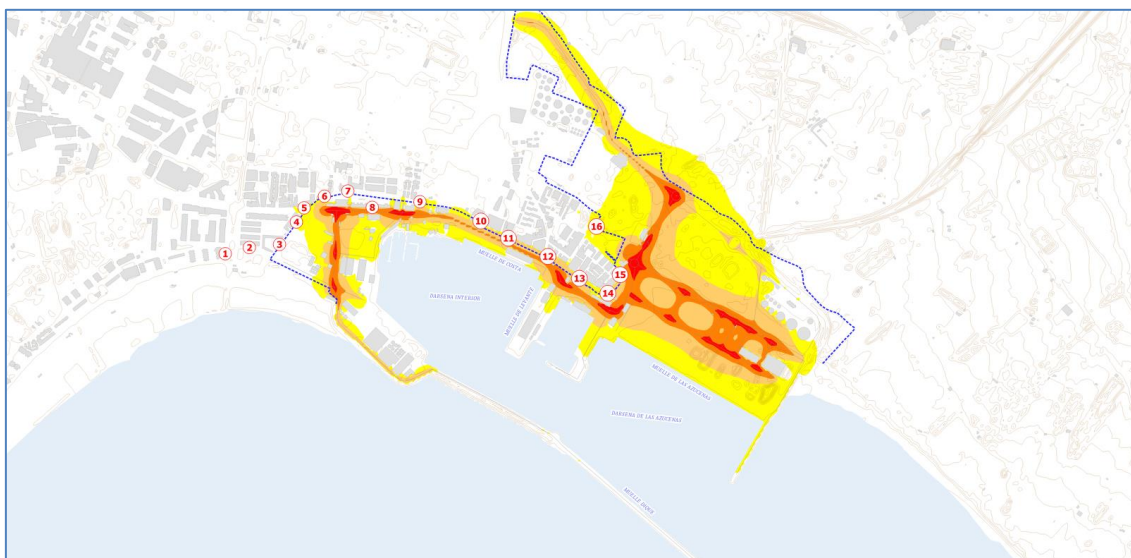


**Ilustración 45. Ubicación puntos cálculo niveles sonoros**

Fuente: elaboración propia, 2019.

Los resultados obtenidos para cada punto y alternativa se muestran en las siguientes tablas y figuras, en rojo se indican los niveles sonoros que superan el objetivo de calidad acústica:

#### 11.4.1 Situación actual



**Ilustración 46. Niveles sonoros ( $L_d$ ) del ruido de tráfico viario en la situación actual**

Fuente: elaboración propia, 2019.

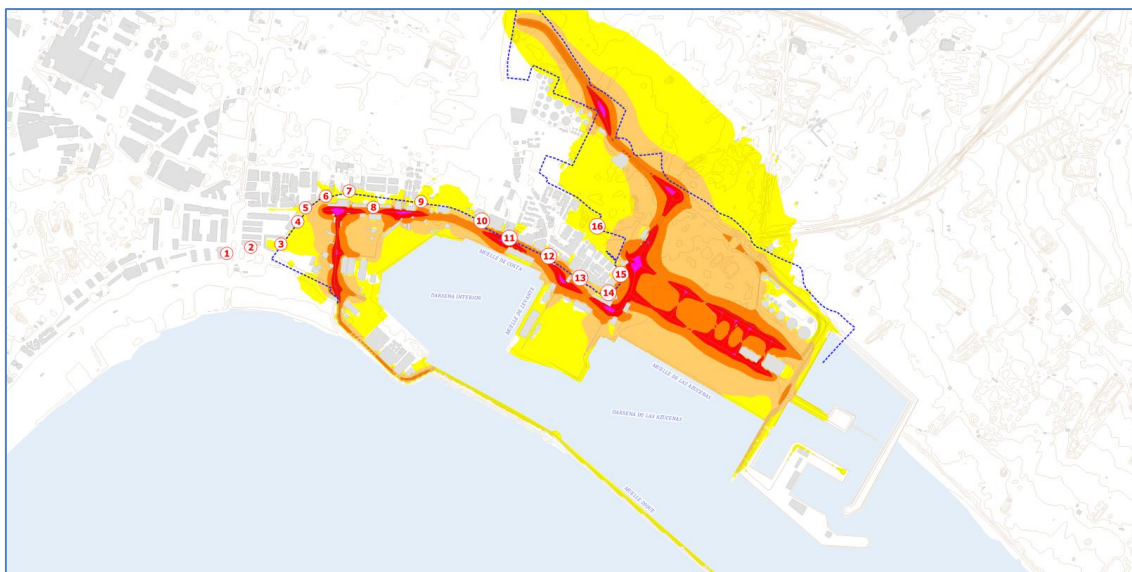
**Tabla 64. Niveles sonoros del ruido del tráfico viario en la situación actual**

PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
1	48,4	48,3	44
2	46,3	45,9	41,4

PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
3	51,8	51,6	47,2
4	56	55,1	50,3
5	56,4	55,3	50,3
6	54,9	54,1	49,3
7	54,1	53,5	48,8
8	62,2	60,7	55,4
9	57,4	56,2	51,2
10	56,1	54,7	49,4
11	60,5	59,3	54,1
12	61,1	59,8	54,6
13	60	58,6	53,4
14	58,3	57,2	52,3
15	63,9	62,4	57,3
16	55,9	55,1	50,6
<b>MEDIA</b>	<b>56,5</b>	<b>55,5</b>	<b>50,6</b>

Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 11.4.2 Alternativa a Levante



**Ilustración 47. Niveles sonoros ( $L_d$ ) del ruido de tráfico viario en la Alternativa a Levante**

Fuente: elaboración propia, 2019.

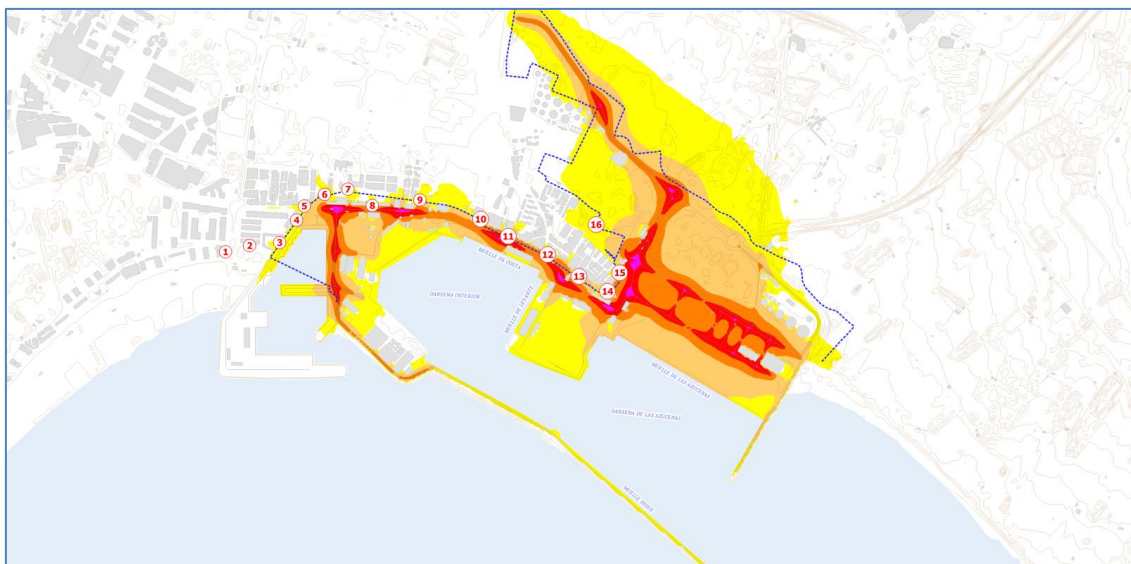
**Tabla 65. Niveles sonoros del ruido del tráfico viario en la alternativa a Levante**

PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
1	51,9	51,8	47,4
2	51,4	51,2	46,7
3	55,3	55	50,5
4	59,3	58,4	53,6
5	59,5	58,4	53,4
6	58,1	57,4	52,6
7	57,9	57,3	52,6

PUNTO	L <sub>d</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>n</sub>
8	65,3	63,9	58,6
9	60,7	59,4	54,2
10	61,2	59,8	54,5
11	69,1	67,6	62,4
12	64,6	63,3	58,1
13	63,3	61,9	56,6
14	61,4	60,2	55,4
15	66,7	65,3	60,2
16	58,9	57,9	53,5
<b>MEDIA</b>	<b>60,3</b>	<b>59,3</b>	<b>54,4</b>

Fuente: elaboración propia, 2019.

### 11.4.3 Alternativa Poniente Playa



**Ilustración 48. Niveles sonoros (L<sub>d</sub>) del ruido de tráfico viario en la Alternativa Poniente Playa**

Fuente: elaboración propia, 2019.

**Tabla 66. Niveles sonoros del ruido del tráfico viario y ferroviario en la alternativa Poniente Playa**

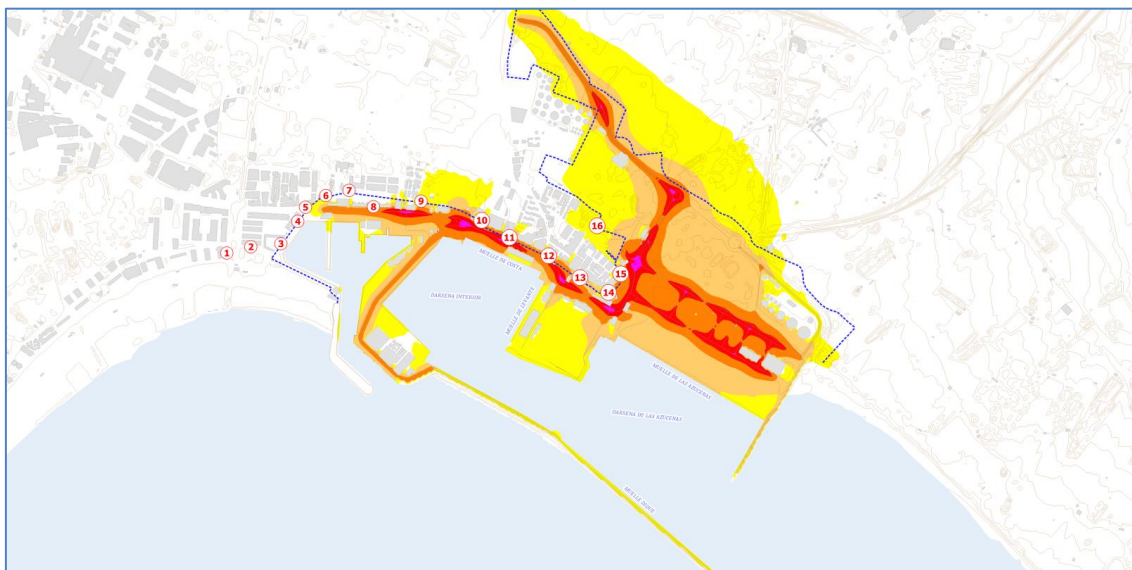
PUNTO	L <sub>d</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>n</sub>
1	52	51,3	47,5
2	50,5	49,9	45,6
3	55,9	54,5	50,4
4	59,9	58	53,9
5	59,5	57,6	53,7
6	58,2	56,6	52,7
7	57,1	55,8	51,8
8	65,2	62,5	58,5
9	60,7	58	54,3
10	61,2	58,3	54,5
11	69,1	66,2	62,3
12	64,6	61,9	58,2



PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
13	63,2	60,5	56,6
14	62,2	60,2	56,1
15	67,4	65,3	60,8
16	58,9	57,9	53,8
<b>MEDIA</b>	<b>60,4</b>	<b>58,4</b>	<b>54,4</b>

Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 11.4.4 Alternativa Poniente 1



**Ilustración 49. Niveles sonoros ( $L_d$ ) del ruido de tráfico viario en la Alternativa Poniente 1**

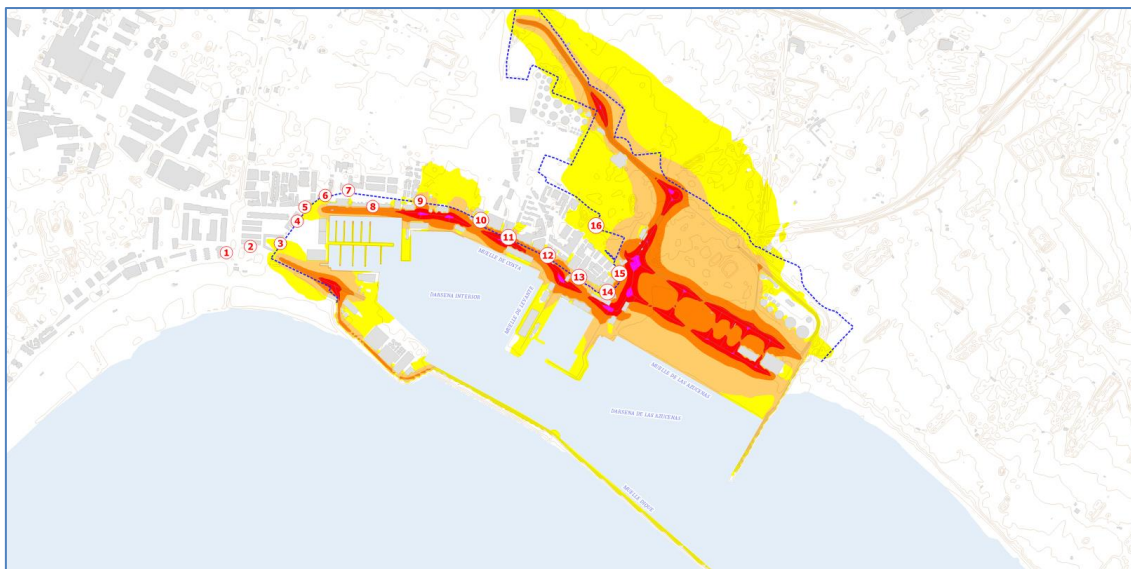
Fuente: elaboración propia, 2019.

**Tabla 67. Niveles sonoros del ruido del tráfico viario y ferroviario en la alternativa Poniente 1**

PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
1	48,2	48,1	43,8
2	46,9	46,7	42,4
3	50,5	50	45,6
4	53,4	52,9	48,4
5	55,3	54,4	49,6
6	54,3	53,8	49,2
7	53,1	52,5	47,9
8	64	62,6	57,3
9	61	59,5	54,2
10	64,1	62,6	57,4
11	69,4	67,9	62,6
12	64,9	63,5	58,3
13	63,4	62,1	56,9
14	61,4	60,3	55,5
15	66,7	65,3	60,2
16	58,7	57,8	53,6
<b>MEDIA</b>	<b>58,5</b>	<b>57,5</b>	<b>52,7</b>

Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 11.4.5 Alternativa Poniente 2



**Ilustración 50. Niveles sonoros ( $L_d$ ) del ruido de tráfico viario en la Alternativa Poniente 2**

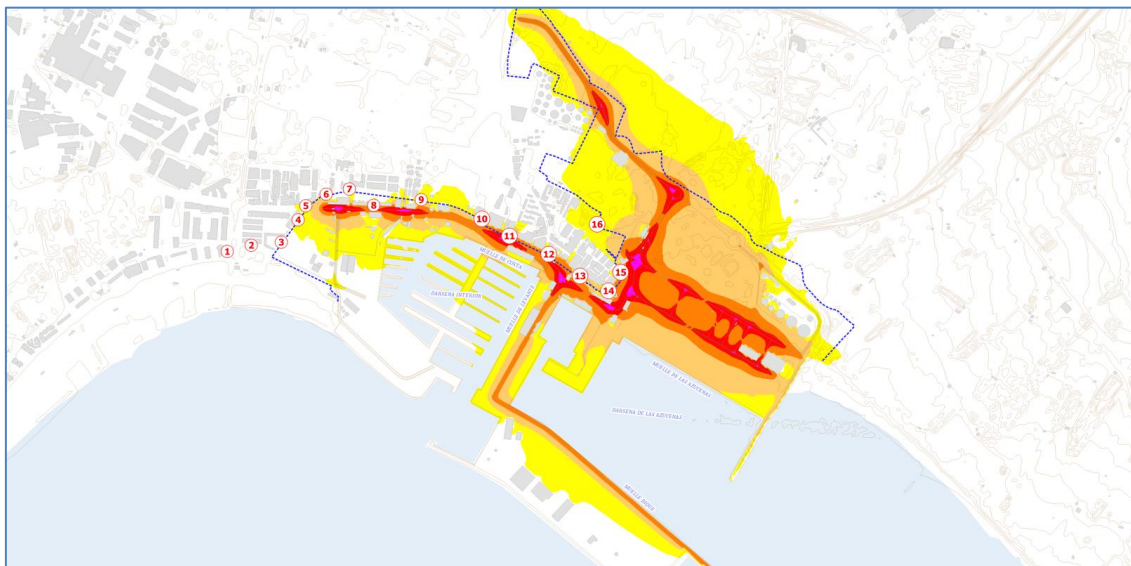
Fuente: elaboración propia, 2019.

**Tabla 68. Niveles sonoros del ruido del tráfico viario y ferroviario en la alternativa Poniente 2**

PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
1	51,4	51	46,5
2	52,7	51,9	47,1
3	55,9	54,9	50
4	55,5	54,8	50,1
5	55,6	54,7	49,9
6	54,5	53,8	49,2
7	53,6	53	48,5
8	63,4	62,1	56,8
9	64,1	62,6	57,2
10	61,5	60,1	54,8
11	69,2	67,7	62,5
12	64,7	63,4	58,2
13	63,3	61,9	56,7
14	62	60,8	55,9
15	67,2	65,8	60,7
16	58,8	57,9	53,7
<b>MEDIA</b>	<b>59,6</b>	<b>58,5</b>	<b>53,6</b>

Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 11.4.6 Alternativa Poniente 3



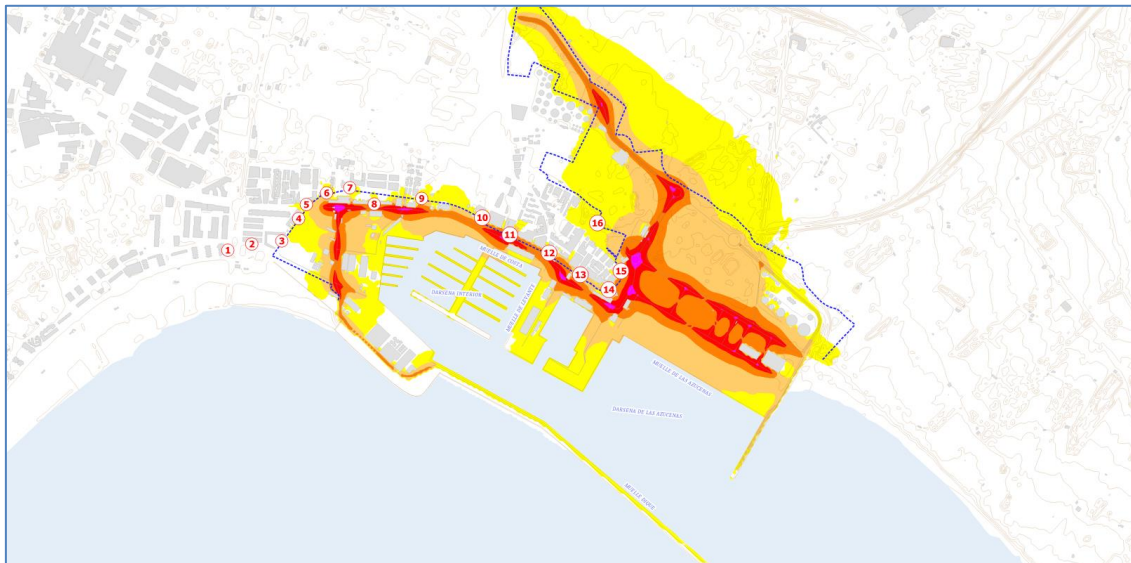
**Ilustración 51. Niveles sonoros ( $L_d$ ) del ruido de tráfico viario en la Alternativa Poniente 3**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

**Tabla 69. Niveles sonoros del ruido del tráfico viario y ferroviario en la alternativa Poniente 3**

PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
1	49	49	44,9
2	45,4	45,1	41
3	52,5	52,3	48
4	57,5	56,5	51,7
5	57,9	56,7	51,7
6	56,7	55,8	50,9
7	55,5	54,5	49,7
8	64,9	63,4	58,1
9	60,6	59,3	54,2
10	61,3	59,8	54,5
11	69,1	67,6	62,2
12	64,8	63,4	58,2
13	63,6	62,2	57,1
14	62,4	61,3	56,4
15	67,4	65,9	60,8
16	59	58,2	53,9
<b>MEDIA</b>	<b>59,2</b>	<b>58,2</b>	<b>53,3</b>

Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 11.4.7 Alternativa Poniente 4



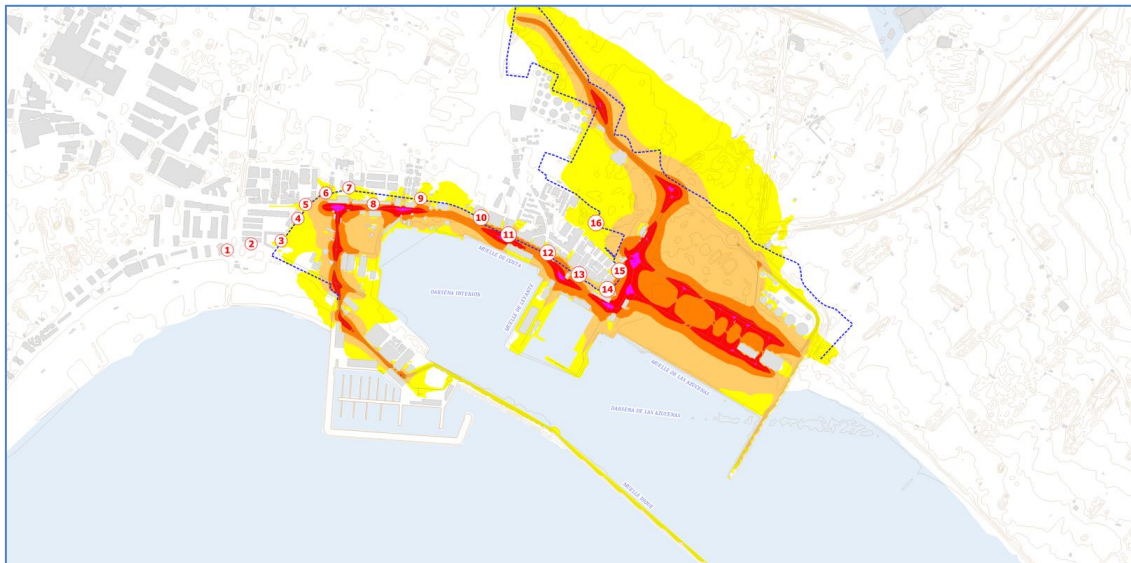
**Ilustración 52. Niveles sonoros ( $L_d$ ) del ruido de tráfico viario en la Alternativa Poniente 4**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

**Tabla 70. Niveles sonoros del ruido del tráfico viario y ferroviario en la alternativa Poniente 4**

PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
1	50,9	50,8	46,5
2	49	48,6	44,1
3	54	53,7	49,3
4	58,7	57,8	52,9
5	58,9	57,7	52,8
6	57,7	56,8	52
7	57	56,3	51,7
8	65,1	63,6	58,3
9	60,3	59	53,9
10	61,1	59,7	54,4
11	69,1	67,6	62,2
12	64,5	63,1	57,9
13	63,3	61,9	56,7
14	62,3	61,1	56,2
15	67,5	66	60,9
16	59	58,1	53,9
<b>MEDIA</b>	<b>59,9</b>	<b>58,9</b>	<b>54</b>

Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 11.4.8 Alternativa Exterior



**Ilustración 53. Niveles sonoros ( $L_d$ ) del ruido de tráfico viario en la Alternativa Exterior**  
Fuente: elaboración propia, 2019.

**Tabla 71. Niveles sonoros del ruido del tráfico viario y ferroviario en la alternativa Exterior.**

PUNTO	$L_d$	$L_e$	$L_n$
1	51,9	51,8	47,5
2	50,7	50,3	45,8
3	55,3	55	50,6
4	59	58,2	53,3
5	59,4	58,3	53,3
6	58,1	57,3	52,5
7	57,4	56,7	52,1
8	65,2	63,8	58,5
9	60,3	59,1	54
10	61,3	59,8	54,5
11	69	67,6	62,3
12	64,7	63,4	58,2
13	63,3	61,9	56,6
14	62,3	61,1	56,2
15	67,3	65,9	60,8
16	58,9	58,1	53,8
<b>MEDIA</b>	<b>60,3</b>	<b>59,3</b>	<b>54,4</b>

Fuente: elaboración propia, 2019.



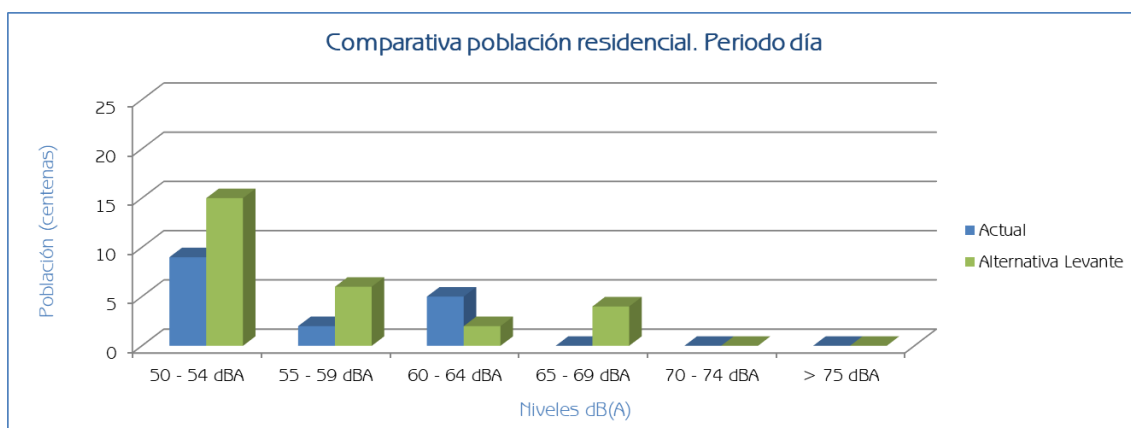
## 12 COMPARATIVA

En este apartado se van a comparar los resultados obtenidos entre la situación actual y las diferentes alternativas estudiadas.

### 12.1 POBLACIÓN RESIDENCIAL

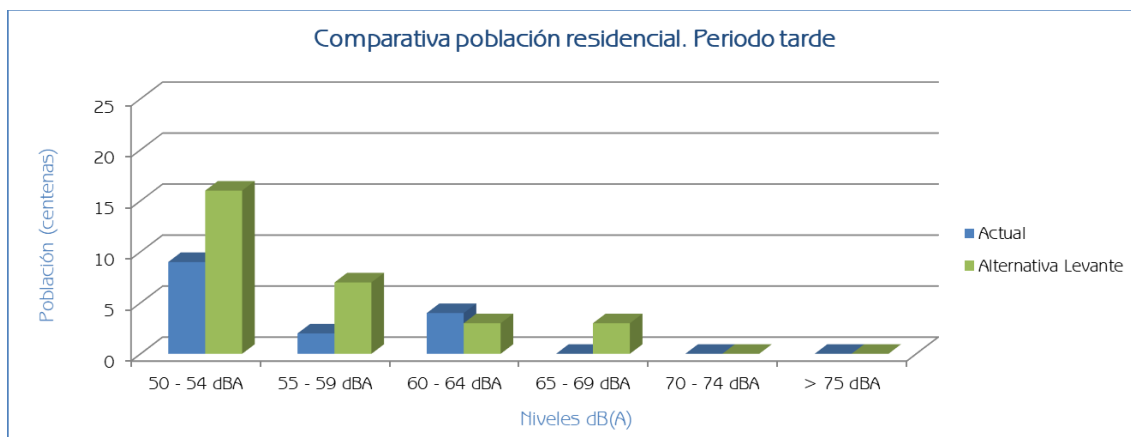
Se procede a realizar una comparativa por rango de niveles sonoros de la población en la situación actual y en las alternativas estudiadas por rangos de niveles sonoros para cada indicador ( $L_d$ ,  $L_e$ ,  $L_n$ ):

#### 12.1.1 Alternativa a Levante – Situación actual



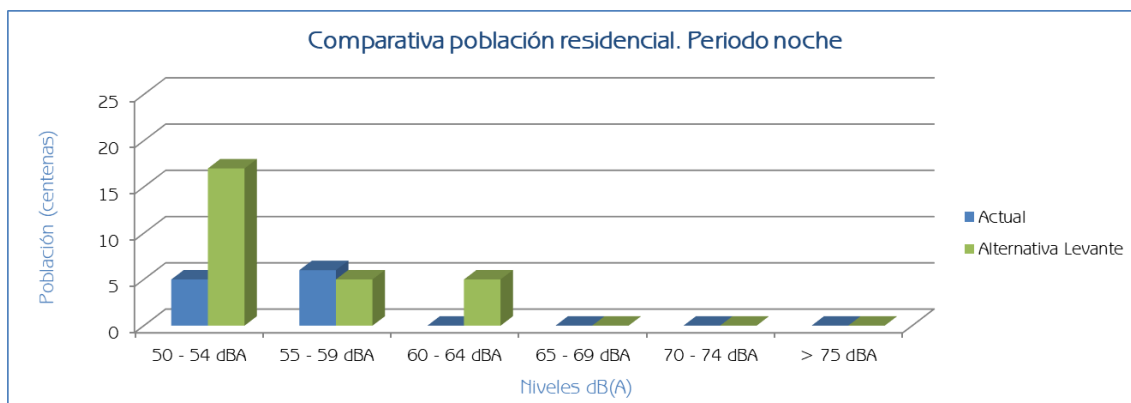
**Ilustración 54. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa a Levante para el indicador  $L_d$**

Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 55. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa a Levante para el indicador  $L_e$**

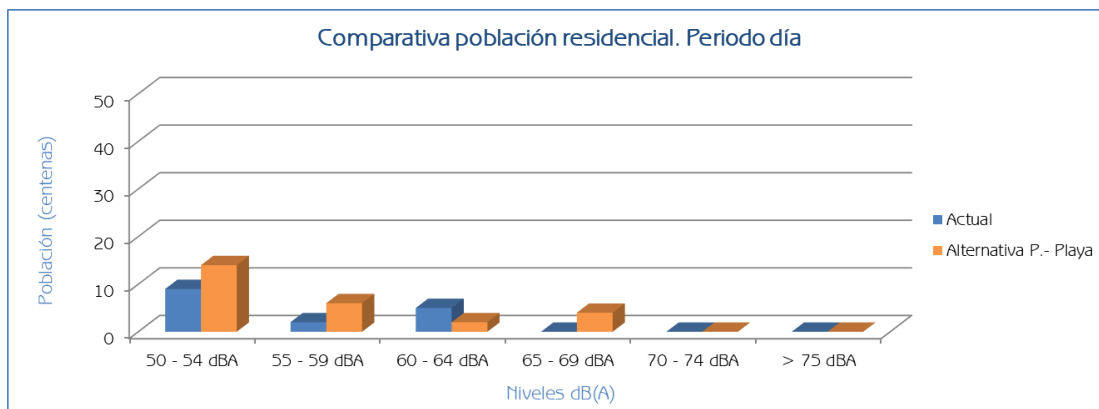
Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 56. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa a Levante para el indicador  $L_n$**

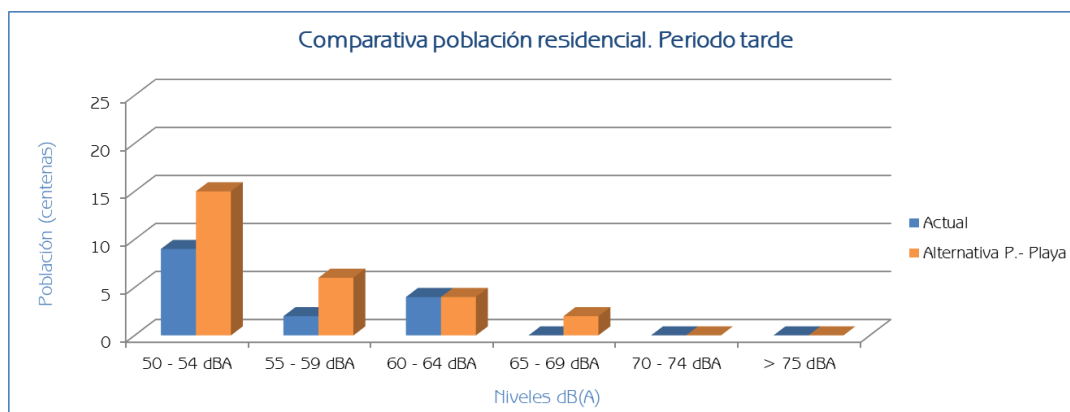
Fuente: elaboración propia, 2019.

### 12.1.2 Alternativa Poniente Playa-Situación actual



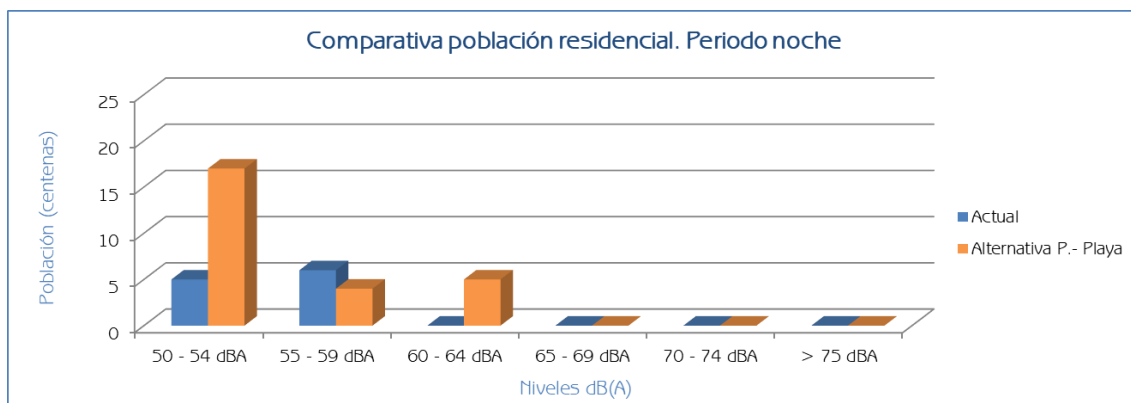
**Ilustración 57. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente Playa para el indicador  $L_d$**

Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 58. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente Playa para el indicador  $L_e$**

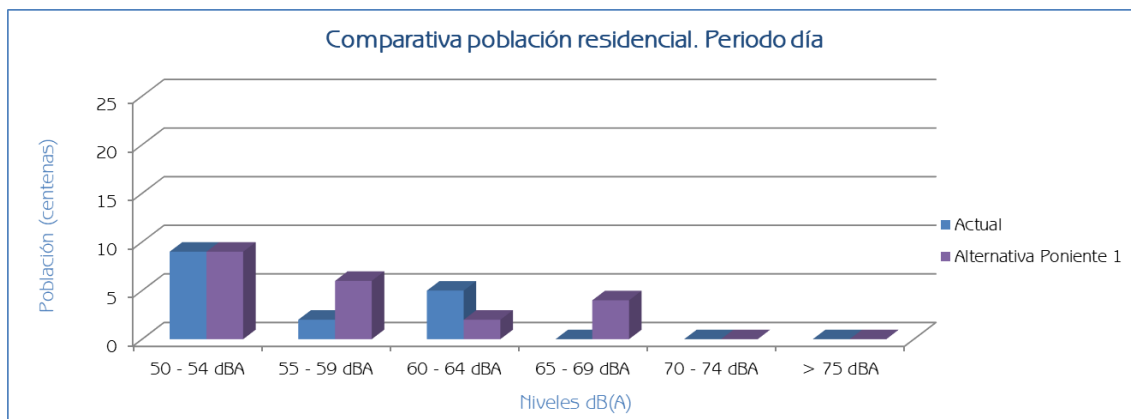
Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 59. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente Playa para el indicador  $L_n$**

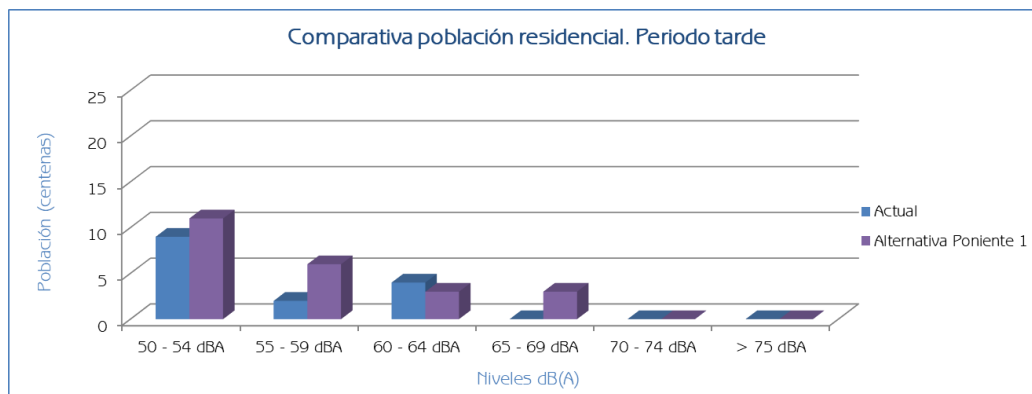
Fuente: elaboración propia, 2019.

### 12.1.3 Alternativa Poniente 1 – Situación actual



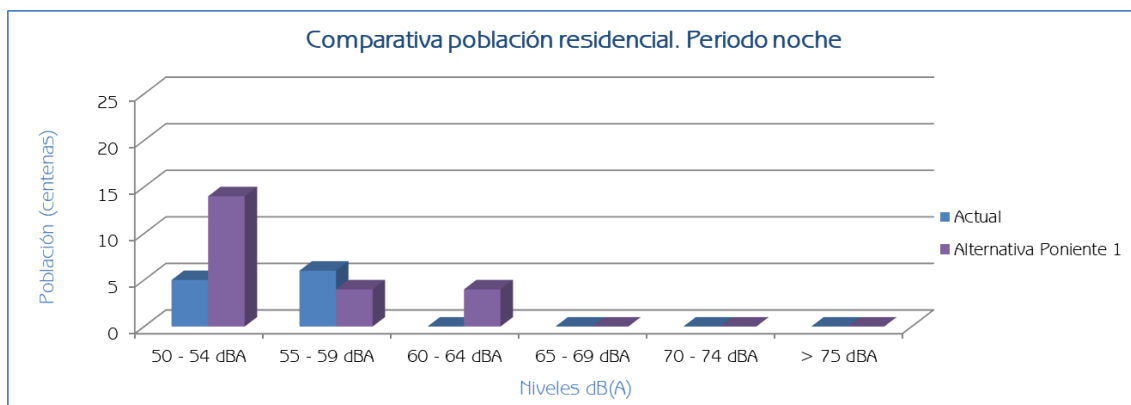
**Ilustración 60. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 1 para el indicador  $L_d$**

Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 61. Comparativa población afectada entre la situación actual y la alternativa Poniente 1 para el indicador  $L_e$**

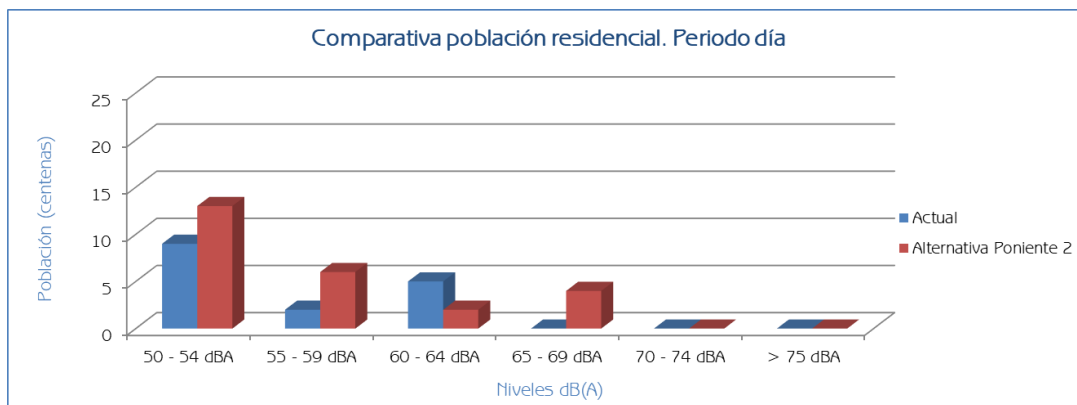
Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 62. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 1 para el indicador  $L_n$**

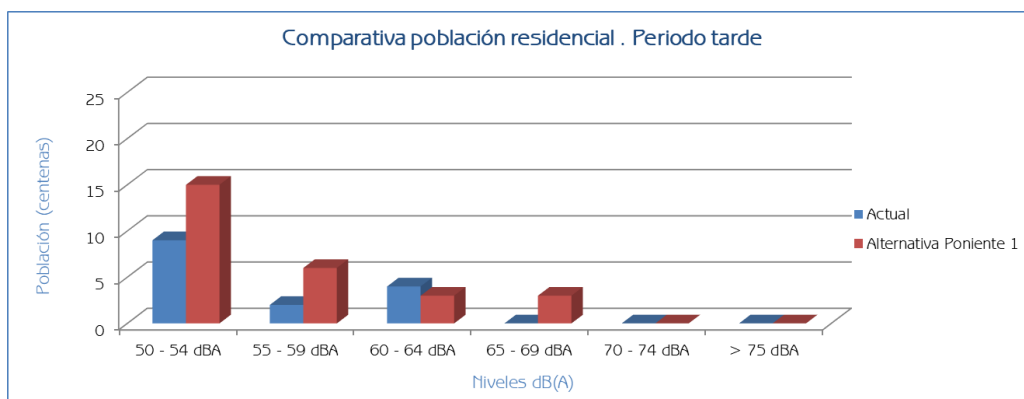
Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 12.1.4 Alternativa Poniente 2 – Situación actual



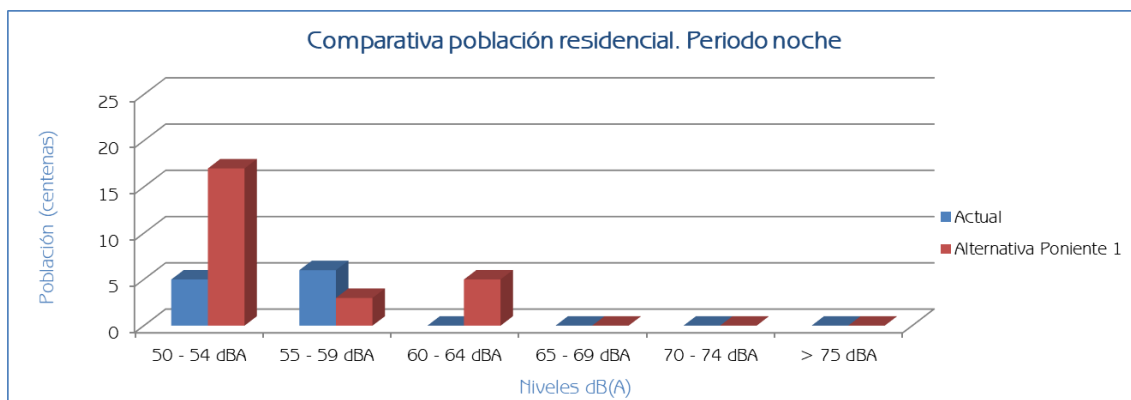
**Ilustración 63. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 2 para el indicador  $L_d$**

Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 64. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 2 para el indicador  $L_e$**

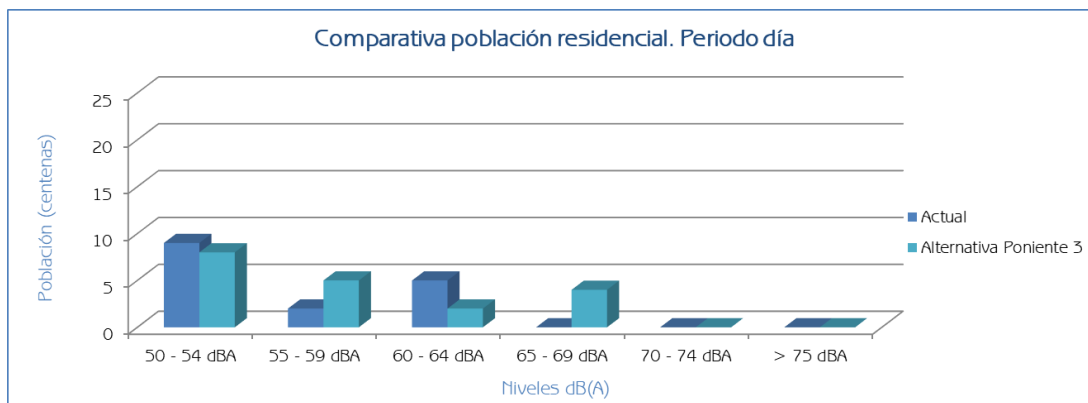
Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 65. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 2 para el indicador  $L_n$**

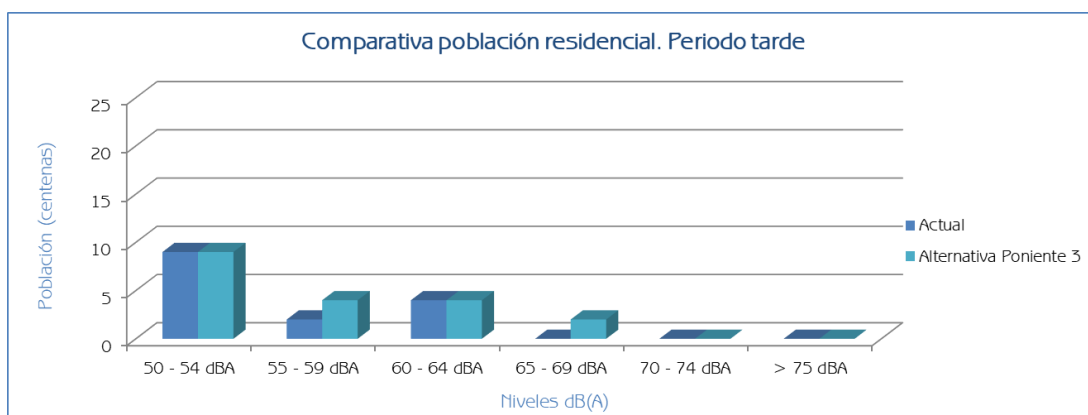
Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 12.1.5 Alternativa Poniente 3 – Situación actual



**Ilustración 66. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 3 para el indicador  $L_d$**

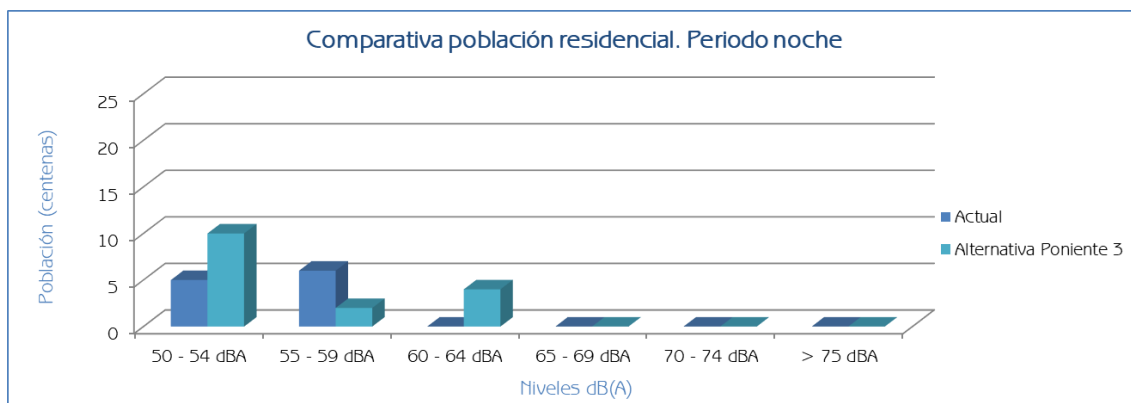
Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 67. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 3 para el indicador  $L_e$**

Fuente: elaboración propia, 2019.

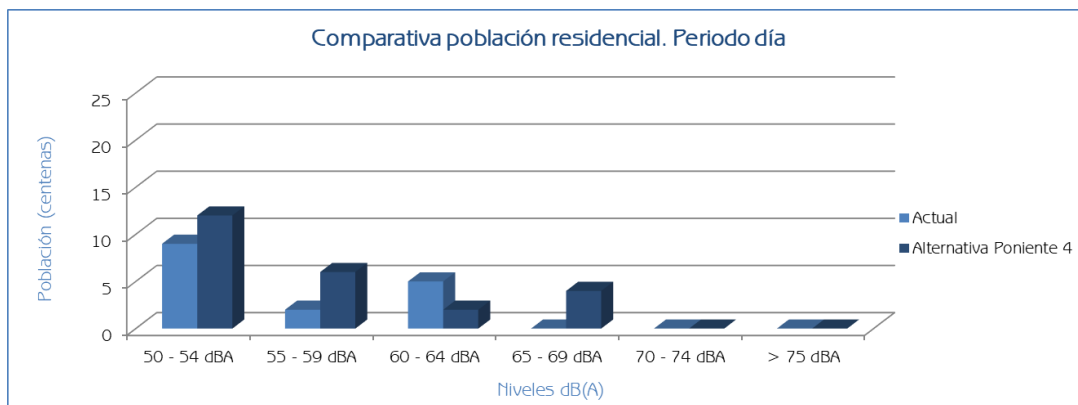




**Ilustración 68. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 3 para el indicador  $L_n$**

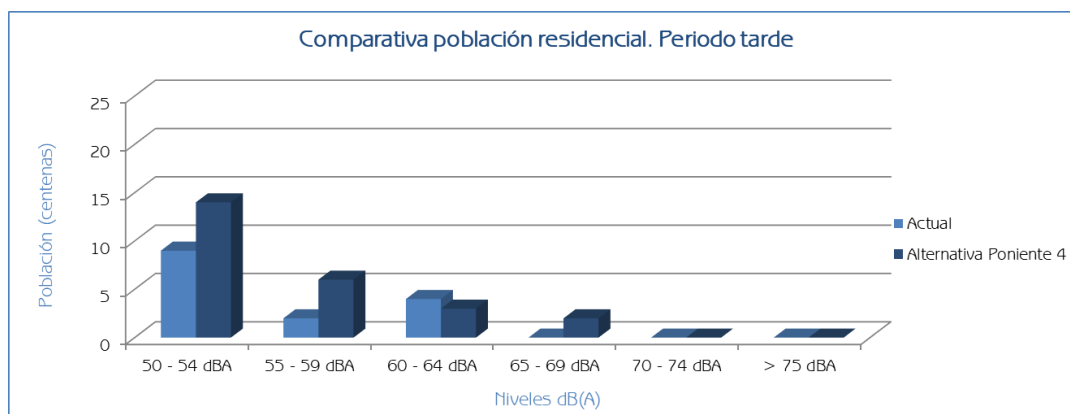
Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 12.1.6 Alternativa Poniente 4 – Situación actual



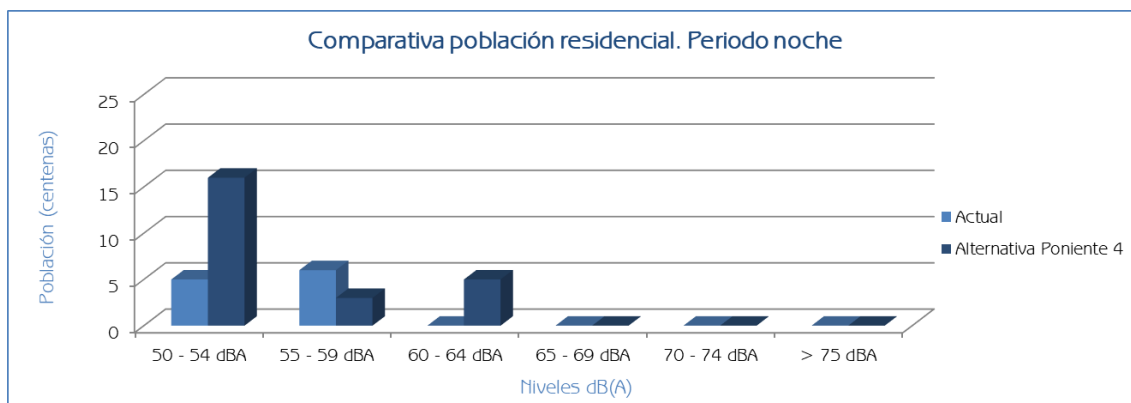
**Ilustración 69. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 4 para el indicador  $L_d$**

Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 70. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 4 para el indicador  $L_e$**

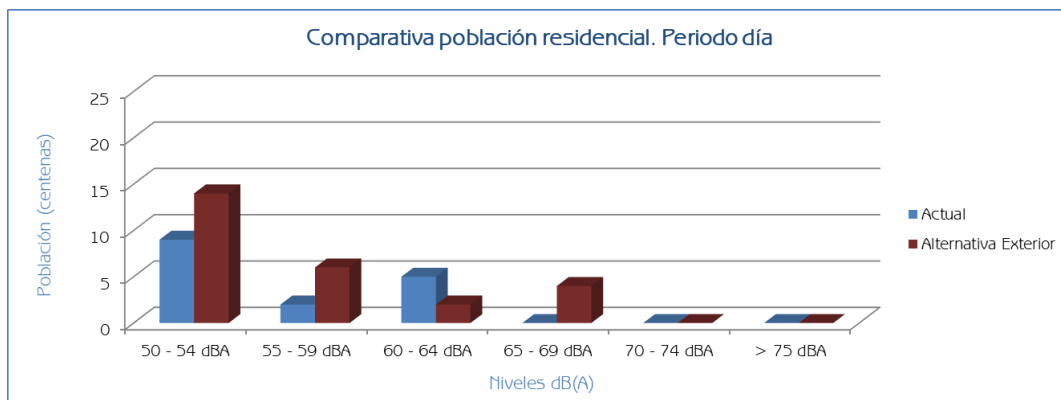
Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 71. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Poniente 4 para el indicador  $L_n$**

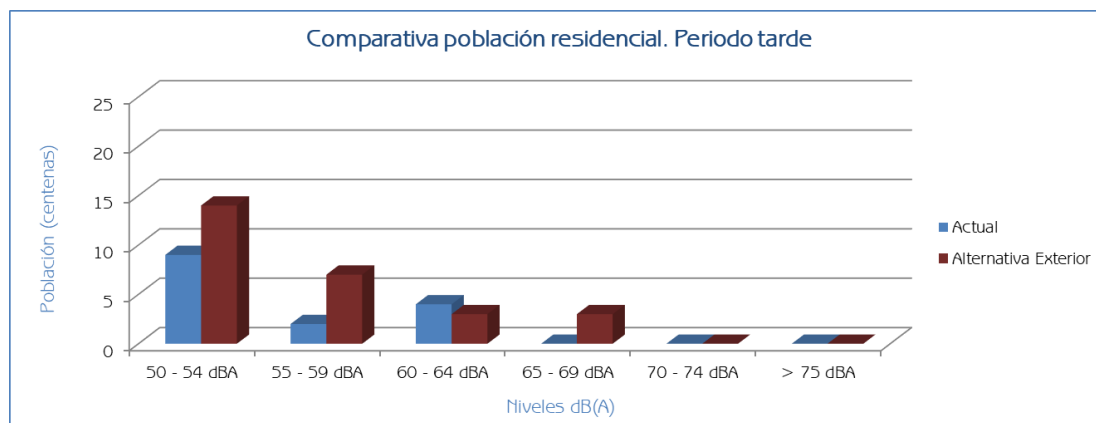
Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 12.1.7 Alternativa Exterior – Situación actual



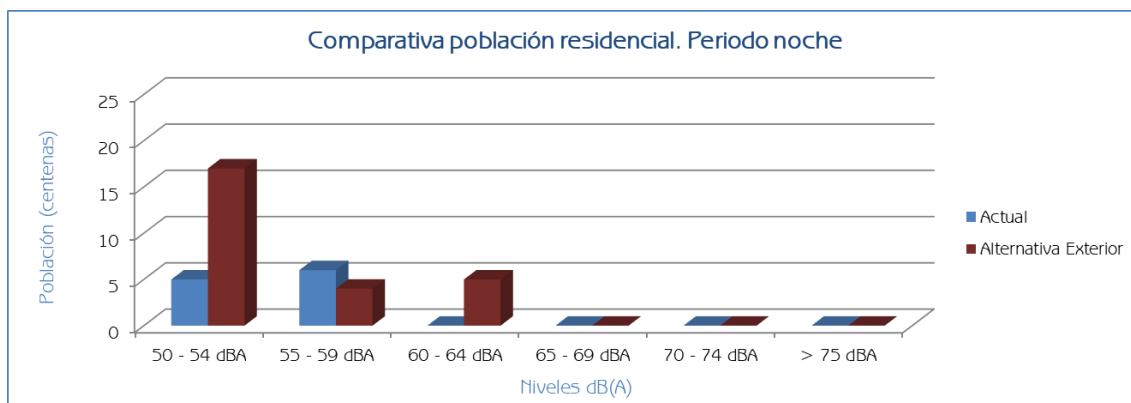
**Ilustración 72. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Exterior para el indicador  $L_d$**

Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 73. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Exterior para el indicador  $L_e$**

Fuente: elaboración propia, 2019.

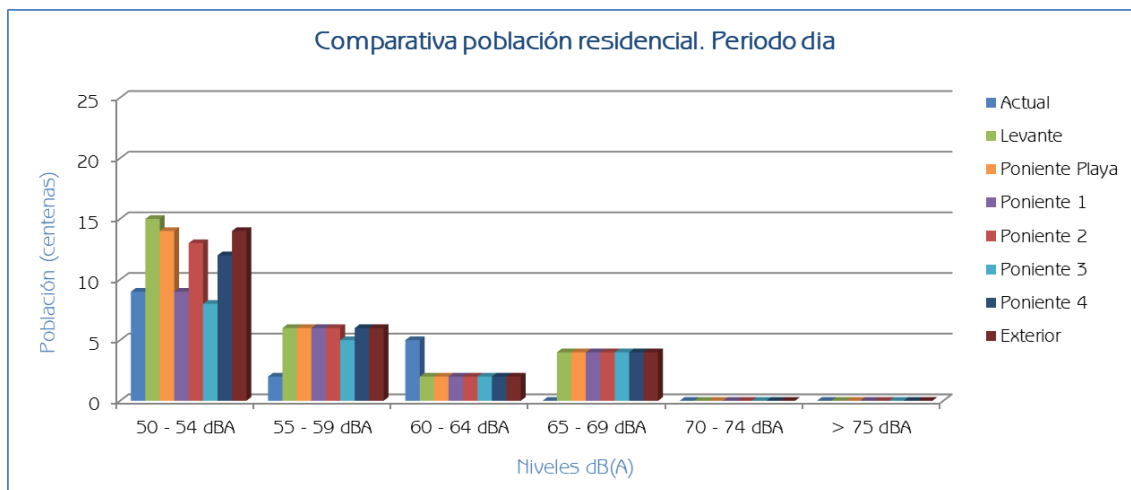


**Ilustración 74. Comparativa población expuesta entre la situación actual y la alternativa Exterior para el indicador**

$L_n$

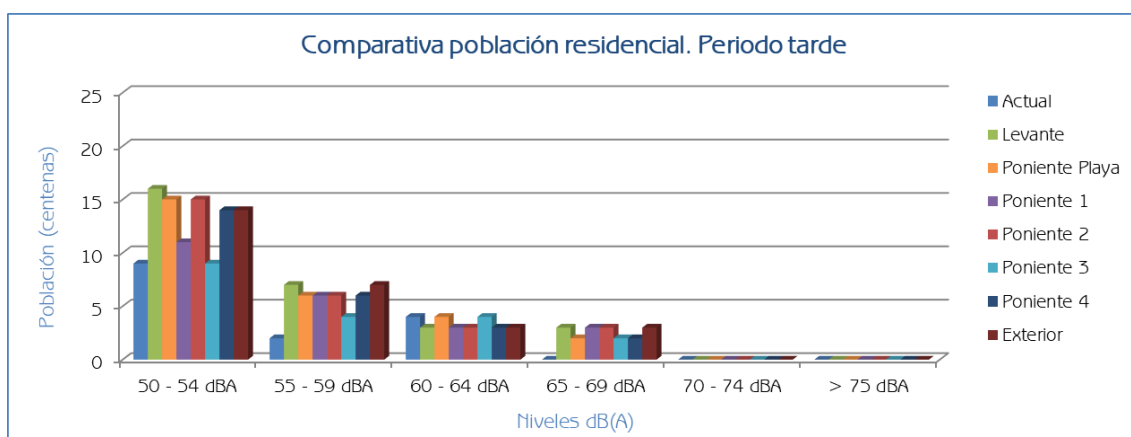
Fuente: elaboración propia, 2019.

#### 12.1.8 Todas las alternativas – Situación actual

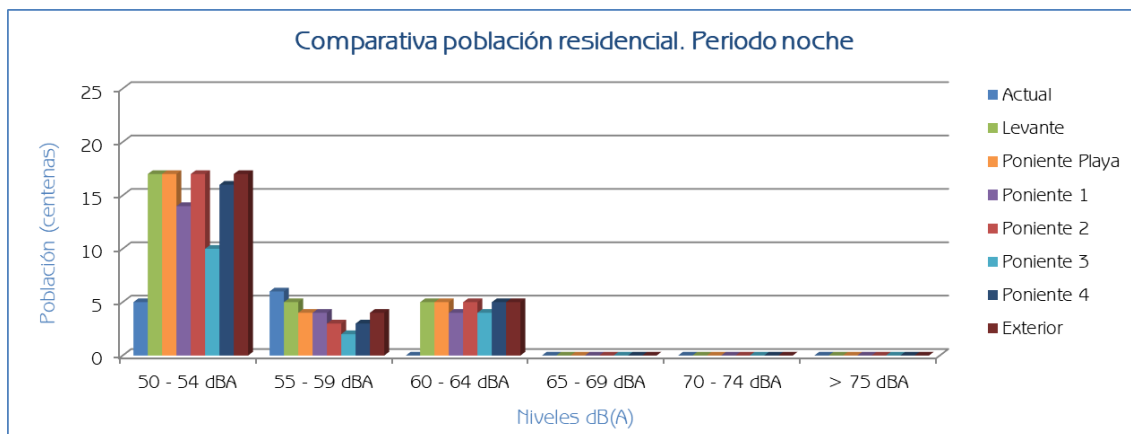


**Ilustración 75. Comparativa población expuesta entre la situación actual y las alternativas para el indicador  $L_d$**

Fuente: elaboración propia, 2019.



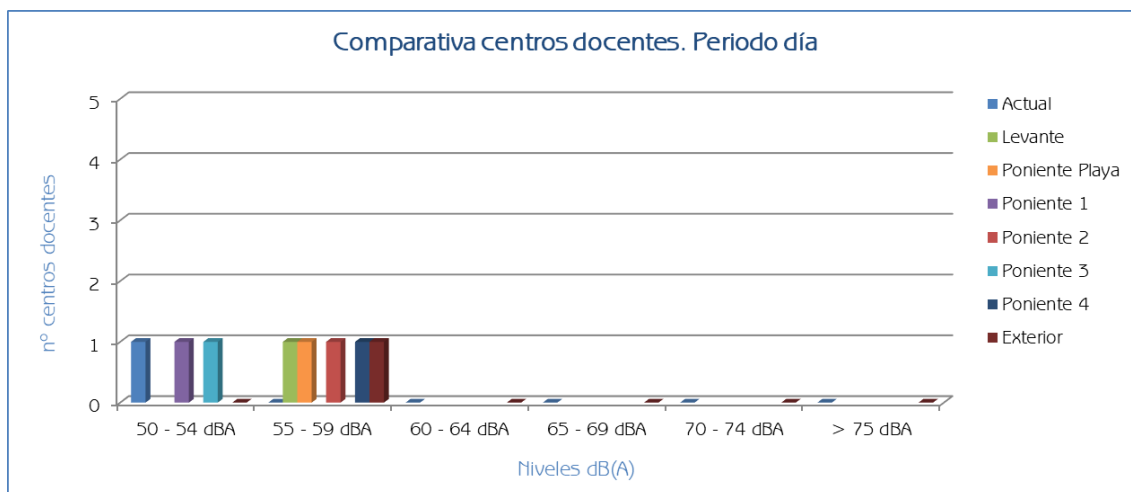
**Ilustración 76. Comparativa población expuesta entre la situación actual y las alternativas para el indicador  $L_e$**   
Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 77. Comparativa población expuesta entre la situación actual y las alternativas para el indicador  $L_n$**   
Fuente: elaboración propia, 2019.

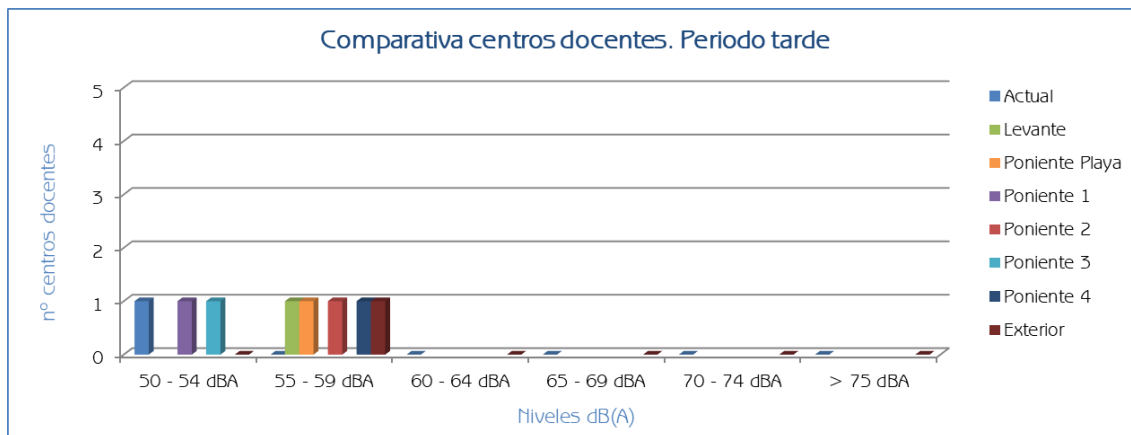
## 12.2 EDIFICIOS DOCENTES

Se procede a realizar una comparativa por rango de niveles sonoros de los centros docentes expuestos en la situación actual y en las alternativas estudiadas por rangos de niveles sonoros para cada indicador ( $L_d$ ,  $L_e$ ,  $L_n$ ):



**Ilustración 78. Comparativa centros docentes expuestos entre la situación actual y las alternativas para el indicador  $L_d$**

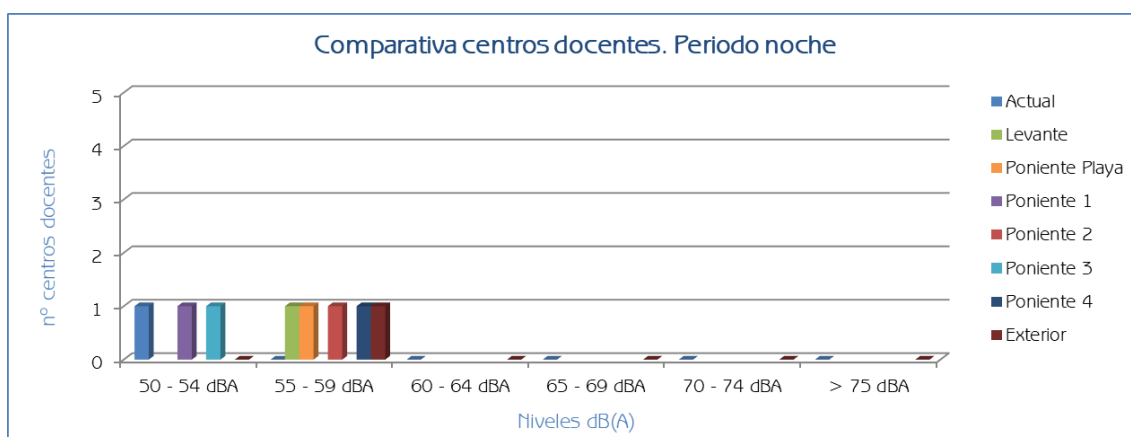
Fuente: elaboración propia, 2019.



**Ilustración 79. Comparativa centros docentes expuestos entre la situación actual y las alternativas para el indicador  $L_e$**

Fuente: elaboración propia, 2019.





**Ilustración 80. Comparativa centros docentes expuestos entre la situación actual y las alternativas para el indicador  $L_n$**

Fuente: elaboración propia, 2019.

### 12.3 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DEBIDA AL TRÁFICO VIARIO

Conocidos los niveles sonoros en los puntos de cada alternativa y en la situación actual se realiza un promedio para cada indicador  $L_d$ ,  $L_e$ ,  $L_n$  y se comparan con la situación actual. Los resultados son:

**Tabla 72. Comparativa entre niveles sonoros por ruido de tráfico viario.**

	Nivel sonoro			Nivel alternativa –actual			Variación		
	$L_d$	$L_e$	$L_n$	$L_d$	$L_e$	$L_n$	$L_d$	$L_e$	$L_n$
<b>Actual</b>	56,5	55,5	50,6	-	-	-	-	-	-
<b>Levante</b>	60,3	59,3	54,4	3,8	3,8	3,8	6,7	6,8	7,5
<b>Poniente Playa</b>	60,4	58,4	54,4	3,9	2,9	3,8	6,9	5,2	7,5
<b>Poniente 1</b>	58,5	57,5	52,7	2	2	2,1	3,5	3,6	4,2
<b>Poniente 2</b>	59,6	58,5	53,6	3,1	3	3	5,5	5,4	5,9
<b>Poniente 3</b>	59,2	58,2	53,3	2,7	2,7	2,7	4,8	4,9	5,3
<b>Poniente 4</b>	59,9	58,9	54	3,4	3,4	3,4	6,0	6,1	6,7
<b>Exterior</b>	60,3	59,3	54,4	3,8	3,8	3,8	6,7	6,8	7,5

Fuente: elaboración propia, 2019.

## 13 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En vista de las tablas y gráficas anteriores, se aprecia que existe afección en la actualidad por el ruido generado por la infraestructura portuaria y este aumenta con todas las alternativas propuestas.

Si comparamos la población afectada en la actualidad por el ruido del Puerto de Motril con el total de población del Municipio (60.592 habitantes) obtenemos que:

- Método END:
  - El 0,025% de la población de Motril se encuentra afectada por el ruido del Puerto en el periodo día.

- El 0,018% de la población de Motril se encuentra afectada por el ruido del Puerto en el periodo tarde.
- El 0,975% de la población de Motril se encuentra afectada por el ruido del Puerto en el periodo noche.
- Método VBEB:
  - El 0,012% de la población de Motril se encuentra afectada por el ruido del Puerto en el periodo día.
  - El 0,010% de la población de Motril se encuentra afectada por el ruido del Puerto en el periodo tarde.
  - El 0,229% de la población de Motril se encuentra afectada por el ruido del Puerto en el periodo noche.

Con respecto a los edificios sensibles (centros docentes y sanitarios) obtenemos los siguientes resultados en la actualidad:

- No existe ningún centro sanitario afectado.
- Ningún centro docente se encuentra afectado por el ruido portuario durante los periodos de evaluación día y tarde.
- Existe un centro docente afectado durante el periodo nocturno por el ruido del Puerto, hay que tener en cuenta que durante el periodo nocturno el centro no ejerce su actividad.

Analizando las alternativas estudiadas obtenemos que el porcentaje de población afectada con respecto a la población total de Motril, para cada periodo, es:

**Tabla 73. Porcentaje de población afectada para cada alternativa estudiada.**

Periodo	Levante	Poniente Playa	Poniente 1	Poniente 2	Poniente 3	Poniente 4	Exterior
Día	0,20	0,23	0,19	0,21	0,18	0,20	0,23
Tarde	0,17	0,09	0,16	0,16	0,04	0,06	0,17
Noche	0,59	0,59	0,58	0,58	0,43	0,51	0,59

Fuente: elaboración propia, 2019.

Si comparamos con la población afectada en la actualidad obtenemos que:

En los periodos día y tarde en la actualidad no hay afección por lo tanto la variación en la afección es del 100 % para todas las alternativas estudiadas.

En el periodo noche la variación de la población afectada para cada alternativa es la siguiente:

- 63,3% de variación para la alternativa a Levante.
- 62,1 % para la alternativa Poniente Playa.
- 43,3 % para la alternativa Poniente 1.
- 37,6 % para la alternativa Poniente 2.
- 10,5 % para la alternativa Poniente 3.
- 43,1 % para la alternativa Poniente 4.

- 63,3 % para la alternativa Exterior.

Con respecto a los edificios docentes y sanitarios obtenemos lo siguiente:

- No existen edificios sanitarios afectados para ninguna de las alternativas estudiadas.
- En los periodos día y tarde no existe ningún edificio docente afectado.
- En el periodo noche sólo existe el edificio docente afectado en la actualidad, en el que la afección aumenta dependiendo de la alternativa estudiada:
  - 0 dBA para la alternativa Poniente 3
  - 1 dBA para la alternativa Poniente 1
  - 3 dBA para las alternativas Poniente 2 y Poniente 4
  - 4 dBA para las alternativas Levante, Poniente Playa y Exterior.

Se estima que con el tráfico viario derivado del desarrollo del PDI, los niveles sonoros actuales debidos a estas fuentes de ruido en función de la alternativa elegida. Lo siguiente:

- Para las alternativas a Levante y Exterior entre 7,5 -6,7dBA.
- Para la alternativa Poniente Playa entre 7,5 -5,2 dBA.
- Para la alternativa Poniente 1 entre 4,2 -3,5 dBA.
- Para la alternativa Poniente 2 entre 5,9 -5,4 dBA.
- Para la alternativa Poniente 3 entre 4,8 -5,3 dBA.
- Para la alternativa Poniente 4 entre 6 -6,7 dBA.

## 14 EQUIPO REDACTOR

Autores del Estudio SINCOSUR Ingeniería Sostenible S.L.:

- D. Fernando López Santos, Ingeniero Técnico Industrial, Ingeniero Acústico y Doctorando en Ingeniería Ambiental.
- D<sup>a</sup>. Isabel Giménez Anaya, Licenciada en Ciencias Ambientales, Master en Ingeniería Acústica y Master en Sistemas de Información Geográfica.

## 15 CONCLUSIONES

El presente documento se ha redactado conforme a la normativa vigente y con el fin principal de caracterizar acústicamente la actividad portuaria, para ello se ha seguido un proceso con el siguiente orden:

- Identificación y caracterización del área de estudio, detallando las distintas zonas portuarias con detalle de sus actividades.
- Se ha recopilado y analizado toda la documentación existente sobre aspectos:
  - Cartográficos
  - Movimiento de mercancías
  - Movimiento de buques

- Tráfico viario
- Zonificación acústica y usos principales del suelo
- Edificación y Población
- Datos meteorológicos
- Identificación de fuentes acústicas, considerándose 4 tipologías:
  - Industriales
  - Viarias exclusivas del Puerto
- Caracterización acústica y determinación de la potencia acústica de cada una de las fuentes identificadas.
- Creación del modelo acústico e incorporación de todas las variables acústicas.
- Simulación acústica.

Atendiendo a los resultados obtenidos se aprecia que existe afección en la actualidad por el ruido generado por la infraestructura portuaria y este aumenta con todas las alternativas propuestas.

Se estima un incremento de contaminación acústica con respecto a la actualidad de entre 3,5 – 7,5 dBA debido al tráfico viario derivado del desarrollo del PDI.

El mayor aumento tanto de afección a la población como de afección a los centros docentes se produce con las alternativas Exterior, Levante y Poniente Playa.

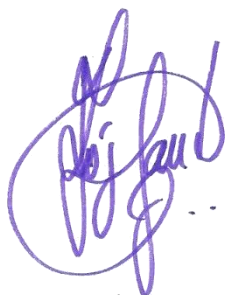
Con todas las alternativas existe superación de los objetivos de calidad acústica en el periodo nocturno fuera de los límites portuarios

De las alternativas estudiadas la que menor variación genera en la contaminación acústica existente en la actualidad es la alternativa Poniente 3.

## 16 NOTAS FINALES Y FIRMAS

El presente Estudio Acústico Predictivo, englobado en el Trabajo 1 del Estudio Ambiental Estratégico del Plan Director de Infraestructuras del Puerto de Motril ha sido realizado por SINCOSUR Ingeniería Sostenible S.L. Los autores del estudio son los abajo firmantes.

En Sevilla, a 11 de Noviembre de 2019



Fdo.: Fernando López Santos



Fdo.: Isabel Giménez Anaya

## 17 PLANOS

A continuación, se presenta la relación de planos realizados en el estudio:

### 1. Niveles Sonoros situación actual

- 1.1. Indicador  $L_d$
- 1.2. Indicador  $L_e$
- 1.3. Indicador  $L_n$
- 1.4. Indicador  $L_{den}$

### 2. Niveles Sonoros Alternativa a Levante

- 2.1. Indicador  $L_d$
- 2.2. Indicador  $L_e$
- 2.3. Indicador  $L_n$
- 2.4. Indicador  $L_{den}$

### 3. Niveles Sonoros Alternativa Poniente Playa

- 3.1. Indicador  $L_d$
- 3.2. Indicador  $L_e$
- 3.3. Indicador  $L_n$
- 3.4. Indicador  $L_{den}$

### 4. Niveles Sonoros Alternativa Poniente 1

- 3.1. Indicador  $L_d$
- 3.2. Indicador  $L_e$
- 3.3. Indicador  $L_n$
- 3.4. Indicador  $L_{den}$

### 5. Niveles Sonoros Alternativa Poniente 2

- 5.1. Indicador  $L_d$
- 5.2. Indicador  $L_e$
- 5.3. Indicador  $L_n$
- 5.4. Indicador  $L_{den}$

### 6. Niveles Sonoros Alternativa Poniente 3

- 6.1. Indicador  $L_d$
- 6.2. Indicador  $L_e$
- 6.3. Indicador  $L_n$
- 6.4. Indicador  $L_{den}$

### 7. Niveles Sonoros Alternativa Poniente 4

- 7.1. Indicador  $L_d$
- 7.2. Indicador  $L_e$
- 7.3. Indicador  $L_n$
- 7.4. Indicador  $L_{den}$

### 8. Niveles Sonoros Alternativa Exterior

- 8.1. Indicador  $L_d$
- 8.2. Indicador  $L_e$
- 8.3. Indicador  $L_n$
- 8.4. Indicador  $L_{den}$

### 9. Mapa de conflicto situación actual

- 9.1. Indicador  $L_d$
- 9.2. Indicador  $L_e$
- 9.3. Indicador  $L_n$

### 10. Mapa de conflicto Alternativa a Levante

- 10.1. Indicador  $L_d$
- 10.2. Indicador  $L_e$
- 10.3. Indicador  $L_n$

### 11. Mapa de conflicto Alternativa P. Playa

- 11.1. Indicador  $L_d$
- 11.2. Indicador  $L_e$
- 11.3. Indicador  $L_n$

### 12. Mapa de conflicto Alternativa Poniente 1

- 12.1. Indicador  $L_d$
- 12.2. Indicador  $L_e$
- 12.3. Indicador  $L_n$

### 13. Mapa de conflicto Alternativa Poniente 2

- 13.1. Indicador  $L_d$
- 13.2. Indicador  $L_e$
- 13.3. Indicador  $L_n$

### 14. Mapa de conflicto Alternativa Poniente 3

- 14.1. Indicador  $L_d$
- 14.2. Indicador  $L_e$
- 14.3. Indicador  $L_n$

### 15. Mapa de conflicto Alternativa Poniente 4

- 15.1. Indicador  $L_d$
- 15.2. Indicador  $L_e$
- 15.3. Indicador  $L_n$

### 16. Mapa de conflicto Alternativa Exterior



16.1. Indicador  $L_d$

16.2. Indicador  $L_e$

16.3. Indicador  $L_n$