TÍTULO

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN EL ENTORNO DE LA GLORIETA DEL MONUMENTO AL FUTBOL EN HUELVA, MEDIANTE SOFTWARE DE PREDICCIÓN ACÚSTICA

AUTOR

Bryam Marcelo Vásquez Vázquez

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2025

Directores	Dr. Juan Pedro Bolívar Raya; Dr. Rafael Sánchez Sánchez
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad de Huelva
Curso	*Máster Universitario en Tecnología Ambiental (2023/24)*
©	Bryam Marcelo Vásquez Vázquez
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2024

Para más información:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN EL ENTORNO DE LA GLORIETA DEL MONUMENTO AL FÚTBOL EN HUELVA, MEDIANTE SOFTWARE DE PREDICCIÓN ACÚSTICA

Bryam Marcelo Vásquez Vázquez

Trabajo entregado para la obtención del grado de **MÁSTER EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL**

Modalidad: Investigación

Diciembre 2024

Curso 2023-2024

Directores:

Dr. Juan Pedro Bolívar Raya

Dr. Rafael Sánchez Sánchez

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Dr. Rafael Sánchez Sánchez con DNI: y Colaborador Externo de la Escuela de Doctorado de la Universidad de Huelva, y **Dr. Juan Pedro Bolívar Raya** con DNI: y cargo Profesor del departamento de Ciencias Integradas de la Universidad de Huelva.

INFORMAN:

Que el trabajo titulado **"EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN EL ENTORNO DE LA GLORIETA DEL MONUMENTO AL FÚTBOL EN HUELVA, MEDIANTE SOFTWARE DE PREDICCIÓN ACÚSTICA**" presentado por **D. Bryam Marcelo Vásquez Vázquez, con D.N.I.: ,** ha sido realizado en el Area de Física Aplicada del Departamento de Ciencias Integradas de la Universidad de Huelva, bajo nuestra dirección, y autorizamos su presentación y defensa como **Trabajo Fin de Máster** (Modalidad: Trabajo de Investigación), para el Máster Interuniversitario en Tecnología Ambiental de la Universidad de Huelva y de la Universidad Internacional de Andalucía.

En Huelva, a 2 de diciembre de 2024

Fdo: Dr. Juan Pedro Bolivar Raya

Fdo: Dr. Rafael Sánchez Sánchez

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mis agradecimientos a todas las personas y entidades que fueron parte de este proceso académico en el máster de Tecnologías Ambientales.

Principalmente agradezco a mis padres Franklin y Soledad quienes fueron mi pilar en este proceso académico y sobre todo quienes estuvieron apoyándome incondicionalmente en esta travesía en España, siendo mi fuente de motivación en cada paso de este camino, sin su apoyo este logro no hubiera sido posible. A mis abuelos Marcelo y Carmen quienes me alentaron desde el primer día que comencé mis estudios para alcanzar esta meta. A mis hermanos que pese a la distancia me hacían sonreír.

A mis tutores, Dr. Rafael Sánchez y Dr. Juan Pedro Bolívar por su paciencia, orientación experta y constante disposición a guiarme en este proceso. Su experiencia y sugerencias enriquecieron profundamente este trabajo y mi formación académica.

A la Universidad Internacional de Andalucía por darme la oportunidad de ser partícipe en este máster y enriquecerme de nuevos conocimientos y nuevas amistades.

Por último, agradezco a mis compañeros de clase y nuevas amistades que forjé durante esta maestría, haciendo las clases más divertidas y entretenidas. Especialmente a mi amiga Vanesa con quien desde el primer día congeniamos haciendo mi estadía en la residencia mejor.

RESUMEN.

El presente trabajo de fin de máster tiene como objetivo principal analizar, evaluar y caracterizar la contaminación acústica en la glorieta del Monumento al Fútbol y su entorno en Huelva, utilizando el software de predicción acústica CadnaA. El estudio incluye mediciones in situ de ruido con un sonómetro, el uso de técnicas SIG para digitalización cartográfica y la modelización acústica a través de CadnaA, incorporando datos de tráfico, estructuras urbanas y características topográficas. Se generaron mapas acústicos para los períodos de día, tarde, noche y el índice día-tarde-noche (Lden), que fueron comparados con la normativa española vigente sobre calidad acústica. Los resultados revelan que los niveles de ruido en la Avda. Andalucía superan los límites normativos en áreas residenciales y educativas, con focos críticos en rotondas y zonas de alta afluencia vehicular. Este estudio resalta las zonas que no se encuentran con el cumplimiento de la normativa y la necesidad de implementar medidas contra las mismas.

Palabras clave: Contaminación acústica, Huelva, CadnaA, sonómetro

ABSTRACT.

This master's thesis aims to analyze, evaluate, and characterize environmental noise pollution at the Monument to Football roundabout and its surroundings in Huelva, using the CadnaA acoustic prediction software. The study involves in situ noise measurements with a sound level meter, GIS techniques for cartographic digitization, and acoustic modeling using CadnaA, incorporating traffic data, urban structures, and topographic characteristics. Noise maps were generated for daytime, evening, nighttime, and the day-evening-night index (Lden), and compared with Spanish acoustic quality standards. Results show that noise levels in Avda. Andalucía exceeds regulatory limits in residential and educational areas, with critical hotspots at roundabouts and high-traffic zones. This study highlights areas that are not in compliance with regulations and the need to implement measures against them.

Key words: Environmental noise pollution, Huelva, CadnaA, sound level meter

ÍNDICE

RESUMEN..... 4
ABSTRACT..... 5
1. Introducción..... 10
1.1. Estado del arte..... 10
1.1.1. Efectos que produce el ruido..... 10
1.1.2. Normativa..... 11
1.1.3. Normativa Local..... 12
1.1.4. Clasificación del uso del suelo Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido 12
1.1.5. Importancia de los mapas de ruido en Andalucía según la LEY 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental. 13
1.1.6. Límites del ruido. 13
1.2. Técnicas de Medida del ruido. 15
1.2.1. Mediciones con sonómetro. 15
1.2.2. Mapas de ruido 16
1.3. Problemática 16
1.4. Objetivos 17
2. Materiales y métodos 18
2.1. Área de estudio. 18
2.2. Materiales de medición 19
2.3. Materiales de Predicción 20
2.4. Métodos de medición en campo y sus técnicas 21
2.4.1. Diseño de los muestreos 21
2.5. Método para la modelización Acústica 22
3. Resultados y discusión 26
3.1. Resultados modelización CadnaA 27
3.1.1. Periodo de día. 28
3.1.2. Periodo de tarde 30
3.1.3. Periodo de noche. 32
3.1.4. Periodo Día-Tarde-Noche (Lden) 34
3.2. Comparación con la normativa. 35
3.2.1. Periodo de día. 37
3.2.2. Periodo de Tarde. 38

3.2.3. Periodo de Noche 38
3.2.4. Puntos críticos..... 39
3.3. Comparación de resultados muestreados con el sonómetro y los mapas de predicción de CadnaA..... 40
3.4. Discusión de los resultados..... 52
4. Conclusiones..... 54
5. Bibliografía 56
6. Anexos 59
6.1. *Anexo 1.* Resultados de las mediciones Día, Tarde y Noche 59
6.2. *Anexo 2.* Resultados de los monitoreos comparados con la normativa 61
6.3. Anexo 3. Número de vehículos registrados..... 63

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Índice de Tablas

Tabla 1. Efectos del ruido 11
Tabla 2. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes 15
Tabla 3. Número de vehículos registrados para la modelización en CadnaA 26
Tabla 4. Comparación de los resultados de CadnaA con la normativa 36
Tabla 5. Puntos que no cumplen la normativa en ningún periodo del día 39
Tabla 6 Comparación de resultados zona Universidad de Huelva 40
Tabla 7. Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y centro residencial Tartessos 44
Tabla 8. Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía 48

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Índice de Figuras

Figura 1. Delimitación del Área de Estudio 18
Figura 2. Sonómetro RION NL-31 19
Figura 3. Anemómetro Windmaster 2 20
Figura 4. Mallado y puntos de muestreo..... 22
Figura 5. Digitalización cartográfica del área de estudio 24
Figura 6. Modelización de los mapas en CadnaA..... 25
Figura 7. Mapa de la zona de estudio con nombre de las calles 27
Figura 8. Mapa de modelización en CadnaA periodo de día 28
Figura 9. Mapa de modelización en CadnaA periodo de tarde 30
Figura 10. Mapa de modelización en CadnaA periodo de noche..... 32
Figura 11. Mapa de modelización en CadnaA periodo Día-tarde y noche 34
Figura 12. Comparación de los resultados CadnaA con la normativa periodo día... 37
Figura 13. Comparación de los resultados CadnaA con la normativa periodo tarde 38
Figura 14. Comparación de los resultados CadnaA con la normativa periodo noche 39
Figura 15. Comparación de resultados zona Universidad de Huelva periodo día ... 41
Figura 16. Comparación de resultados zona Universidad de Huelva periodo tarde 42
Figura 17. Comparación de resultados zona Universidad de Huelva periodo noche43
Figura 18. Comparación de resultados zona Universidad de Huelva periodo Lden 44
Figura 19. Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y Centro Residencial Tartessos periodo día..... 45
Figura 20. Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y Centro Residencial Tartessos periodo tarde..... 46
Figura 21. Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y Centro Residencial Tartessos periodo noche 47
Figura 22. Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y centro residencial Tartessos periodo Lden 48
Figura 23. Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía periodo día..... 49
Figura 24. Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía periodo tarde 50
Figura 25. Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía periodo noche..... 51
Figura 26. Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía periodo Lden..... 52

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

1. Introducción

En la actualidad, las personas estamos expuestas a altos niveles de ruido de manera constante, especialmente durante sus desplazamientos cotidianos hacia el trabajo, escuela, quehaceres diarios, etc. Este ruido proviene de diversas fuentes, pero la fuente principal se debe al tráfico rodado, lo cual engloba el sonido del claxon de los vehículos, el impacto sonoro que se registra de los vehículos pesados y livianos de las ruedas contra el pavimento, el ruido de las motocicletas de alta cilindrada, entre otros. También a esto se suma las diferentes fuentes de ruido que normalmente se presentan como es el bullicio en espacios públicos, los niños gritando, la música a alto volumen en tiendas y comercios, el ruido que se genera en las estaciones de metro, tranvía y buses, los ladridos de perros, entre otros. Además, quienes residen cerca de aeropuertos experimentan de forma recurrente el ruido de los aviones durante el despegue, el aterrizaje y el vuelo. Estos sonidos, aunque en muchos casos pueden parecer triviales, se acumulan a lo largo del día y pueden generar efectos negativos en la salud y el bienestar de la población. Los sonidos se pueden definir como una pequeña alteración de la presión atmosférica producida por la oscilación de partículas, a través de las cuales se transmiten las ondas sonoras de manera longitudinal, produciendo una sensación auditiva (Jaramillo, 2007). También se puede definir como cualquier variación de presión que el oído humano puede detectar (Bruel y Kjaer, 2000), mientras que el ruido se puede definir como todo sonido no deseado y que como consecuencia puede producir daños fisiológicos y/o psicológicos en las personas (Jaimes, 2015). El ruido es fácil que se genere ya que necesita muy poca energía para que sea emitido, es complejo de medir y de cuantificarlo, el ruido no deja residuos y tampoco genera efectos acumulativos en el ambiente, sin embargo, puede llegar efecto acumulativo en el ser humano (Amable et al., 2017). Una de las características del ruido es que es un contaminante de bajo costo (Correa Restrepo et al., 2011).

1.1. Estado del arte

1.1.1. Efectos que produce el ruido

El oído humano es sensible a presiones que varían en un intervalo muy amplio, en dónde, el umbral inferior de la audición humana, es decir, la presión acústica mínima que provoca una sensación auditiva es $2 . 10^{-5}$Pa, mientras que el umbral máximo esta cerda de 20 Pa (Jaimes, 2015). Debido a que la manipulación de los datos es muy amplia y no es cómoda la utilización en la unidad de Pascales se recurre a la utilización de la escala logarítmica y empleándose el decibelio que es una unidad relativa referenciada a la presión acústica mínima de $2 . 10^{-5}$. Además, el oído humano tiene un comportamiento más cercano a una función logarítmica que a una lineal. El oído humano es capaz de percibir y soportar sonidos correspondientes a niveles de presión sonora entre 0 y 120 dB a partir de los 120dB es denominado “umbral del dolor” y a partir de los 140dB se producen daños físicos como la rotara del tímpano (Bruel y Kjaer, 2000). Dentro de los efectos fisiológicos más conocido por la consecuencia a la exposición de altos niveles sonoros es la sordera (Valera, 2024).

La falta de sueño es otro problema psicológico para el ser humano, sin embargo, la falta de sueño genera problemas metabólicos y cardiovasculares afectando directamente a la salud física (WHO, 2009).

El ruido también genera efectos psicológicos en las personas cuando es persistente o intenso, entre uno de las consecuencias principales es la sensación de desagrado, molestia y pérdida de concentración (Valera, 2024). El ruido también provoca en las personas el aumento de respuestas agresivas ya que interfiere con la capacidad de concentración y la tranquilidad mental (Evans & Lepore, 1993). También dentro de los efectos que produce el ruido es la inducción a una respuesta abrupta en el sistema nervioso que trae como consecuencia a la regulación del sueño (Ballesteros & Daponte, 2018). Según (Stansfeld & Matheson, 2003) si una persona tiene una exposición prolongada al ruido también puede llevar a una sensación de depresión.

Tabla 1. *Efectos del ruido*

dB	Niveles de Intensidad Sonora	Percepción Subjetiva
150	Perforación del tímpano	Intolerable
140	Cohete espacial (a cortar distancia)	
130	Avión «jet» al despegar (a 25 metros)	
120	Música rock amplificada (umbral dolor)	
110	Taladrador del pavimento	
100	metro en marcha	Muy Ruidoso
90	motocicleta sin tubo de escape	
80	tráfico pesado	
70	gritos niños	
60	conversación en voz alta	Poco Ruidoso
50	música de radio (tono alto)	
40	música de radio (tono bajo)	
30	conversación en voz baja	
20	susurro en un bosque	Silencio
10	respiración tranquila	
0	umbral de la audición	

Nota: Los datos para esta tabla fueron tomados de (Alonso, 2019) *Contaminación Acústica y salud.*

1.1.2. Normativa.

La Unión Europea ha implementado una serie de normativas para regular las emisiones de ruido generadas por actividades humanas, comenzando con la aprobación en 1992 del Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente. Este programa estableció el objetivo de mantener la exposición de la población a niveles de ruido por debajo de 65 dB(A) y limitar el ruido diario a un máximo de 85 dB(A). Reconociendo la necesidad de una normativa uniforme, en 1996 se introdujo el Libro Verde sobre el ruido ambiental. Más tarde, se promulgó la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, con fecha del 25 de junio de 2002, que

proporciona un marco común para la evaluación y gestión del ruido ambiental. Esta directiva tiene como objetivo fundamental mitigar los efectos adversos del ruido en la salud humana y el medio ambiente. Un aspecto clave es la evaluación del ruido ambiental, que exige a los Estados miembros elaborar mapas estratégicos de ruido, centrándose en áreas urbanas densamente pobladas, principales carreteras, vías de ferrocarril y aeropuertos, para monitorizar y gestionar la exposición al ruido de manera efectiva (Gordillo, 2021). En cuanto a la Normativa Nacional se desarrolla en la *Ley 37/2003*, *de 17 de noviembre*, *del Ruido,* con el objetivo de prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, posteriormente se desarrollan el *Real Decreto 1513/2005 de 16 de diciembre* estableciendo procedimientos para la evaluación y gestión del ruido ambiental con la ayuda de mapas de ruido y planes de acción. Y posteriormente se desarrolló el *Real Decreto 1367/2007 de 19 de octubre* en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

1.1.3. Normativa Local

Para la normativa Local se tiene *Ley 7/2002, de 17 de diciembre, de Ordenación Urbanística de Andalucía* la cual tiene por objeto la regulación de la actividad urbanística y el régimen de utilización del suelo en la comunidad autónoma.

La *Ley 7/2007, de 9 de julio* de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental En el Capítulo II. Calidad del medio Ambiente Atmosférico Sección 4.ª Contaminación acústica trata de que esta es aplicable para todas las actividades susceptibles para producir contaminación acústica, independientemente de la causa que los origine.

El *Decreto 6/2012, de 17 de enero*, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía. Este reglamento establece las normas y procedimientos para prevenir, controlar y reducir la contaminación acústica dentro de Andalucía, también regula. Este decreto modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética.

Ordenanza Municipal para la Protección contra la Contaminación Acústica en la Ciudad de Huelva. Modificación. (BOH 229 de 2 de noviembre de 2008). La cual tuvo como finalidad la corrección de la Contaminación Acústica en la Ciudad de Huelva, ya que esta ha sufrido diversas modificaciones a lo largo de los años dirigidas todas ellas a su adecuación, tanto a las nuevas normativas como a los recientes avances técnicos encaminados al control del ruido ambiental.

1.1.4. Clasificación del uso del suelo Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido

En el Capítulo II Calidad Acústica, Sección 1.ª Áreas Acústicas establece:

Artículo 7:

“Las áreas acústicas se clasificarán, en atención al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas, las cuales habrán de prever, al menos, los siguientes:

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

a) *Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.*
b) *Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.*
c) *Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.*
d) *Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en el párrafo anterior.*
e) *Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.*
f) *Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.*
g) *Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica."*

1.1.5. Importancia de los mapas de ruido en Andalucía según la LEY 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

Según el Artículo 71 establece:

"Los mapas de ruido establecidos en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, se clasificarán en mapas estratégicos y singulares de ruido y tendrán, entre otros, los siguientes objetivos:

a) *Permitir la evaluación global de la exposición a la contaminación acústica de una determinada zona.*
b) *Permitir la realización de predicciones globales para dicha zona.*
c) *Posibilitar la adopción de planes de acción en materia de contaminación acústica y en general de las medidas correctoras adecuadas.*
d) *Dichos mapas deberán contener la siguiente información:*
e) *Valor de los índices acústicos existentes o previstos en cada una de las áreas de sensibilidad acústica afectadas.*
f) *Valores límites y objetivos de calidad acústica aplicables a dichas áreas.*
g) *Superación o no, por los valores existentes, de los índices acústicos de los valores límites aplicables y cumplimiento o no de los objetivos aplicables de calidad acústica.*
h) *Número estimado de personas, de viviendas, de centros docentes y de hospitales expuestos.*

1.1.6. Límites del ruido.

Según la Normativa (*UNE-ISO 1996-1*, 2005) los límites del ruido son establecidos por las autoridades responsables, teniendo en cuenta el conocimiento que poseen sobre la afectación del ruido en la salud humana y el bienestar. Esto límites dependen de varios factores como el periodo del día ya sea día, tarde, noche o durante las 24 horas, las actividades a proteger, el tipo de fuente de ruido, el uso de suelo al que está destinado.

Para la medición o evaluación del ruido se establecen tres periodos temporales:

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

1) Periodo de día (d): a este periodo le corresponden 12 horas.
2) Periodo de tarde (e): a este periodo le corresponden 4 horas
3) Periodo de noche (n): a este periodo le corresponden 8 horas

Los valores horarios de comienzo y fin de los distintos periodos temporales de evaluación son: periodo día de 7.00 a 19.00; periodo tarde de19.00 a 23.00 y periodo noche de 23.00 a 7.00, hora local. Estos pueden variar según la administración competente ya que puede modificar la hora de comienzo del periodo de día, y por ende se modifican las de la tarde y noche.

1.1.6.1. Nivel de presión sonora continua equivalente

El índice de ruido LAeq,T, expresa la energía sonora percibida por una persona en un intervalo de tiempo (Marín, 2023). Según la definición de la norma ISO 1996-1: 1987 define como el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, en decibelios en, determinado sobre un intervalo temporal de T segundos. Donde:

- Si T = d, LAeq,d es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período día;
- Si T = e, LAeq,e es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período tarde;
- Si T = n, LAeq,n es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período noche;

El índice ruido día-tarde-noche se expresa bajo la nomenclatura Lden se expresa en decibelios y se determina mediante la siguiente fórmula:

$$L_{den} = 10\lg \frac{1}{24}(12 * 10^{\frac{Ld}{10}} + 4 * 10^{\frac{Le+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{Ln+10}{10}})$$

Dónde:

- Ld: Es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A determinado en el periodo de día.
- Le: Es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A determinado en el periodo de la tarde.
- Ln: Es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A determinado en el periodo de la noche.

1.1.6.2. Índices Acústicos locales.

Para los índices de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas nos basamos en *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 acústica

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Tabla 2. *Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes*

	Tipo de área acústica	Índices de ruido		
		Ld	**Le**	**Ln**
a	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
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
e	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)

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

1.2. Técnicas de Medida del ruido.

Para la medición del ruido existen diversos métodos, que varían según el entorno y el propósito de la medición. La normativa (*UNE-ISO 1996-1*, 2005), regula los procedimientos y criterios para las mediciones del ruido. Esto incluye parámetros clave como los niveles de presión sonora equivalentes (Leq), los niveles máximos y mínimos (Lmax y Lmin) y el uso de ponderaciones frecuenciales como A, C o Z para adaptarse a la percepción humana del sonido. Estas técnicas no solo son fundamentales para estudios ambientales, sino también para aplicaciones industriales y de seguridad laboral, donde el control del ruido es crucial. Las técnicas de medida del ruido que abarcan para el estudio realizado son:

1.2.1. Mediciones con sonómetro.

Una de medidas es la del nivel sonoro, en la cual solo se requiere el uso de un sonómetro. En un entorno con un campo sonoro difuso, estas mediciones no suelen depender mucho de la orientación del micrófono. Sin embargo, cuando el sonido proviene de una dirección específica, especialmente si tiene altas frecuencias en su espectro, las lecturas pueden variar según el ángulo de incidencia. Por ello, es importante considerar tanto las propiedades direccionales del micrófono como las condiciones del entorno (Harris, 1997). Para el procedimiento de las mediciones con

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

sonómetro estas se basan en la UNEN-ISO 1196:2 en la cual se describe cómo determinar los niveles de presión sonora mediante la medición directa, por extrapolación de los resultados en la medición, por medio del cálculo con el objetivo de que sirva como base para evaluar el ruido ambiental. Las mediciones con sonómetro se usan tanto para medir el nivel de ruido ambiental como el ruido ocupacional. Para las mediciones con el sonómetro, dependiendo del tipo y modelo se puede realizar mediciones del nivel de presión sonora expresados en dB y en ponderación A (dB(A)) el cual filtra el sonido para emular la sensibilidad al oído humano, este es el que se utiliza para medir el ruido que afecta a las personas (Platzer et al., 2007).

1.2.2. Mapas de ruido

Otra técnica para la medición de ruido son los mapas de ruido o mapas acústicos, que son aquellos que permite una representación gráfica del estado acústico de un área determinada teniendo en cuenta el índice acústico y en un determinado momento (Perea, n.d.). Los mapas acústicos a lo largo de los años han sido esenciales ya que nos permite la caracterización del grado de contaminación acústica en las ciudades y la generación de planes de mitigación sonora. Con los resultados obtenidos de los mapas se logra que las entidades gubernamentales puedan tomar decisiones correctas con respecto a la planificación del territorio, estableciendo niveles sonoros máximos de acuerdo con los usos de suelo que en la ciudad existan (Murillo et al., 2012).

Según (Sánchez, 2022) los mapas de ruido ambiental se clasifican:

En base a la situación de los receptores en:

- Mapas de isófonas
- Mapas de cortes verticales
- Mapas de receptores puntuales
- Mapas de fachadas
- Mapas viales

Y en base a la temporalidad en:

- Estáticos
- Dinámicos
- Mapas de una situación concreta.

1.3. Problemática

La contaminación acústica es la presencia en el ambiente de sonidos indeseables, denominados habitualmente ruidos y vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, y que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. Las ciudades, especialmente las avenidas con altos flujos de tráfico se han convertido en un epicentro de la

contaminación acústica. En general, se considera que existe contaminación sonora en un determinado lugar cuando el nivel de ruido supera los 65 dBA según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1999), mientras que a partir de los 75 dBA se considera ruido dañino para el oído humano, y por encima de los 120 dBA se supera el umbral del dolor. Las principales fuentes de ruido en las ciudades son: el tráfico rodado, la industria, las obras de construcción, el tráfico aéreo, el tráfico ferroviario y las zonas de recreación y ocio nocturno (Alonso, 2019).

Según (Gutiérrez, 2011) en un estudio realizado de la contaminación acústica en las ciudades de Andalucía, para aquellas que tienen una población entre 100 mil habitantes a 250 mil habitantes, los ciudadanos afectados por la contaminación acústica es del 70.35%, mientras que el porcentaje de habitantes expuestos a una contaminación acústica alta es del 26.54%. Además, en el mismo estudio establece que el número de denuncias por contaminación acústica para este rango de población cuentan con una aproximación de 6.5 denuncias cada 10 mil habitantes. En un estudio realizado por (Olmos et al., 2022) establece que “tres cuartas partes de la población población andaluza opina que vive en una ciudad “muy ruidosa” o “bastante ruidosa”.

En el caso de la ciudad de Huelva, la mayoría del tráfico rodado de vehículos ligeros que llega a la ciudad lo hace a través de la Avenida de Andalucía que se conecta desde la autovía H-31, el cual se va distribuyendo según se avanza por ella. En un estudio realizado por (Romo et al., 2020) en el hospital Juan Ramón Jiménez (Huelva) concluye de forma general, que el impacto sonoro del hospital proviene principalmente de la autovía H-31. En un estudio realizado por (García & Fernández, 2008) establece las siguientes fuentes de contaminación acústica en la ciudad de Huelva: un 79,9% al tráfico urbano, 8.5% a las actividades comerciales y de ocio, 5.8% a fuentes de origen mecánico, 5.3% fuentes de ruido comunitario, 0.3% ruido de origen animal y 0.2% de ruido de origen aéreo.

En la Avda. Andalucía se encuentra la Universidad de Huelva campus el Carmen, y en un estudio realizado por (Carrillo et al., 2023) a dos unidades educativas en Ecuador establece que las zonas en donde existe mayor cantidad de ruido en los colegios son aquellas a las que se encuentran aledañas a las vías de mayor tránsito vehicular con niveles de LAeq superiores a 70 dBA. Así mismo en un estudio realizado por (Mamani & Mendoza, 2020) identifica que el ruido ambiental generado en los alrededores de las instituciones educativas supera el estándar de calidad ambiental con valores entre 73.21 dBA y 54.09 dBA. Hay que resaltar que en la Avenida Andalucía se encuentra el Centro Residencial Tartessos (el cual está destinado para personas con discapacidad).

1.4. Objetivos

El objetivo principal de este TFM es analizar, evaluar y caracterizar el ruido ambiental existente en la Glorieta del Monumento al Futbol y su entorno (ciudad de Huelva) mediante software de predicción acústica CadnaA.

El anterior objetivo principal se materializará a través de los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un diagnóstico inicial del entorno donde se identifica y se describe las principales fuentes de ruido de la Glorieta al Monumento al Fútbol y sus alrededores considerando las características del tráfico, actividades humanas y condiciones ambientales presentes en la zona.
2. Delimitar y caracterizar la zona de estudio mediante cartografía básica identificando las principales características y topografía de la zona.
3. Realizar mediciones acústicas mediante muestreos espaciales, en puntos característicos del área de estudio previamente seleccionados.
4. Aplicar un modelo acústico en CadnaA incorporando información geográfica, características topográficas, edificaciones, fuentes de ruido previamente identificadas. la diversa información de las estructuras urbanas, espacios verdes, vegetación, etc. que puedan influenciar en la propagación del ruido.
5. Realizar los mapas acústicos de día, tarde, noche e indicador día-tarde-noche con software de predicción acústica.
6. Evaluar los resultados de los mapas obtenidos mediante el software de predicción acústica, con los objetivos de calidad acústica de la Legislación Española
7. Discutir los resultados obtenidos y redacción de las conclusiones y recomendaciones.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio.

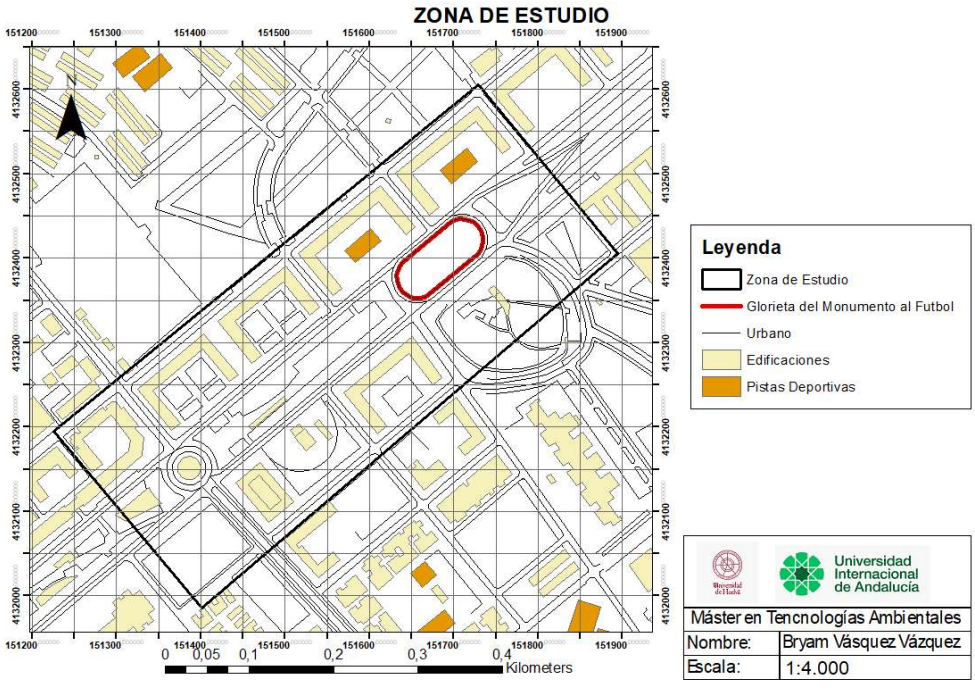

Figura 1. Delimitación del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra en la ciudad de Huelva Capital la cual tiene una extensión superficie de 152.35km2 alrededor de 142.968 habitantes y una densidad poblacional de 967.594 habitantes/km2 en el año 2023 según el Sistema de Información Multi territorial de Andalucía (SIMA, 2023). El área de estudio se circunscribe a un rectángulo de 600m x 250m y una superficie total de 0.15 km^2, vertebrado a lo largo de la Avenida de Andalucía, entre la glorieta del Monumento al Futbol y la rotonda de intersección de la Avda. Honduras con Avda. de Andalucía, y sus alrededores. En el área de estudio se encuentran recintos residenciales, la Universidad de Huelva (campus del Carmen), centro comercial y pistas deportivas, tal como se puede observar en la Figura 1.

Los materiales utilizados para la elaboración de los mapas podemos clasificar en dos categorías de medición y predicción.

2.2. Materiales de medición

Para la medición en campo se utilizó los siguientes equipos:

1) Sonómetro de marca RION modelo NL-31 que permite la medición de diversas medidas como: nivel de presión sonora (L_p), nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{peq}), nivel de exposición sonora (L_{pE}), nivel sonoro máximo (L_{max}), nivel sonoro mínimo (L_{min}) y niveles sonoros porcentuales (L_N), también se puede configurar el tiempo de medición que puede durar entre 10 segundos hasta un máximo de 200 horas con un nivel mínimo de medida de 18 dB en ponderación A.

Figura 2. Sonómetro RION NL-31

2) Pístófono de marca RION NC-74 el cual tiene un nivel sonoro nominal y específico de 94dB, una tolerancia de nivel sonoro de $\pm$0.3dB y una distorsión total del nivel sonoro generado del 3% máximo.
3) Anemómetro Windmaster 2. Este es un anemómetro de cucharas que tiene como principio para la medición entre más velocidad de viento exista, más rápido giran las cucharas del anemómetro. Este anemómetro tiene un rango de medición entre 2.5 a 150km/h y puede medir en temperaturas comprendidas entre -20 y 50 °C.

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Figura 3. Anemómetro Windmaster 2

4) Trípode: Se utilizó un trípode para poder cumplir con la normativa de la ISO 1996-2, 2007.

2.3. Materiales de Predicción

ArcGis.

Es una serie de programas de software y herramientas facilitan realizar el trabajo de SIG profesional, ya que permite recopilar, organizar, analizar, administrar y distribuir la información geográfica. ArcGis permite a los usuarios crear y utilizar mapas inteligentes, compilar y crear información geográfica, realizar cálculos y resolver problemas con la ayuda de las herramientas de análisis espacial, dar a conocer y compartir la información mediante la geografía (ESRI, n.d.).

Google Earth Pro.

Es un programa intuitivo que ayuda a saber la localización exacta, además de tener conjunto de datos geoespaciales más completos y de libre acceso, así como también la disponibilidad de las imágenes satelitales de alta resolución, mapas detallados de las carreteras, imágenes panorámicas y puntos de interés. Con Google Earth Pro se puede descargar imágenes en alta resolución que posteriormente se puede trabajar en GIS y crear mapas (Google, 2009).

CadnaA.

CadnaA es un programa, desarrollado por DataKustik GmbH, que tiene la finalidad de proyectar y visualizar gráficamente una situación o condición acústica. Esta herramienta para el cálculo se encuentra basada en un programa computacional desarrollado en C/C++unos algoritmos matemáticos destinados a modelizar situaciones acústicas reales e imaginarias, teniendo en cuenta para ello tanto las fuentes sonoras, como la propagación del sonido en función de las atenuaciones, reflexiones, absorciones, barreras, etc. Esta nos permite realizar mapas estratégicos de ruido en aglomeraciones basado en el método recomendado por la Directiva

2002/49/CE (En España transpuesta en la Ley de Ruido 37/2003) además de permitir importar y exportar diferente tipos de formatos (Sánchez, 2015).

2.4. Métodos de medición en campo y sus técnicas

2.4.1. Diseño de los muestreos

Existen diferentes métodos para seleccionar los puntos de muestreos en la evaluación del ruido basado en mediciones *in situ*. El método que más se ha utilizado a lo largo de los años es el método de cuadricula ya que forma parte también de la ISO 1996-2, 1987 y como en la ISO 1996-2, 2007 que es la reformada y revisada (Gómez Escobar et al., 2012). El método de Cuadrícula consiste básicamente en superponer una rejilla sobre el mapa de la ciudad o zona en dónde se desea estudiar y localizar los puntos de muestreo en los nodos de la rejilla que se realizó cuando estos son accesibles. El tamaño de las celdas en este método tiene un rango entre 50-300m aproximadamente, esto va a estar condicionado al área de estudio que se desee analizar, ya que un mayor número de rejillas exige mayor cantidad de puntos de muestreo por ende un mayor tiempo de medición y también un alza en los costos. Hay que tener en cuenta la norma ISO 1996-2 ya que esta recomienda que se realice una nueva medida en un punto intermedio entre dos puntos adyacentes si es que la diferencia de estos se supera en los 5dB (Gozalo, 2012).

Para la selección de los puntos de muestreo se estableció una cuadrícula de 50x50m sobre una imagen obtenida en Google Earth, Este mallado posibilita un total de 60 puntos de muestreo para la zona (ver Figura 4).

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

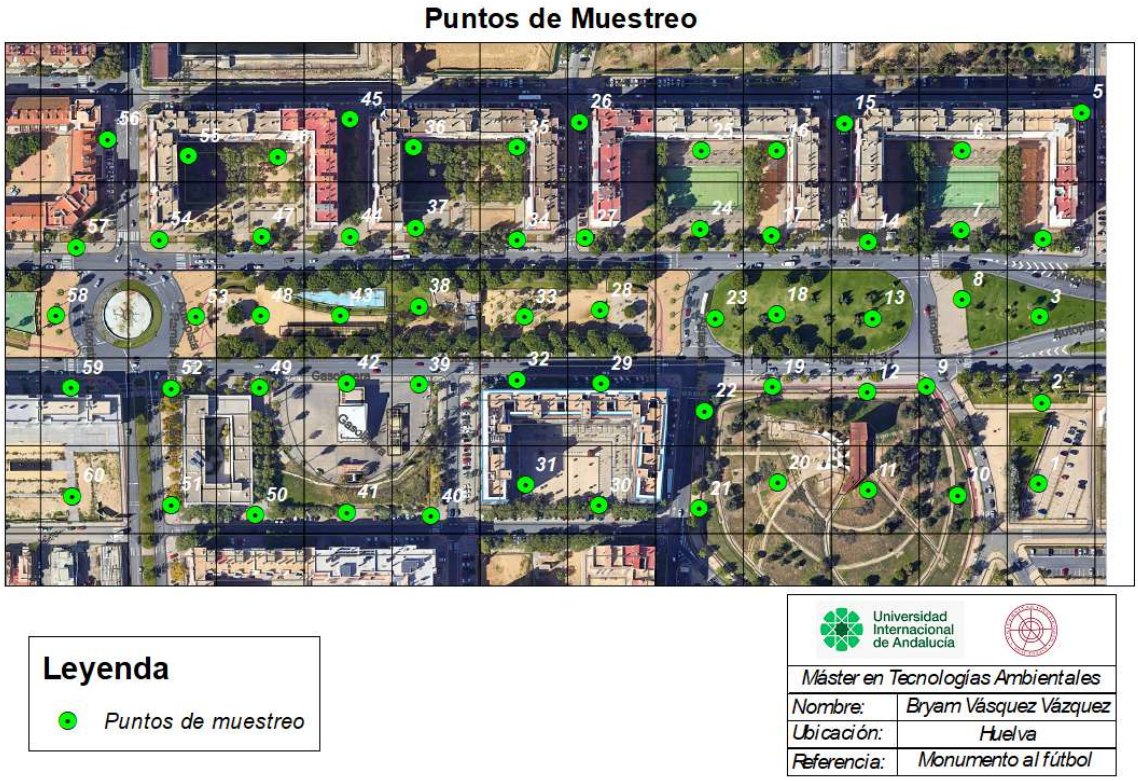

Figura 4. Mallado y puntos de muestreo

El muestreo se basó en la norma (*UNE-ISO 1996-1*, 2005) y en el Manual de medidas de ruido ambiental (Cueto, n.d.), realizándose las mediciones en las siguiente condiciones atmosféricas: temperatura entre -10 y 50 grados centígrados; humedad relativa por debajo del 95%; ausencia de lluvia y velocidad del viento por debajo de 3m/s. Las mediciones se realizaron con el sonómetro situado por lo mínimo a 3m de las fachadas y a una altura de entre 1,2m y 1,5m. Antes de realizar las mediciones se utilizó el pistófono para la verificación del sonómetro antes de la primera medición y después de la última medición. El sonómetro se configuró para analizar el ruido en un tiempo de 5 minutos de medición, y el índice medido fue el LAeq, 5' (nivel equivalente de 5 minutos con ponderado en A).

2.5. Método para la modelización Acústica

Para la modelización acústica se utilizó el programa CadnaA, software de predicción que admite integrarse en sistemas GIS y posibilita realizar mapas de ruido estratégicos en aglomeraciones de acuerdo con los métodos recomendados por la Directiva 2002/49 CE y la Directiva (UE) 2015/996 de la Comisión (En España transpuestas en la Ley de Ruido 37/2003 y Orden PCI/1319/2018, por la que se modifica el Anexo II del Real Decreto 1513/2005). El programa permite importar archivos en diferentes extensiones como formatos de datos geoespaciales Shapefile, DWG, KML, DXF, entre otros. El uso del programa está acreditado y aceptado internacionalmente para predecir el ruido de distintos tipos de fuente incluyendo el ruido de tráfico (Sánchez, 2015). CadnaA tiene la posibilidad de dibujar y calibrar con

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

precisión las fuentes de emisión y los receptores que puedan encontrase en la fachada de las edificaciones. Pudiendo incluirse en las vistas en 3D imágenes asociadas a dichas fachadas, dándole al modelado un aspecto de alta realidad.

2.5.1. Recopilación de la información previa al modelado

Para la modelización en CadnaA, previamente se realizó una salida de campo recorriendo toda el área de estudio y sus alrededores, para identificar aquellos elementos que pudieran tener un impacto acústico en la obtención de los índices: situación de los conjuntos residenciales; altura de las edificaciones; número de viviendas; presencia de colegios o guarderías; presencia de obras; situación de semáforos; aforos de tráfico en los diferentes viales, etc.

La obtención de información para la modelación se ha basado en diferentes fuentes de información tanto en campo como información digital, por lo que se dividió en tres categorías: edificaciones, fuentes de ruido y carreteras. Para digitalizar toda la información se utilizó información cartográfica en formato Shapefile que se obtuvo a través de la base cartográfica del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía y del Centro de Descargas del Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica. Posteriormente se trató la cartografía en ArcGIS y se recortó la información con respecto al área de estudio para que fuese más fácil manejarla y poder tratarla en CadnaA. Sin embargo, en cada categoría se tuvo que tratar información específica.

1) Edificaciones: Para las edificaciones se necesita información específica como altura de los edificios, número de apartamentos, número de personas viviendo, dicha información se obtuvo en las visitas de campo y a través de la información cartográfica descargada. Para el número de personas viviendo se estimó un promedio de 4 personas por apartamento, los edificios están compuestos por 4 viviendas por planta, dependiendo del número de pisos de un edificio se obtuvo un valor medio de personas por edificio.
2) Fuentes de ruido fijas: Las fuentes de ruidos se consideró todos aquellos orígenes de sonidos que no son deseados y que puedan afectar al entorno como máquinas y equipos industriales. En el caso del área de estudio tratada, no se encontró ninguna fuente de ruido en las visitas en campo para la modelización.
3) Para la modelización de los viales, se debe tener en cuenta el Aforo IMD (número de Vehículos/Hora) tanto en el periodo de día, tarde y noche, así como el porcentaje de vehículos pesados, además del límite de velocidad y el tipo de asfalto de las calzadas. Estos datos se obtuvieron en las visitas de campo, donde mediante muestreos y conteos manuales, se estimaron los IMD's en las diferentes calles que se encuentran en el área de estudio (ver Tabla 3), y verificando en la señalización el límite de velocidad para cada una de ellas, así como la ubicación de los semáforos en las diferentes vías y resto de señalización. El tipo de pavimento se comprobó que todos los viales disponían de asfalto poroso. En el apartado de viales se modelizó con un flujo de tráfico

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

continuo y dependiendo de la vía se le otorgaba la pendiente a cada una, cabe aclarar que la mayor parte de las carreteras tienen una pendiente del 0% porque las vías son llanas. En cuanto a la geometría de las vías, no se tuvo que modelizar ya que la base cartográfica contiene todos los datos de estas, como altura con respecto al nivel del mar, distancia entre vías, entre otros aspectos. En cuanto a los semáforos, estos se incluyeron de forma manual ya que no existe una base cartográfica de los mismos, por lo que con Google Earth pro se verificaba las coordenadas de los semáforos para posteriormente colocarlos en la cartografía. En la zona correspondiente a la Universidad de Huelva se incluyó también la zona del aparcamiento, tal como se puede observar en la Figura 5. Para el aparcamiento se indicó que era un parking con un número de plazas promedio de 82. El número de plazas se obtuvo tras un conteo manual en la visita a campo.

2.5.2. Introducción de datos.

La modelización de las edificaciones e introducción de los datos en el programa CadnaA resultó relativamente sencilla, gracias a la información cartográfica obtenida de las bases de datos públicas, lo que se indicaba en la tabla de atributos de la capa la cual se encuentra en formato Shapefile, especificando si se trataba de edificios, carreteras, rotondas, etc. Se verificó que la geometría de los edificios se adecuase correctamente en el programa, además de introducir la información adicional requerida, como el número de plantas, número de viviendas por planta y número de residentes por vivienda en el caso de edificios residenciales. Para digitalizar la información cartográfica de las carreteras, se introdujeron los semáforos en el programa CadnaA, lo que permitió configurar los semáforos de acuerdo con las horas de funcionamiento, o si operan durante el periodo de mañana, tarde o noche.

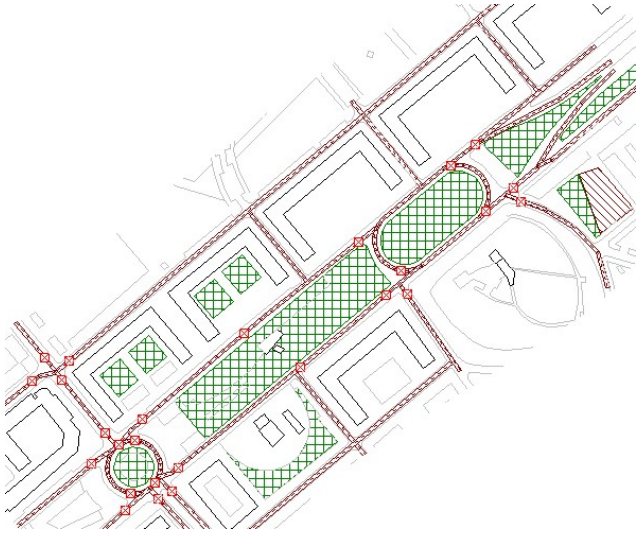

Figura 5. Digitalización cartográfica del área de estudio

En la Figura 5 se observa la digitalización cartográfica del área del estudio en donde se introdujo desde la base cartográfica pública las Carreteras, dicha cartografía no

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

incluía los semáforos por lo que se tiene que introducir los semáforos que se encuentran en las diferentes calles del área de estudio manualmente. Con la ayuda de Google Earth se consiguieron las coordenadas de los semáforos para la introducción a la cartografía de las vías, así como la información vehicular, los límites de velocidad y el tipo de asfalto.

Para determinar la cantidad de vehículos en el área de estudio se realizó un conteo en cada punto de muestreo que se establece en la Figura 4. Se registró el número de vehículos para cada periodo: día, tarde y noche clasificándolos en motos, carros y pesados. El conteo se realizó tres veces en cada punto, un conteo para el periodo de día, otro para la tarde y el último para el periodo de noche. Se realizó el conteo durante 5 minutos por cada punto establecido, posteriormente se identificaba la calle a la que pertenecía para realizar una media para el número de horas de cada periodo como se aprecia en el *Anexo 1. Resultados de las mediciones Día, Tarde y Noche. Los puntos para el conteo de vehículos son los mismos que se utilizaron para las mediciones de ruido con el sonómetro por lo que para la Avda. Andalucía que es la avenida principal de nuestra área de estudio fue un total de tiempo de conteo de 1 hora. En las demás calles con los conteos realizados se realizó una* media de vehículos para cada periodo, ya que el software necesita el número de vehículos por hora, posteriormente a estos cálculos se puede generar una tabla general de los vehículos como se aprecia en la Tabla 3 Número de vehículos registrados para la modelización en CadnaA.

2.5.3. Obtención de los mapas de ruido

Para la obtención de los mapas de ruido para los cálculos del programa se definió una malla para los cálculos de 3x3m, ya que, al tratarse de un área no demasiado grande, permite trabajar con un mallado más reducido sin requerir un excesivo tiempo de cálculo, obteniéndose con ello una mejor resolución. Con el programa podemos calcular los mapas para el periodo de día, tarde, noche y el del indicador día-tarde-noche. Como se puede observar en la Figura 6 una vez calculado los mapas de ruido se puede identificar los diferentes niveles de ruido y tener una primera impresión del nivel del ruido para ajustarlo.

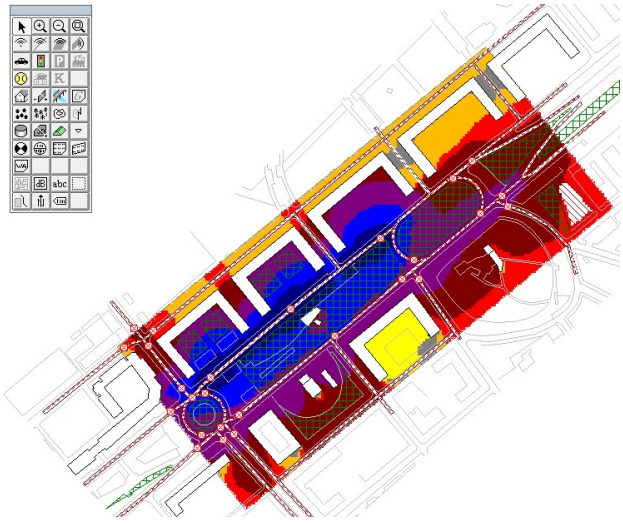

Figura 6. *Modelización de los mapas en CadnaA*

3. Resultados y discusión

Los resultados del tráfico que se introdujeron para cada tipo de vía para la modelización en CadnaA son los que se puede verificar en la Tabla 3. Número de vehículos registrados para la modelización en CadnaA. En la tabla se encuentran los resultados para el periodo de día, tarde y noche.

Tabla 3. *Número de vehículos registrados para la modelización en CadnaA*

Registro de tráfico			
Nombre de la vía	**Número vehículos/hora (día)**	**Número vehículos/hora (tarde)**	**Número vehículos/hora (noche)**
Av. Andalucía S-N	810	613	163
Tramo rotonda hacia monumento del futbol	814	554	160
Desde el monumento al futbol hacia la Av. Tres de marzo	1192	554	116
Av. Andalucía N-S	1038	784	153
Av. Tres de Marzo	468	324	72
Cl. La Zarza	62	38	10
Calle. Villanueva de las Cruces	132	72	24
Av. Honduras	696	408	84
Calle Valdelarco	84	90	18
Calle. Vicente Ferrer	780	432	72
C. Cumbres de San Bartolomé	78	126	24
Calle Martín Ruiz	48	120	24
Calle de la Universidad	369	360	27
Rotonda Dirección hacia Av. Honduras	636	252	192
Rotonda Dirección desde Av. Honduras	540	540	84
Av Tres de Marzo (Rotonda)	492	192	12
Av. De Andalucía Rotonda	216	288	24
C. Gladiolo	120	60	12

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

3.1. Resultados modelización CadnaA

Para una mejor interpretación de los resultados, se incluye la Figura 7 de la zona de estudio con el nombre de las calles.

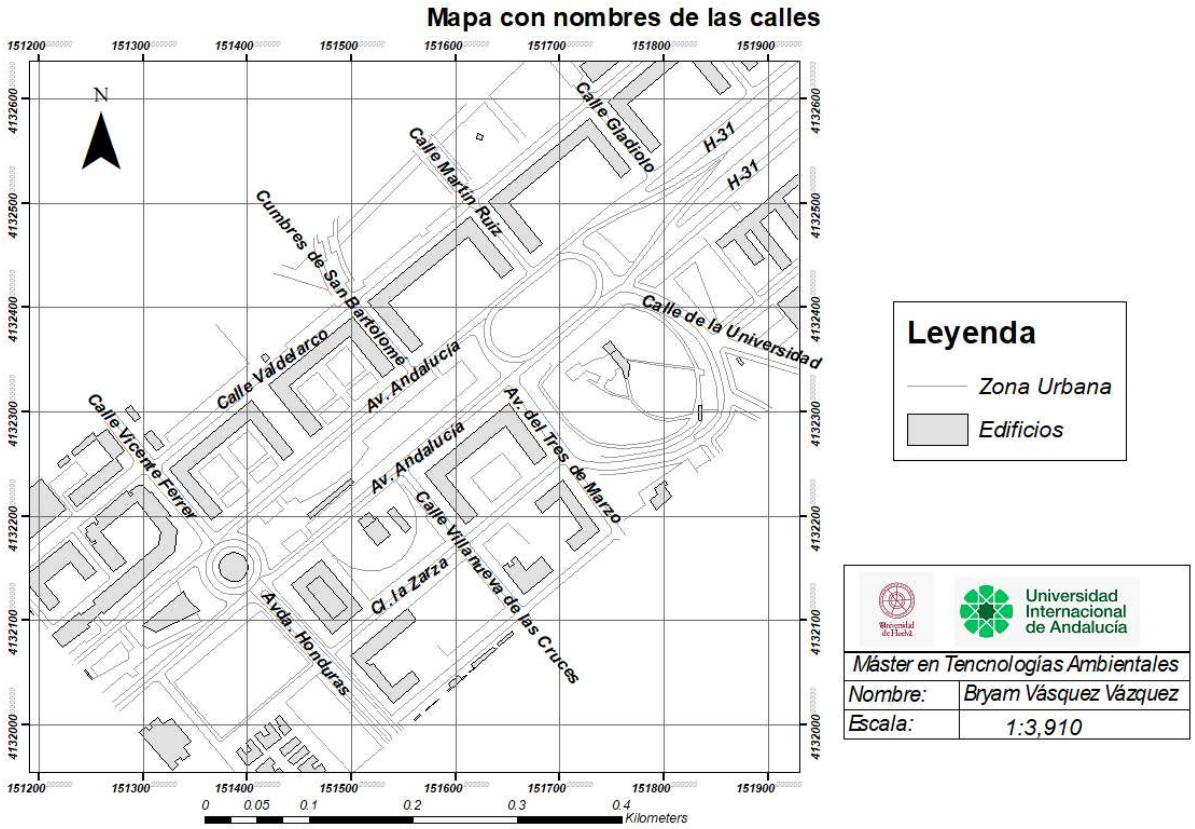

Figura 7. *Mapa de la zona de estudio con nombre de las calles*

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

3.1.1. Periodo de día.

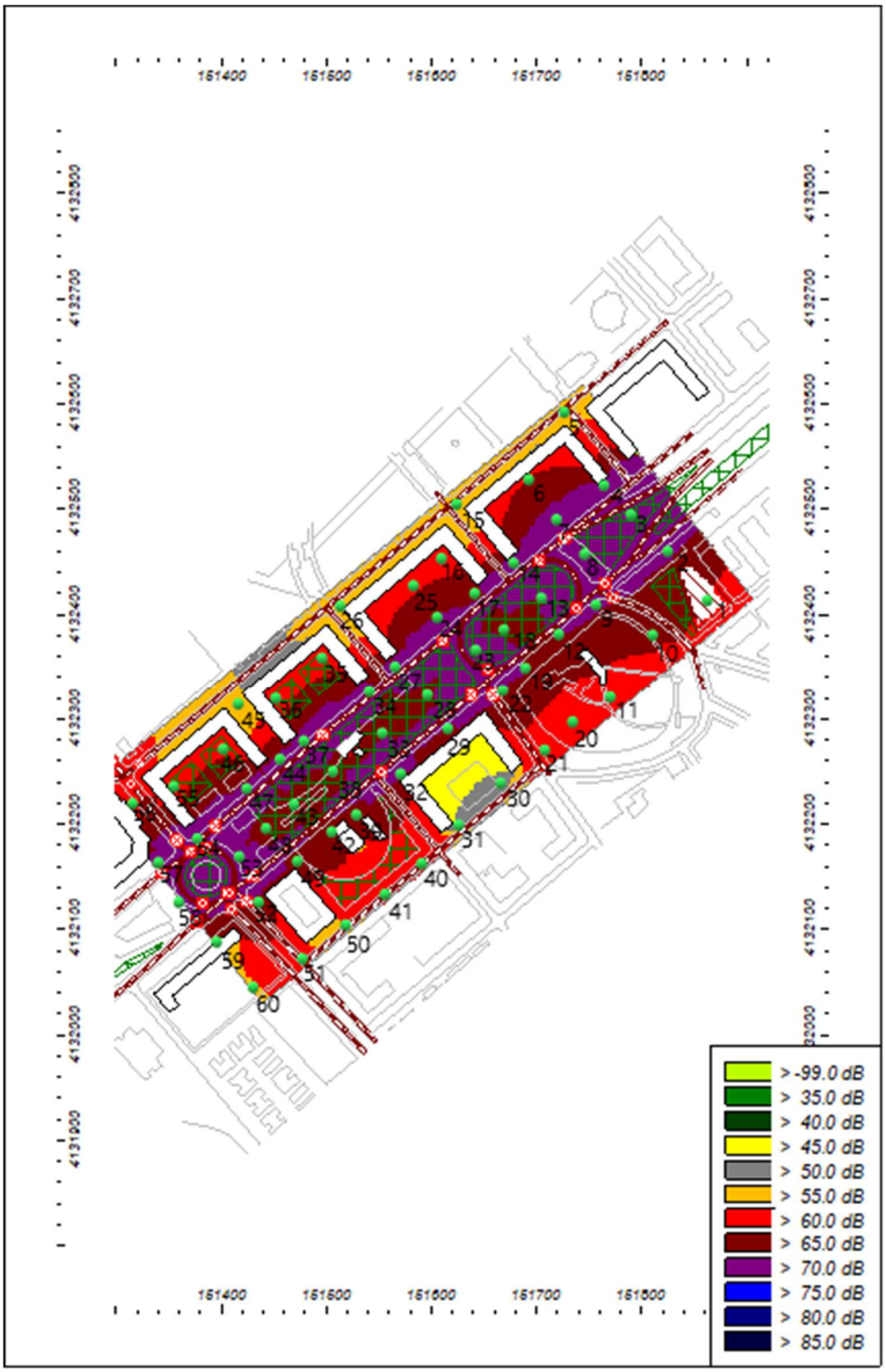

Figura 8. *Mapa de modelización en CadnaA periodo de día*

Como se observa en la Figura 8 se puede identificar que en la rotonda que intercepta la Avda. Andalucía con la Avenida Honduras presenta uno de los focos de ruido, y este nivel de ruido se esparce a lo largo de la Avda. Andalucía en ambas direcciones, el nivel que se encuentra en dicha zona es sobre los 70 dBA.

La causa por lo que se produce dicho foco de ruido es debido a que en la rotonda de intersección existe una gran afluencia de vehículos como se puede apreciar en la Tabla 3 durante el día y además existe varios semáforos lo que genera que exista mayor cantidad de tráfico y por consecuencia de ruido.

En la Avda. Andalucía dirección hacia la Universidad de Huelva se encuentra el Centro Residencial Tartessos, la gasolinera de combustible Pablo Rada y el supermercado Mercadona, sin embargo, estos no influyen en el nivel de ruido como se puede observar en el mapa teniendo una predicción de nivel de ruido casi constante, ya que el software se basa mayormente en el nivel de tráfico en las calles para la predicción, teniendo así niveles de ruido sobre los 70 dBA en la mayor parte de la Avda. Andalucía.

Para los edificios residenciales que se encuentran en la Avda. Andalucía, las viviendas que se encuentran cara a la avenida presentan niveles de ruido mayores a 65 dBA, sin embargo, el nivel de ruido se va reduciendo para las viviendas que se encuentran detrás de las pistas de recreación que se localizan en la mitad de los edificios, teniendo valores de ruido entre 60 y 65 dBA y menores a 70 dBA. En la parte posterior de los edificios en la calle Valdelarco existe una menor cantidad de ruido debido a que en dicha calle existe una mínima presencia de vehículos.

En el caso de la zona de la Universidad de Huelva tenemos niveles de ruido entre los 60 y mayores de 65 dBA. La causa por la que existe un nivel bajo de ruido es porque en la calle de la universidad no existe una gran afluencia de vehículos. Sin embargo, en la salida hacia la Avda. Andalucía aumenta el nivel de ruido a 70 dBA, esto por la presencia de los semáforos que existen allí además de que influye el tráfico que proviene de la Avda. Andalucía. Dentro de la universidad se encuentra el Cabezo de la Almagra el cual se encuentra alrededor de unos 3m sobre el nivel de la calle, dicho museo se encuentra con dos valores, la parte frontal hacia la Avda. Andalucía tiene niveles mayores a 65 dBA, mientras que la parte posterior del museo se reduce el nivel de ruido a niveles mayores a 60 dBA.

La zona que menor nivel de ruido presenta, es el edificio residencial que colinda con la calle La Zarza, en la plaza de loa Marines, que se encuentra en la parte posterior de la Avda. Andalucía, principalmente se debe a que en esta calle existe poca presencia de vehículos, además sin semáforos, teniendo niveles de ruido algo mayores a 45 dBA.

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

3.1.2. Periodo de tarde

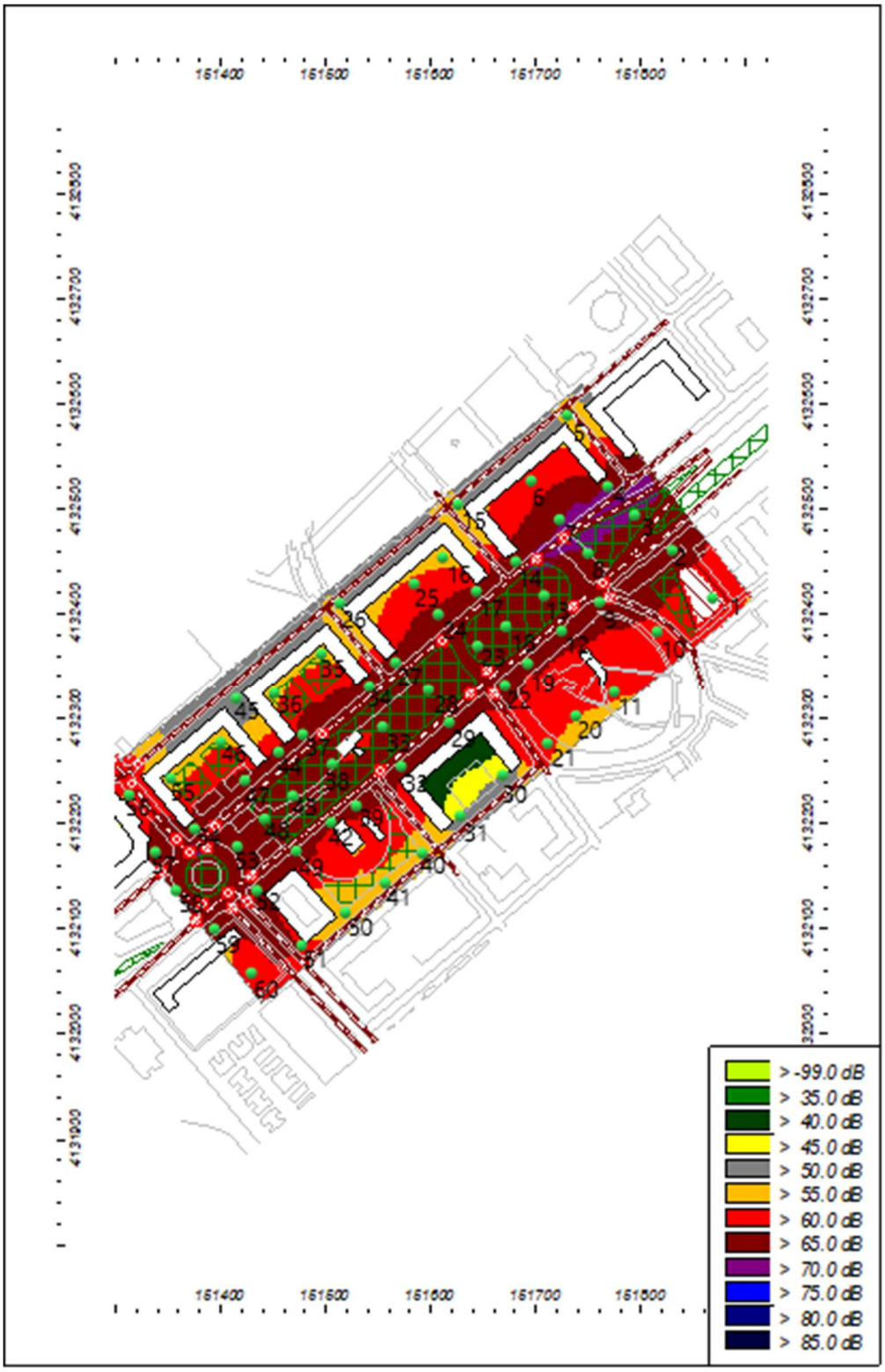

Figura 9. *Mapa de modelización en CadnaA periodo de tarde*

Para el periodo de tarde CadnaA predice un nivel de ruido constante a lo largo de la Avda. Andalucía con niveles de ruido por encima de los 65 dBA, con excepción de la entrada a Huelva por la H-31 que desemboca en la Avda. Andalucía, esta zona tiene un nivel de ruido mayor a los 70 dBA. Este nivel de ruido se produce por la gran

cantidad de vehículos que circulan por la avenida, además de la presencia de un semáforo para ingresar a la Avda. Andalucía.

En cuanto a los edificios residenciales que se encuentran en la Avda. Andalucía, las viviendas que se encuentran más cercanas a la avenida son aquellas que soportan niveles de 65 dBA, así mismo las viviendas que se encuentran detrás de las pistas de recreación tienen un nivel de ruido mayor de 55 dBA y menor a 65 dBA. Mientras que las viviendas que se encuentran con fachada a la calle Valdelarco soportan niveles de ruido mayores a 50 dBA, sin embargo, en las intersecciones de las calles secundarias que conectan la Avda. Andalucía con la calle Valdelarco aumentan los niveles de ruido sobre los 55 dBA.

En el caso de la Universidad de Huelva se predice niveles de ruido mayores a 65 dBA en la zona más próxima a la Avda. Andalucía. El nivel de ruido va disminuyendo con la distancia según se aleje de la Avda. Andalucía, teniendo niveles de ruido mayores a 55 dBA y menores a 60 dBA. Para el museo de la Almagra se tiene niveles mayores a 60 dBA, que disminuye hasta los 55 dBA en la parte posterior del museo.

La zona con menor nivel de ruido, al igual que en el periodo de día, se encuentra en el edificio residencial que colinda con la Universidad de Huelva y que se sitúa en la Plaza de los Marines. Los apartamentos con fachada a la calle la Zarza, tienen niveles por encima de los 50 dBA, sin embargo, se llega a niveles de ruido para algunos apartamentos por encima de los 40 dBA. Estos resultados se deben a los bajos niveles de tráfico que existen en dicha calle por ser una calle secundaria, además de que no existe ningún semáforo.

El Centro Residencial Tartessos (centro de ayuda a personas con discapacidad) y la gasolinera, soportan niveles de ruido superiores a 65 dBA, sobre todo cuanto más cerca se encuentren de la Avda. Andalucía, pero van disminuyendo conforme la distancia a la avenida también disminuye, alcanzándose niveles próximos a los 55 dBA en las proximidades de la calle La Zarza.

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

3.1.3. Periodo de noche.

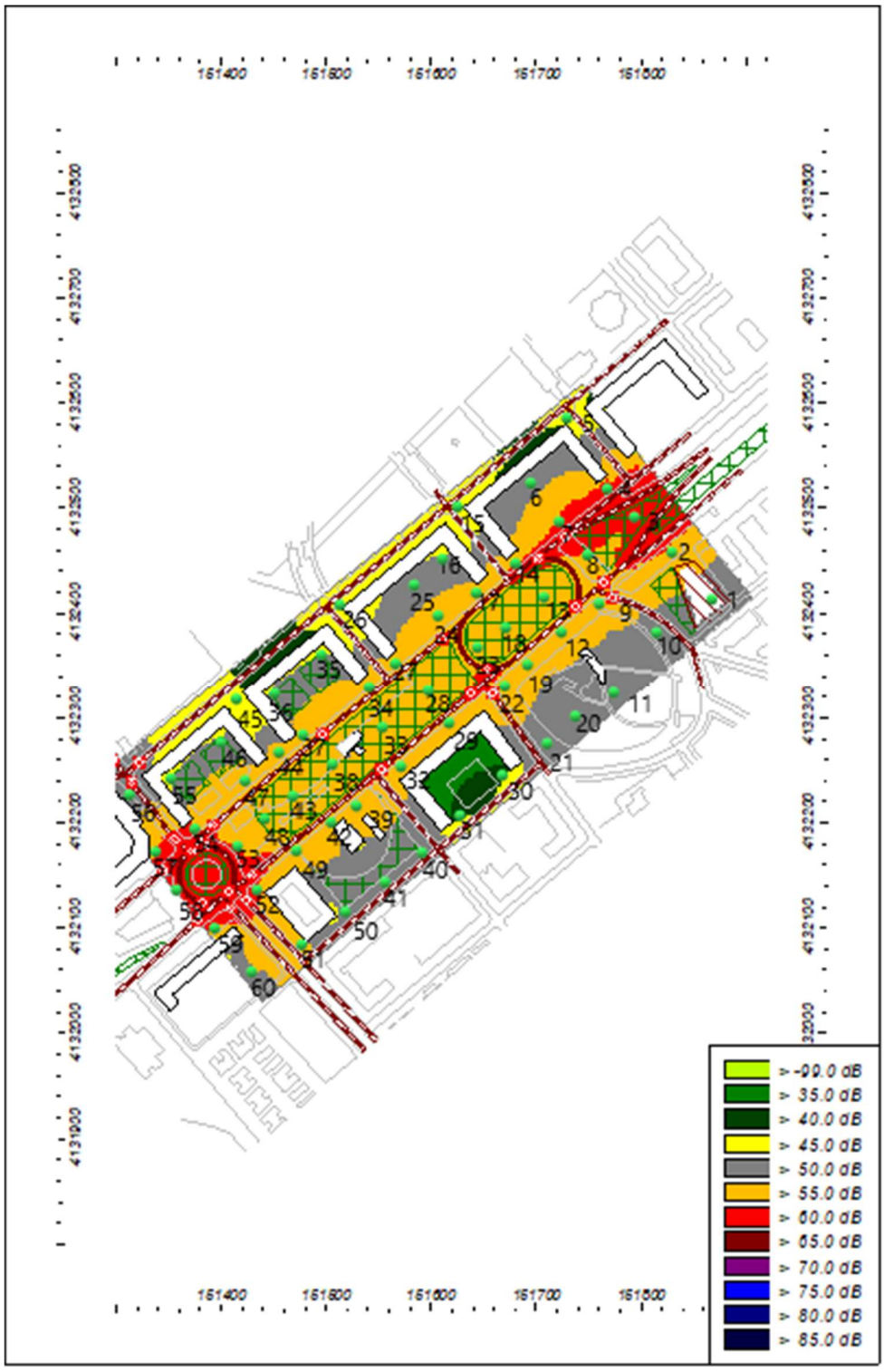

Figura 10. *Mapa de modelización en CadnaA periodo de noche*

Las predicciones de CadnaA para el periodo de noche, como se observa en la Figura 10 establece que los principales focos de ruido se concentran en la rotonda que intercepta la Avda. Honduras con la Avda. Andalucía y en la entrada a la ciudad de Huelva por la H-31 con valores de ruido mayor a 60 dBA. Al igual que en los periodos

de día y tarde se debe a la cantidad de vehículos que circulan y los semáforos que existen.

Se presenta un nivel de ruido constante para el periodo de noche a lo largo de la Avda. Andalucía, teniendo un valor mayor a los 55 dBA, este nivel de ruido también aplica para las viviendas de los edificios residenciales que están más cerca de la avenida. Mientras que las viviendas que se encuentran alejados de la Avda. Andalucía tienen valores de ruido mayores a 50 dBA y menores a 55 dBA. Las viviendas que se encuentran con fachada a la calle Valdelarco que soportan niveles de ruido por encima de 45 dBA, e incluso viviendas con niveles de ruido mayor a 40 dBA.

En el entorno de la Universidad de Huelva se observan niveles de ruido mayores a 55 dBA en las zonas más próximas a la Avda. Andalucía, mientras que en las más alejadas son menores. Observándose los valores menores, (por encima de los 50 dBA), en los puntos del mapa más alejados. En el museo de la Almagra la parte frontal hacia la Avda. Andalucía presenta niveles de ruido por encima de los 55 dBA, mientras que la mayor parte del museo se encuentra con niveles mayores a 50 dBA.

Al igual que en el resto de los periodos, el nivel de ruido donde menos se concentran menores niveles, es en el edifico residencial que se encuentra aledaño a la Universidad de Huelva en la Plaza de los Marines, teniendo valores mayores a 45 dBA mientras más cerca se encuentre de la calle La Zarza, pero mientras más se aleja de dicha calle, el nivel de ruido disminuye a valores por encima de los 35 dBA. Como se observa en el mapa, los apartamentos que, si se encuentran con su fachada a la Avda. Andalucía, presentan niveles de ruido por encima de los 55 dBA.

En la gasolinera se presentan niveles de ruido mayores a 55 dBA en la parte más cercana a la Avda. Andalucía, mientras que en la parte posterior se presentan niveles de ruido mayores a 50 dBA. El mismo caso se presenta para el Centro Residencial Tartessos, con la única diferencia de que mientras más cerca de la rotonda que intercepta la Avda. de Honduras con la Avda. Andalucía, mayor nivel de ruido se observa, llegando hasta niveles de ruido superiores a 60 dBA.

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

3.1.4. Periodo Día-Tarde-Noche (Lden)

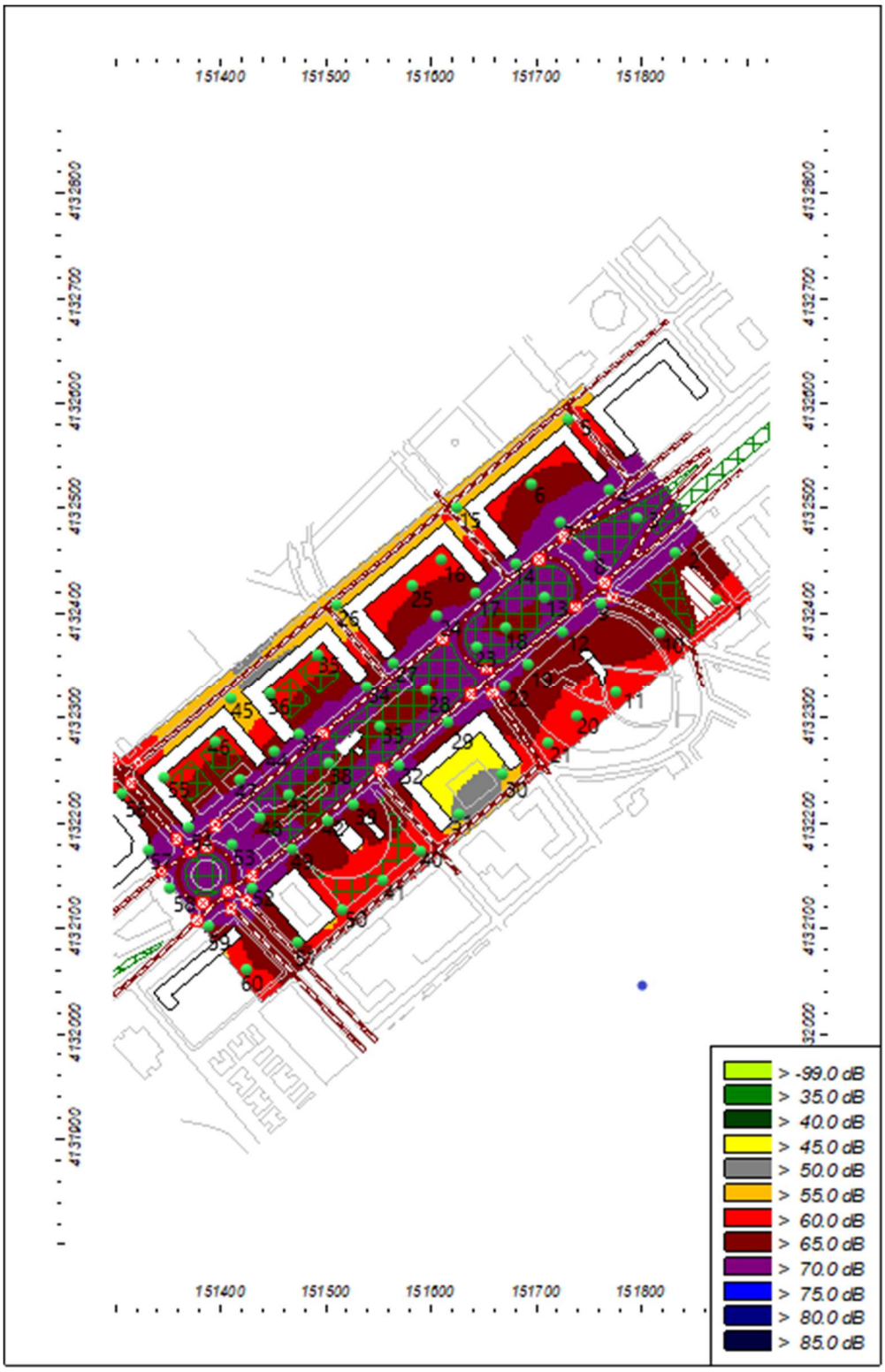

Figura 11. *Mapa de modelización en CadnaA periodo Día-tarde y noche*

Para el periodo L_{den}, los niveles máximos de ruido se concentran al igual que en los periodos anteriores durante toda la Avda. Andalucía y se mantiene constante con un nivel por encima de los 70 dBA, sin embargo, en las áreas verdes que existe entre la Avda. Andalucía el nivel de ruido baja a los 65 dBA.

Para los edificios residenciales que se encuentran en la Avda. Andalucía, las viviendas cuyas fachadas dan a la avenida soportan niveles de ruido superiores a 70 dBA, sin embargo, los niveles disminuyen según la distancia a la que se encuentren de la avenida principal. Teniendo así, niveles de ruido mayores a 60 dBA y menores a 70 dBA. Los apartamentos que se encuentran más alejados de la avenida. Mientras que los apartamentos que se encuentran con la fachada a la calle Valdelarco soportan niveles mayores a 55 dBA. Este nivel de ruido se mantiene para toda la calle, a pesar de esto, el edificio que está atrás de la Plaza del Berrocal tiene una disminución de nivel de ruido por encima de los 50 dBA y menor a 55 dBA, esta disminución del ruido puede deberse al apantallamiento del propio edificio.

En el entorno de la Universidad de Huelva, se mantiene niveles de ruido mayores a 60 dBA y menores a 70 dBA, sin embargo, existe partes donde alcanza niveles mayores a 70 dBA, estos niveles de ruido se alcanzan en zonas que se encuentran más cercanas a la Avda. Andalucía. En cuanto al museo de la Almagra la mitad del museo se encuentra con niveles mayores a 65 dBA, mientras que en la parte posterior del museo se encuentra niveles mayores a 60 dBA.

El nivel de ruido se mantiene en los edificios residenciales que se encuentran aledaños a la Universidad de Huelva, en la Plaza de los Marines, con niveles de ruido mayor a 45 dBA y menores a 60 dBA.

Para la gasolinera y el Centro Residencial Tartessos, el nivel de ruido se mantiene constante por encima de los 65 dBA en las zonas más cercanas a la Avda. Andalucía, sin embargo, para el Centro Residencia Tartessos existe una parte que tiene niveles de ruido por encima de los 70 dBA. Para la parte posterior de la zona descrita se tiene niveles de ruido mayores a 60 dBA, este nivel de ruido se prolonga hasta antes de llegar a la Avda. Honduras donde se tiene niveles de ruido por encima de los 65 dBA.

3.2. Comparación con la normativa.

Según con el *Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre (RD 1367/2007)* establecido en la Tabla 2. Los sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial en el día tienen un índice de ruido de 65dBA, en la tarde menor o igual a 65dBA y por la noche menor o igual a 55dBA en este sector se encuentra la mayor cantidad de puntos, sin embargo, los puntos: 1, 2, 9, 10, 11, 12, 19, 20, 21 y22 los cuales son puntos que se encuentran en la Universidad de Huelva por lo que corresponde a un territorio con predominio de uso de suelo sanitario, docente y cultural que requiere una especial protección contra la contaminación acústica, estableciendo un índice de ruido para el periodo de día igual o menor a 60dBA, para la tarde igual o menor a 60dBA y en la noche igual o menor a 50 dBA. Para realizar esta sectorización se basó en la zonificación acústica de la ciudad de Huelva.

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Tabla 4. *Comparación de los resultados de CadnaA con la normativa*

Comparación con la normativa									
Punto	**Ld CadnaA**	**Ld RD. -1367**	**Comparación**	**Lt CadnaA**	**Lt RD. -1367**	**Comparación**	**Ln CadnaA**	**Ln RD. -1367**	**Comparación**
1	60	60	Cumple	60	60	Cumple	50	50	Cumple
2	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
3	70	65	No cumple	60	65	Cumple	60	55	No cumple
4	70	65	No cumple	65	65	Cumple	60	55	No cumple
5	55	65	Cumple	55	65	Cumple	45	55	Cumple
6	60	65	Cumple	60	65	Cumple	50	55	Cumple
7	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
8	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
9	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
10	60	60	Cumple	60	60	Cumple	50	50	Cumple
11	60	60	Cumple	60	60	Cumple	50	50	Cumple
12	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
13	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
14	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
15	55	65	Cumple	55	65	Cumple	45	55	Cumple
16	60	65	Cumple	55	65	Cumple	45	55	Cumple
17	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
18	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
19	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
20	60	60	Cumple	60	60	Cumple	50	50	Cumple
21	60	60	Cumple	60	60	Cumple	50	50	Cumple
22	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
23	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
24	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
25	60	65	Cumple	55	65	Cumple	50	55	Cumple
26	55	65	Cumple	55	65	Cumple	45	55	Cumple
27	65	65	Cumple	65	65	Cumple	65	55	No cumple
28	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
29	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
30	50	65	Cumple	50	65	Cumple	40	55	Cumple
31	45	65	Cumple	50	65	Cumple	45	55	Cumple
32	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
33	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
34	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
35	60	65	Cumple	55	65	Cumple	45	55	Cumple
36	60	65	Cumple	55	65	Cumple	50	55	Cumple
37	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
38	65	65	Cumple	60	65	Cumple	55	55	Cumple

39	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
40	60	65	Cumple	55	65	Cumple	50	55	Cumple
41	60	65	Cumple	55	65	Cumple	50	55	Cumple
42	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
43	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
44	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
45	55	65	Cumple	50	65	Cumple	45	55	Cumple
46	60	65	Cumple	55	65	Cumple	45	55	Cumple
47	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
48	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
49	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
50	55	65	Cumple	55	65	Cumple	50	55	Cumple
51	60	65	Cumple	60	65	Cumple	55	55	Cumple
52	65	65	Cumple	65	65	Cumple	60	55	No cumple
53	70	65	No cumple	65	65	Cumple	60	55	No cumple
54	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
55	60	65	Cumple	55	65	Cumple	45	55	Cumple
56	60	65	Cumple	60	65	Cumple	50	55	Cumple
57	70	65	No cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
58	70	65	No cumple	65	65	Cumple	60	55	No cumple
59	65	65	Cumple	65	65	Cumple	55	55	Cumple
60	60	65	Cumple	60	65	Cumple	50	55	Cumple

Nota: Los puntos que no cumplen con la normativa para cada periodo se encuentran señalados en rojo para una mejor interpretación.

3.2.1. Periodo de día.

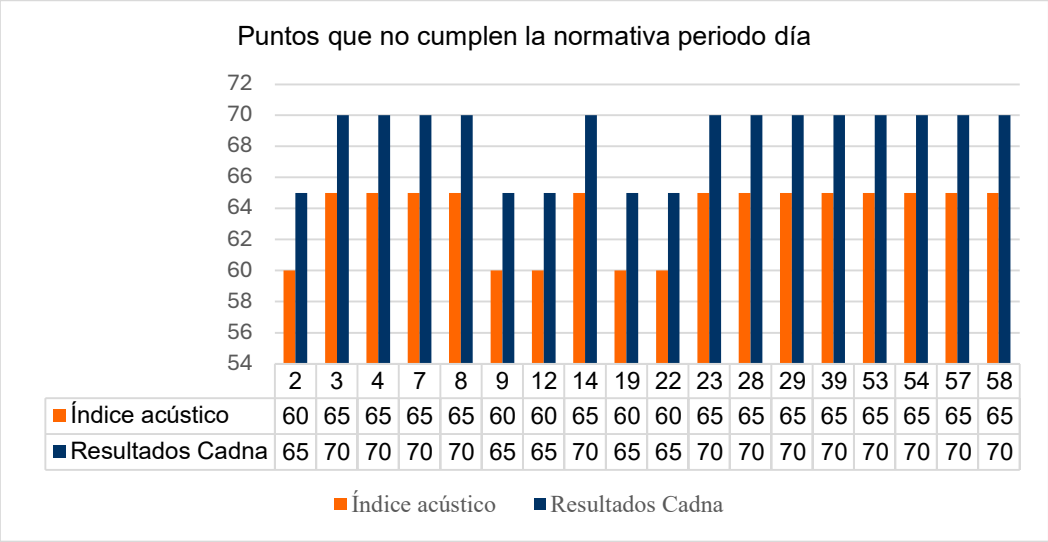

Figura 12. *Comparación de los resultados CadnaA con la normativa periodo día*

De los 60 puntos del área de estudio, en el periodo día existen 18 puntos que no cumplen con la normativa tal y como se puede observar en la Tabla 4. De éstos, 5 se encuentran en la Universidad de Huelva, en dónde no se puede superar un índice de

ruido de 60 dBA, los 13 restantes se encuentran a lo largo de la Avda. Andalucía, en dónde se tiene niveles por encima de los 65 dBA llegando hasta 70 dBA, esta avenida es una de las más rodadas durante el conteo de vehículos, por lo que genera más ruido y por ultimo los puntos se encuentran en la rotonda que intercepta la Avda. Andalucía con la Avda. Honduras, este es el sector donde más concentración de ruido existe a nivel de la ciudad sobrepasando los 65dBA que establece la normativa. En la Figura 12 se puede evidenciar la diferencia en cada punto que no cumple con la normativa entre el índice acústico y los resultados simulados en CadnaA y se identifica que no se supera los 5 dBA entre el índice acústico y los resultados de CadnaA.

3.2.2. Periodo de Tarde.

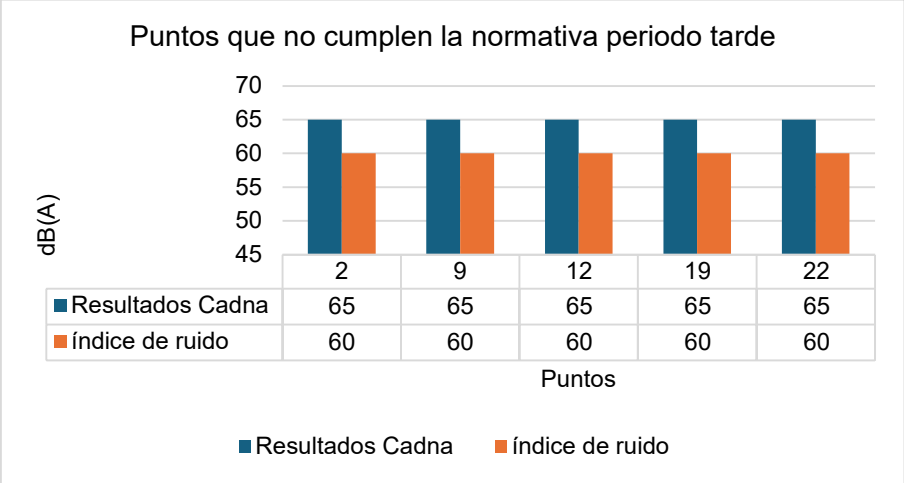

Figura 13. *Comparación de los resultados CadnaA con la normativa periodo tarde*

En el periodo de tarde los puntos que no cumplen con la normativa son 5 puntos que se encuentran en la Universidad de Huelva, estos puntos tienen como índice acústico 60 dBA, sin embargo, CadnaA predice resultados de 65 dBA para cada punto, por lo que supera la normativa establecida. Como se puede observar en la Figura 13 los puntos que no cumplen con la normativa son mayores con 5 dBA con lo que respecta al índice acústico.

3.2.3. Periodo de Noche

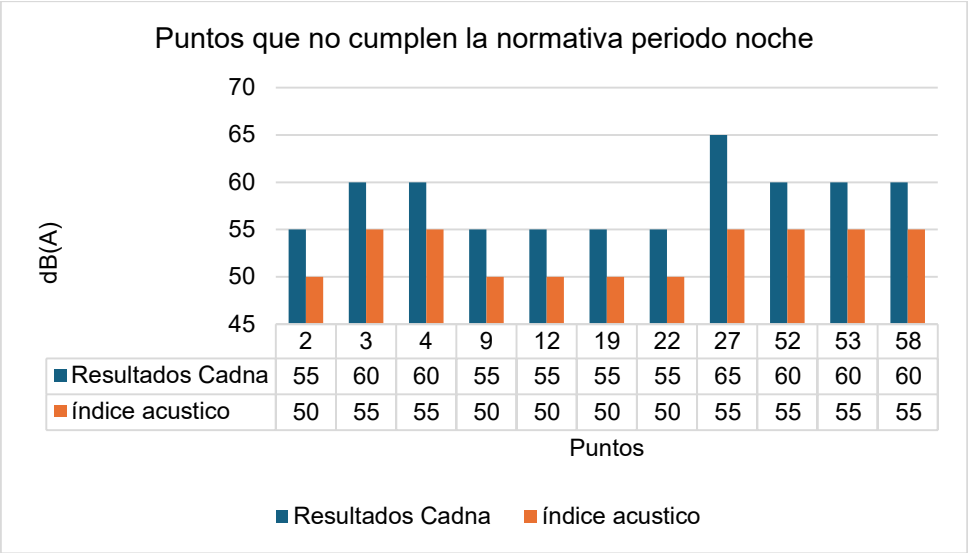

Figura 14. *Comparación de los resultados CadnaA con la normativa periodo noche*

Para el periodo noche los puntos que no cumplen con la normativa son 11 puntos como se puede identificar en la Figura 14, de éstos, 5 se encuentran ubicados en la Universidad de Huelva, teniendo un índice acústico de 50 dBA, y el software predice resultados sobre los 55 dBA. Los 6 puntos restantes corresponden a edificios residenciales que se encuentran en la Avda. Andalucía, en donde el límite de ruido es de 55dBA, sin embargo, el software nos predice niveles superiores a dicho parámetro. Por último, existe puntos en la rotonda que intercepta la Avda. Andalucía con la Avda. Honduras, teniendo niveles superiores a los 65 dBA que establece la normativa. Al igual que en los periodos de día y tarde se puede evidenciar que la diferencia entre el resultado que predice CadnaA contra el índice acústico en todos los puntos es de 5 dBA independientemente del límite del índice acústico destinado para ese tipo de zona.

3.2.4. Puntos críticos

Tabla 5. Puntos que no cumplen la normativa en ningún periodo del día

. Comparación con la normativa									
Punto	**Ld CadnaA**	**Ld RD.-1367**	**Comparación**	**Lt CadnaA**	**Lt RD.-1367**	**Comparación**	**Ln CadnaA**	**Ln RD.-1367**	**Comparación**
2	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
9	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
12	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
19	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple
22	65	60	No cumple	65	60	No cumple	55	50	No cumple

Se ha establecido los puntos críticos que son aquellos puntos que los resultados de predicción de CadnaA no cumplen con la normativa en ninguno de los periodos del día (día, tarde y noche). Estos puntos se encuentran en la Universidad de Huelva, colindando con la Avda. Andalucía, con excepción del punto 22 que se encuentra en la esquina que intercepta la Avda. del Tres de marzo y la Avda. Andalucía. Como se

puede observar en la Tabla 5 son 5 puntos de los 60 que no cumplen con la normativa y ninguno de ellos sobrepasa la diferencia de los 5 dBA.

3.3. Comparación de resultados muestreados con el sonómetro y los mapas de predicción de CadnaA

Para comparar los resultados que CadnaA predice, se hace una comparación con los resultados muestreados por lo que se dividió por zonas para mayor facilidad de manejo e interpretación de los datos:

1) Zona de la Universidad de Huelva.

Tabla 6 *Comparación de resultados zona Universidad de Huelva*

Comparación de resultados muestreados vs CadnaA																
Punto	Result. Medid. (día)	Resul. Cadna día	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid.(tarde)	Resul. Cadna tarde	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid.(noche)	Resul. Cadna	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid. (Lden)	Resul. Cadna	Diferencia	Porcentaje dif. (%)
1	56.1	60	3.9	6.9	52.1	60	7.9	15.2	44.8	50	5.2	11.6	55.9	60	4.1	7.3
2	56.7	65	8.3	14.6	54.1	65	10.9	20.2	51.4	55	3.6	7.0	59.2	65	5.8	9.8
3	62.5	70	7.5	12.0	66.3	60	-6.3	-9.5	60.1	60	-0.1	-0.2	68.2	70	1.8	2.7
8	63.5	70	6.5	10.2	61.7	65	3.3	5.3	55.3	55	-0.3	-0.5	64.8	70	5.2	8.0
9	68.1	65	-3.1	-4.6	65.3	65	-0.3	-0.5	60.2	55	-5.2	-8.6	69.3	70	0.7	1.0
10	54.2	60	5.8	10.7	55.9	60	4.1	7.3	41.2	50	8.8	21.4	55.8	65	9.2	16.5
11	52.1	60	7.9	15.7	48.5	60	11.5	23.7	43.3	50	6.7	15.5	52.8	60	7.2	13.9
12	69.1	65	-4.1	-5.9	65.7	65	-0.7	-1.1	62.2	55	-7.2	-11.6	70.6	70	-0.6	-0.9
13	63.6	65	1.4	2.2	55.6	65	9.4	16.9	51.9	55	3.1	5.9	62.7	70	7.3	11.7
18	65.5	65	-0.5	-0.8	54.5	65	10.5	19.3	51.1	55	3.9	7.6	63.7	65	1.3	2.0
19	67.4	65	-2.4	-3.6	65.2	65	-0.2	-0.3	57.1	55	-2.1	-3.7	67.9	65	-2.9	-4.3
20	53.2	60	6.8	12.8	52.8	60	7.2	13.6	47.2	50	2.8	5.9	55.8	60	4.2	7.5
21	61.9	60	-1.9	-3.1	60.6	60	-0.6	-0.9	54.2	50	-4.2	-7.8	63.5	60	-3.5	-5.6
22	62.3	65	2.7	4.3	58.8	65	6.2	10.5	54.7	55	0.3	0.6	63.5	65	1.5	2.4
23	61.4	70	8.6	14.0	59.3	65	5.7	9.6	52.1	55	2.9	5.6	62.3	70	7.7	12.5

Nota: Se encuentra en rojo los puntos que en el monitoreo sobrepasan las predicciones de CadnaA.

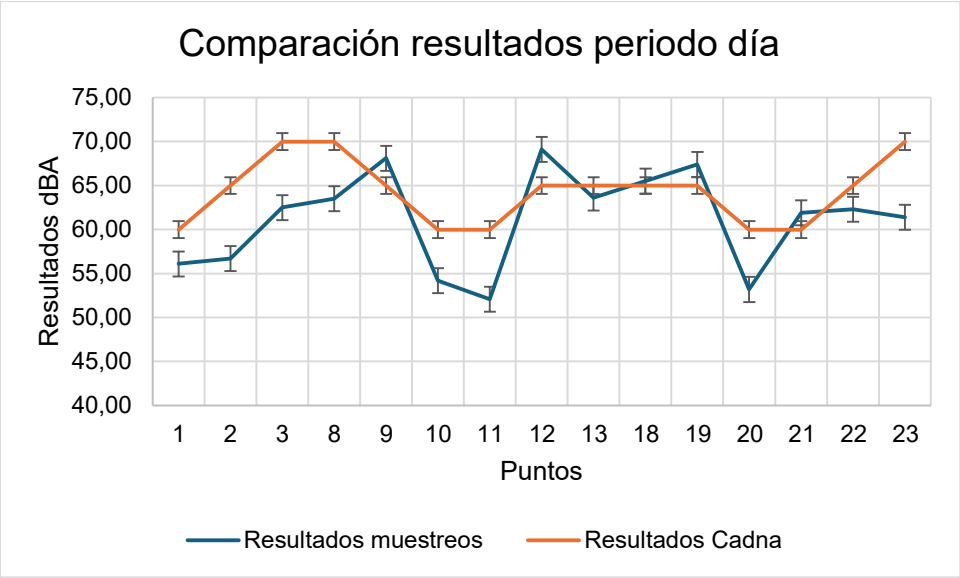

Figura 15. *Comparación de resultados zona Universidad de Huelva periodo día*

En el periodo de día la mayoría de los resultados de los puntos muestreados se asemejan a los resultados que el programa nos predice, sin embargo, existen puntos que muestran una gran discrepancia, como son los puntos: 1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 20 y 23. Estos puntos se encuentran con un porcentaje de diferencia mayor al 5% como se puede observar en la Tabla 6. En todos estos puntos el software nos predice un nivel mayor de ruido comparado con los resultados muestreados que son muchos menores. El punto que menos se asemeja a los resultados obtenidos por el sonómetro es el punto 20, el cual se encuentra con una diferencia del 15,15% al resultado muestreado, este punto se encuentra dentro de la Universidad de Huelva como se puede observar en la Figura 4, la razón por la que puede existir una gran diferencia en este punto es porque en la zona no existe personas caminando ya que es una zona antigua de la Universidad donde no existe afluencia de personas ni presencia de vehículos, además se encuentra alejado y a un nivel más alto con respecto a las vías por lo que no se percibe el ruido comparado si estuviera al mismo nivel. También se puede observar en la Figura 15 que en los puntos 13, 18, 19, 21 y 22 las barras de error se superponen en ambas series, lo que significa que los dos métodos no son estadísticamente significativos y que las variaciones en los resultados se encuentran dentro de un rango similar. Estos puntos corresponden a los que se muestrearon en la Avda. Andalucía y en la Av. Tres de marzo.

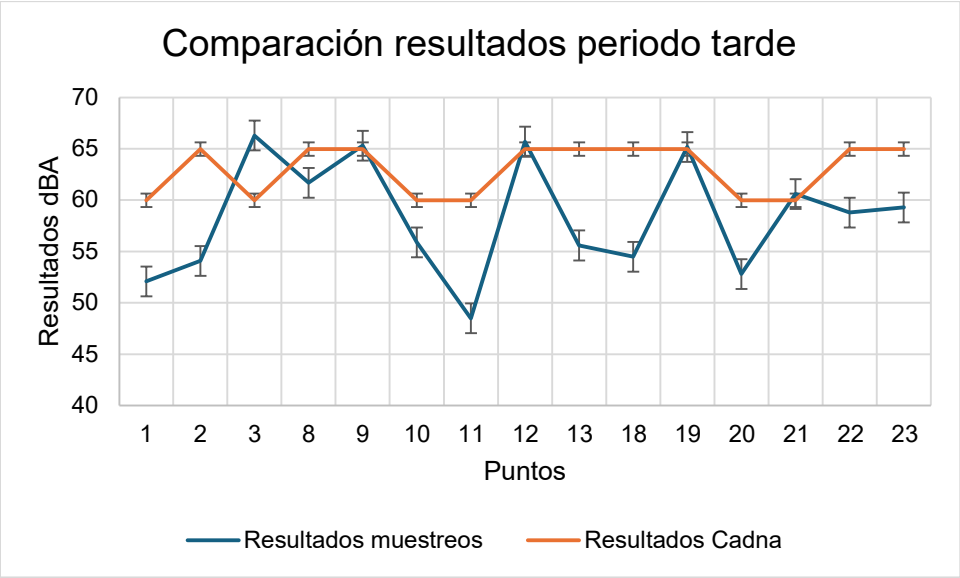

Figura 16. *Comparación de resultados zona Universidad de Huelva periodo tarde*

Para el periodo de tarde, igualmente a lo que ocurría en el periodo de día, los resultados que nos predice CadnaA que difieren a los resultados obtenidos durante los muestreos son los puntos: 1, 2, 3, 8, 10, 11, 13, 18, 20, 22 y 23. Estos puntos se encuentran sobre el 5% de diferencia respecto a los muestreos realizados. Los puntos que mayor diferencia representan es el punto 2 y 11 que se encuentran dentro de la Universidad en la zona del aparcamiento de la Facultad de CC. del Trabajo y el Museo Arqueológico del Cabezo de La Almagra respectivamente. En el punto 11 es el que mayor discrepancia existe y esto pude suponerse debido a que no se encuentra al mismo nivel de altura que los demás puntos de muestreo. Existe una gran diferencia de los resultados ya que CadnaA prevé un mayor nivel de ruido para dichos puntos.

En la Figura 16 se observa que las barras de errores de los puntos: 9, 12, 19 y 21 en ambas series se superponen, lo que indica que los valores de los resultados están dentro de un rango similar. Estos puntos se encuentran medidos en la Av. Andalucía y la Av. Tres de marzo que se encuentran aledaños al perímetro de la Universidad de Huelva.

El punto 3 el cual se midió la zona verde de la mediana de la Avda. Andalucía, es el único punto que tiene un valor mayor significativo sobre la predicción de CadnaA. El software nos predice un valor de 60 dBA mientras que el muestreo realizado tiene como resultado 66.3 dBA esto significa un 9.50% de diferencia entre ambos resultados. La medición de este punto se realizó a las 21h10, por lo que pudo verse afectada por el movimiento de la población a dicha hora.

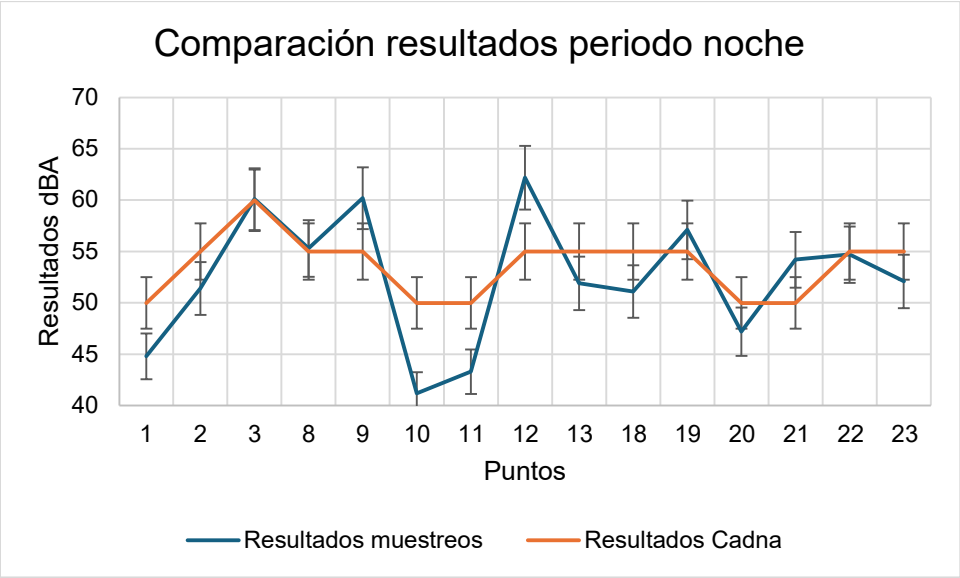

Figura 17. *Comparación de resultados zona Universidad de Huelva periodo noche*

En el periodo de noche los resultados que predice CadnaA y se asemejan a los resultados muestreados son los puntos: 3, 8, 19, 20 y 22, estos puntos se midieron en la Avda. Andalucía y la Avda. Tres de marzo y se encuentra por debajo del 5% de diferencia como se puede apreciar en la Tabla 6. Los puntos que difieren entre la predicción del software comparado con los medidos en campo son los puntos: 1,2 9, 10, 11, 12, 13, 18, 20, 21 y 23 estos puntos se encuentran dentro de la Universidad de Huelva, en la zona verde del monumento al Fútbol y en la Avda. Andalucía y Avda. Tres de marzo que limita con el perímetro de la universidad.

El punto 9, 12 y 21 son los puntos que superan la predicción de CadnaA significativamente, en especial el punto 9 el cual se tiene un resultado de 60.2 dBA, mientras que el software predice para la zona en donde se encuentra ese punto 55dBA, en este punto pudo haber influenciado el alto nivel de tráfico que existe en la Avda. Andalucía y por las motocicletas registradas en el punto que fueron 2 durante la medición, en el punto 12 en dónde se tiene una medición de 62.2 dBA y CadnaA nos predice un resultado de 55 dBA, este punto también se pudo ver afectado por el nivel de tráfico ya que se encuentra en la Avda. Andalucía. Para el punto 21 es el que se encuentra en la frente a la calle Avda. del Tres de Marzo en este punto durante los 5 minutos de monitoreo se registraron 5 vehículos que pudieron alterar el nivel de ruido y la presencia de las personas en los bares aledaños ya que el monitoreo se registró a las 23h21.

Como se puede observar en la Figura 17 los puntos que se superponen las barras de error son: 3, 8, 19 y 22, esto indica que las diferencias entre los dos métodos no son estadísticamente significativas, ya que las variaciones en los resultados están dentro de un rango similar.

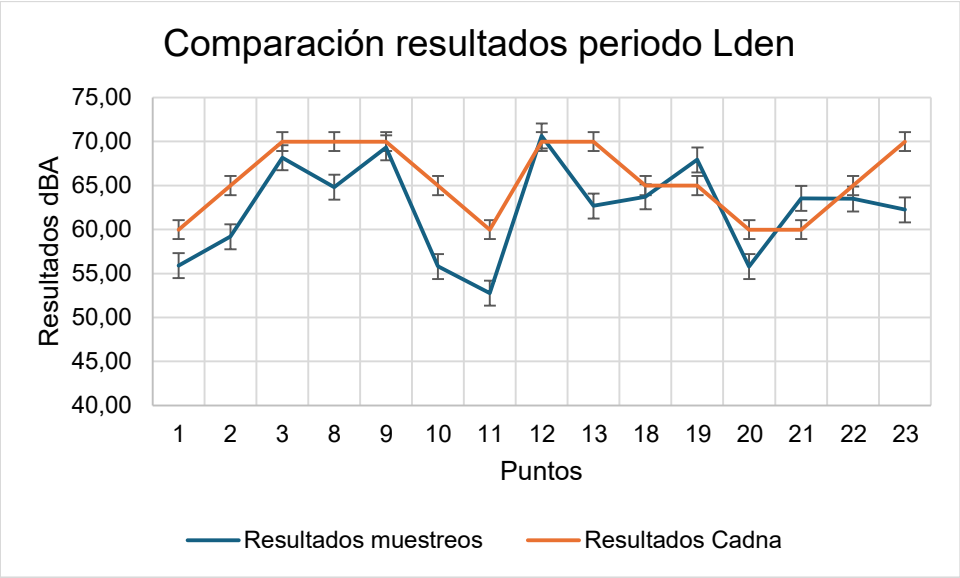

Figura 18. *Comparación de resultados zona Universidad de Huelva periodo Lden*

Para el periodo día, tarde y noche (Lden) los puntos que no se encuentran similares a los calculados con los muestreos realizados durante el día, tarde y noche son: 1, 2, 8, 10, 11, 13, 20, 21 y 23 como se observa en la Figura 18. Esto son 9 de 15 puntos analizados que representa el 60% de los puntos en esta subzona. Esta variación se debe a que el Lden se calcula con los datos que se midieron durante los diferentes periodos del día, por lo que si uno o varios datos difieren significativamente en los periodos llega a afectar al periodo Lden. Como se pude observar en la Figura 17 CadnaA predice niveles de ruido mayor a los que se obtuvieron en el muestreo, exceptuando en el punto 21 que se encuentra en la Avda. Tres de marzo en dónde CadnaA predijo un valor de 60 dBA, mientras que en los monitoreos realizados se tiene un resultado de 63.53 dBA.

Los puntos en dónde se superponen las barras de error son: 3, 8, 12, 18 y 22. Estos puntos se encuentran en la Avda. Andalucía, Avda. Tres de marzo y la glorieta al monumento al fútbol, lo que nos indica que la diferencia de los resultados no es estadísticamente significas. También nos indica que la modelización se encuentra correctamente ajustada y que la fuente principal para la generación de ruido es el tráfico de estas dos calles.

2) Zona de Mercadona, gasolinera y Centro Residencial Tartessos.

Tabla 7. Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y centro residencial Tartessos

Comparación de resultados muestreados vs CadnaA																
Punto	Result. Medid. (día)	Resul. Cadna día	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid. (tarde)	Resul. Cadna tarde	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid. (noche)	Resul. Cadna	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid. (Lden)	Resul. Cadna	Diferencia	Porcentaje dif. (%)
28	59.9	70	10.1	16.9	58.4	65	6.6	11.3	53.1	55	1.9	3.6	61.9	65	3.1	5.1
29	63.9	70	6.1	9.6	61.7	65	3.3	5.4	55.4	55	-0.4	-0.7	65.0	70	5.0	7.7
30	52.6	50	-2.6	-4.9	58.2	50	-8.2	-14.1	42.9	40	-2.9	-6.8	57.0	55	-2.0	-3.6

31	54.4	45	-9.4	-17.3	52.7	50	-2.7	-5.1	45.7	45	-0.7	-1.5	55.6	55	-0.6	-1.0
32	62.6	65	2.4	3.8	60.8	65	4.2	6.9	57.6	55	-2.6	-4.5	65.4	70	4.6	7.1
33	59.7	65	5.3	8.8	61.8	65	3.2	5.2	56	55	-1.0	-1.8	64.1	65	0.9	1.4
38	58.6	65	6.4	10.9	62	60	-2.0	-3.3	56.4	55	-1.4	-2.5	64.2	65	0.8	1.2
39	67.5	70	2.5	3.7	65.1	65	-0.1	-0.2	60.9	55	-5.9	-9.7	69.4	70	0.7	0.9
40	63.3	60	-3.3	-5.2	54.2	55	0.8	1.5	49.5	50	0.5	1.0	61.8	60	-1.8	-2.9
41	57.8	60	2.2	3.8	55	55	0.0	0.0	45.5	50	4.5	9.9	57.7	60	2.3	4.0
42	67.3	65	-2.3	-3.4	64.7	65	0.3	0.5	65.1	55	-10.1	-15.5	71.8	70	-1.8	-2.5
43	61.6	65	3.4	5.5	58	65	7.0	12.1	49.1	55	5.9	12.0	61.2	65	3.8	6.2
48	60.6	65	4.4	7.3	58.7	65	6.3	10.7	51.3	55	3.7	7.2	61.5	65	3.5	5.7
49	70.0	65	-5.0	-7.1	66.7	65	-1.7	-2.6	60	55	-5.0	-8.3	70.3	65	-5.3	-7.6
50	58.0	55	-3.0	-5.2	55.8	55	-0.8	-1.4	53.5	50	-3.5	-6.5	61.0	60	-1.0	-1.7
51	61.7	60	-1.7	-2.8	62.6	60	-2.6	-4.2	51.9	55	3.1	6.0	63.5	65	1.6	2.4
52	68.8	65	-3.8	-5.5	68.5	65	-3.5	-5.1	60.1	60	-0.1	-0.2	70.4	70	-0.4	-0.6
53	64.0	70	6.0	9.4	62.7	65	2.3	3.7	56	60	4.0	7.2	65.5	70	4.5	6.8
58	63.4	70	6.6	10.4	62.8	65	2.2	3.5	58.9	60	1.1	1.9	66.7	70	3.3	4.9
59	67.2	65	-2.2	-3.3	66.9	65	-1.9	-2.8	63.5	55	-8.5	-13.4	71.0	70	-1.0	-1.5
60	66.3	60	-6.3	-9.5	65.7	60	-5.7	-8.6	59.3	50	-9.3	-15.7	68.4	65	-3.4	-5

Nota: Se encuentra en rojo los puntos que en el monitoreo sobrepasan las predicciones de CadnaA.

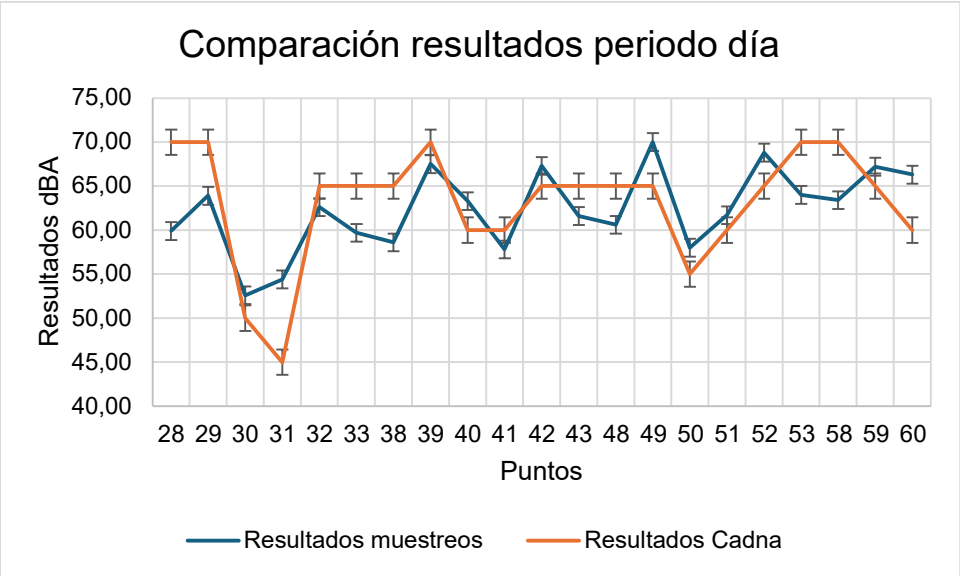

Figura 19. *Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y Centro Residencial Tartessos periodo día*

En el periodo de día en ciertos puntos los resultados tanto de CadnaA como de los muestreos realizados son similares como son los puntos: 30, 32, 39, 41, 42, 51 y 59 que corresponden a puntos muestreados específicamente en la Avda. Andalucía y en la calle Cl. La Zarza. Estos puntos se encuentran por debajo del 5% de diferencia con respecto a los puntos muestreados. Los puntos que mayor diferencia se puede apreciar son: 28, 29, 31, 33, 38, 40, 43, 48, 49, 50, 52, 53, 58 y 60. Estos puntos se encuentran por encima del 5% de diferencia con respecto a los muestreados como se puede observar en la Tabla 7. La mayoría de los resultados muestreados se encuentran por debajo de lo que predice CadnaA, exceptuando los puntos 31, 40, 49,

50, 52 y 60 que tienen una diferencia mayor al 5%, sin embargo, el punto 31 y 60 son los que mayor discrepancia representa. Estos puntos se encuentran en la calle La Zarza y el software predice para el punto 31 un nivel de ruido sobre los 45dBA y tenemos un nivel de ruido muestreado de 54.40 dBA, para el caso del punto 60 CadnaA predice un nivel de ruido de 60dBA y en muestreo se tiene un nivel de 66.30 dBA.

Como se observa en la Figura 19 en los puntos: 32, 39, 41, 42, 51 y 59 se superponen las barras de error, lo que nos indica que los resultados en estos puntos tanto en los muestreos realizados como los resultados de predicción de CadnaA no son estadísticamente significativas y que los resultados se encuentran de un rango similar. Estos puntos se encuentran a lo largo de la Avda. Andalucía exceptuando el punto 51 que se encuentra en la Avda. Honduras.

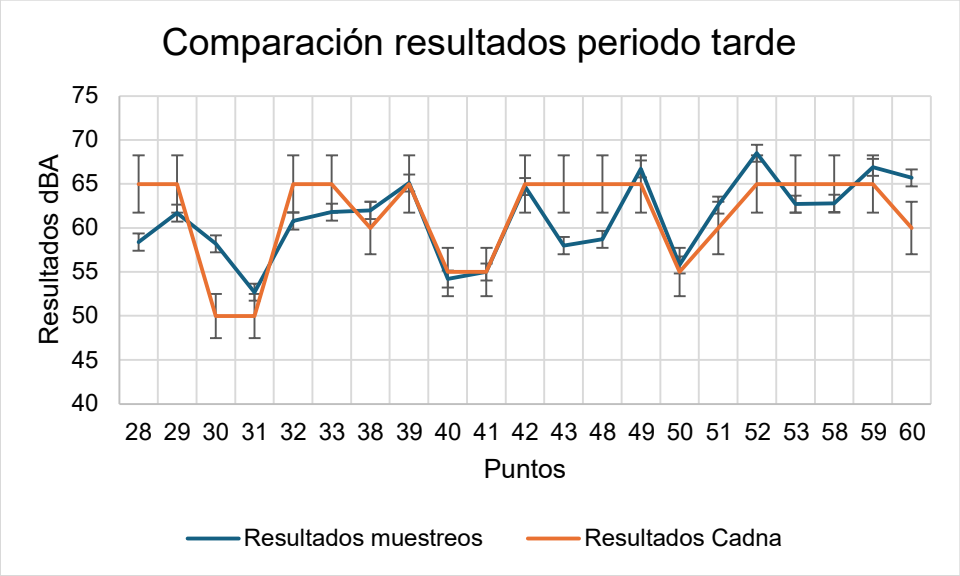

Figura 20. *Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y Centro Residencial Tartessos periodo tarde*

Para el periodo de tarde como se observa en la Figura 20. Los resultados muestreados en campo se asemejan a los resultados que predice CadnaA. El punto 52 es el que mayor diferencia tiene y que se encuentra por encima del valor que nos predice el software teniendo un valor en campo de 68.80 dBA y en CadnaA de 65 dBA. Este punto se encuentra en la esquina que intercepta la Avda. Honduras con la Avda. Andalucía. La diferencia puede deberse al semáforo que se encuentra en la zona lo que genera que exista un mayor nivel de ruido.

Los puntos en dónde las barras de error se superponen son: 29, 32, 39, 42, 49, 50, 51, 52, 53, 59 estos puntos se encuentran a lo largo de la Avda. Andalucía, la rotonda que intercepta la Avda. Honduras con la Avda. Andalucía y la calle La Zarza e indica que los valores del software y los realizados en el muestreo no tienen una diferencia en los estadísticamente significativa.

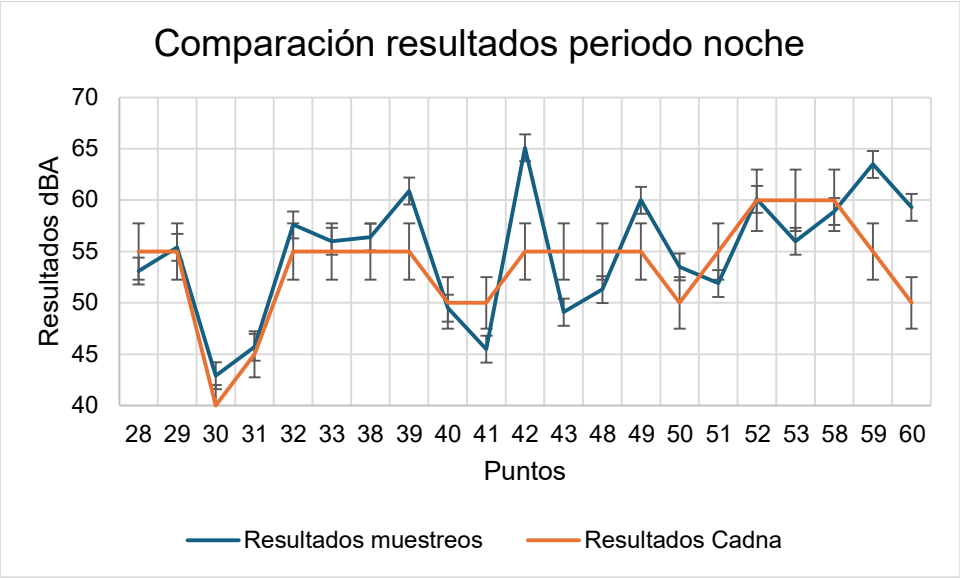

Figura 21. *Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y Centro Residencial Tartessos periodo noche*

En el periodo de noche los puntos que se encuentran sobre el 5% de diferencia con respecto a los resultados muestreados son: 30, 39, 41, 42, 43, 48, 49, 50, 51, 59 y 60, sin embargo, los únicos puntos que se encuentran significativamente sobre las predicciones del software son el punto 42 que se encuentra ubicado en la gasolinera que tiene un valor de 65.1 dBA muestreados y en CadnaA tiene un valor de 55dBA, el punto 59 que se encuentra en la esquina de la intersección de la Avda. Honduras con la Avda. Andalucía que tiene un resultado en campo de 63.5 dBA mientras que en el software tenemos un resultado de 55 dBA y el punto 60 el cual se encuentra ubicado en la Avda. Honduras que se tiene un valor de 63.5 dBA en campo mientras que CadnaA predice un valor de 55dBA.

Los puntos en los cuales las barras de error se superponen y que representan la variación de los resultados no son estadísticamente significativos son: 29, 30, 31, 32, 33, 38, 40, 50 y 51. Cabe recalcar que para este periodo los resultados de nivel de ruido muestreados son mayores a los resultados que nos predice CadnaA para la mayoría de los puntos como se puede observar en la Figura 21. El motivo por el que los resultados sean mayores en las mediciones se puede deber a que en los días de las mediciones existían un gran flujo de personas gritando, conversando, vehículos que circulaban a alta velocidad y con un alto volumen de música y sirenas de los servicios de emergencia, algo que no es común.

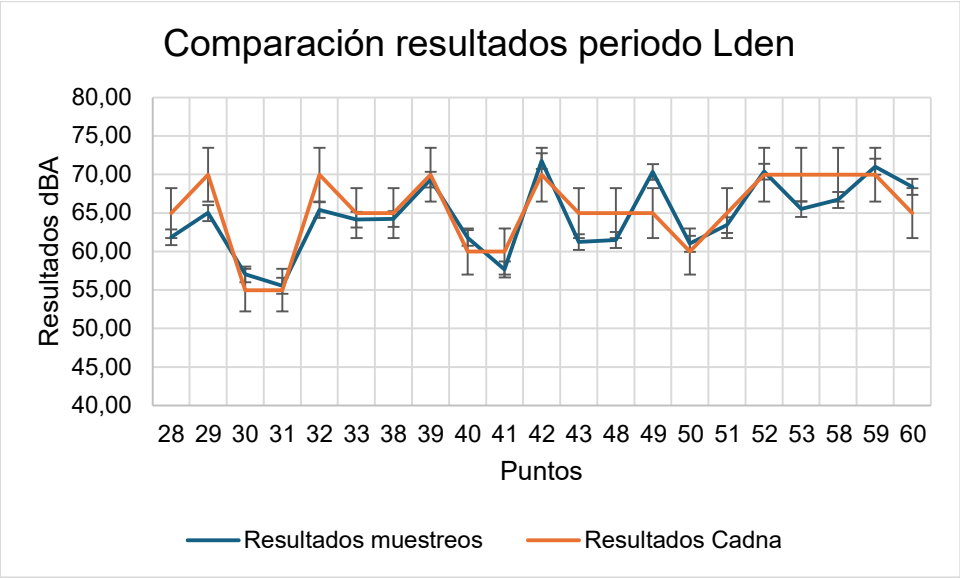

Figura 22. Comparación de resultados zona Mercadona, gasolinera y centro residencial Tartessos periodo Lden

Para el periodo Lden los resultados calculados en la mayoría de los puntos son menores a los resultados que nos predice CadnaA para este periodo. El punto 49 es el único que está significativamente por encima de lo que predice el software, ya que calculado se tiene un valor de 70.33 dBA, mientras que CadnaA nos predice un valor de 65 dBA. Como se observa en la Figura 21 los resultados tanto de la predicción de CadnaA como de los muestreos tienen el mismo comportamiento en la gráfica.

Los puntos en dónde se sobreponen las barras de error, son los puntos: 30, 31, 33, 38, 39, 40, 41, 50, 51, 52 y 59 lo que nos indica que en estos puntos la diferencia de los resultados no es significativas.

3) Zonas residenciales de la Av. Andalucía.

Tabla 8. *Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía*

Comparación de resultados muestreados vs CadnaA																
Punto	Result. Medid. (día)	Resul. Cadna día	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid. (tarde)	Resul. Cadna tarde	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid. (noche)	Resul. Cadna	Diferencia	Porcentaje dif. (%)	Result. Medid. (Lden)	Resul. Cadna	Diferencia	Porcentaje dif. (%)
4	65.7	70	4.3	6.5	65	65	0.0	0.0	57.7	60	2.3	4	67.4	70	2.6	3.9
5	58.5	55	-3.5	-6	58.6	55	-3.6	-6.1	46	45	-1.0	-2.2	59.4	65	5.6	9.5
6	58.3	60	1.7	2.9	56.1	60	3.9	7	46.8	50	3.2	6.8	58.5	60	1.5	2.5
7	69.8	70	0.2	0.3	65.6	65	-0.6	-0.9	54.1	55	0.9	1.7	68.8	70	1.2	1.7
14	69.2	70	0.8	1.2	65.2	65	-0.2	-0.3	57.5	55	-2.5	-4.4	68.9	70	1.1	1.6
15	60.2	55	-5.2	-8.6	55	55	0.0	0.0	46.2	45	-1.2	-2.6	59.2	55	-4.2	-7.1
16	58.5	60	1.5	2.6	58.8	55	-3.8	-6.5	49.2	45	-4.2	-8.5	60.1	60	-0.1	-0.2
17	69.3	65	-4.3	-6.2	69.5	65	-4.5	-6.5	57.2	55	-2.2	-3.9	70.3	65	-5.3	-7.5
24	67.1	65	-2.1	-3.1	65.1	65	-0.1	-0.2	57.7	55	-2.7	-4.7	67.9	70	2.1	3.0
25	60.1	60	-0.1	-0.2	62.2	55	-7.2	-11.6	46.7	50	3.3	7.1	61.9	60	-1.9	-3.0

26	60.5	55	-5.5	-9.1	57.2	55	-2.2	-3.9	47.7	45	-2.7	-5.7	60.1	55	-5.1	-8.6
27	68.4	65	-3.4	-5	68.5	65	-3.5	-5.1	59.5	65	5.5	9.2	70.1	70	-0.1	-0.1
34	64.6	65	0.4	0.6	65.6	65	-0.6	-0.9	55.4	55	-0.4	-0.7	66.5	70	3.5	5.2
35	57.9	60	2.1	3.6	55.2	55	-0.2	-0.4	47	45	-2.0	-4.3	58.1	60	1.9	3.2
36	60.3	60	-0.3	-0.5	56.8	55	-1.8	-3.2	48.3	50	1.7	3.5	60.1	60	-0.1	-0.1
37	65.0	65	0.0	0.0	62.1	65	2.9	4.7	55.7	55	-0.7	-1.3	65.7	70	4.4	6.6
44	64.1	65	0.9	1.4	62.4	65	2.6	4.2	54.2	55	0.8	1.5	64.9	70	5.1	7.9
45	55.7	55	-0.7	-1.3	55.7	50	-5.7	-10.2	47.1	45	-2.1	-4.5	57.4	55	-2.4	-4.2
46	56.7	60	3.3	5.8	52.8	55	2.2	4.2	47.9	45	-2.9	-6.1	57.3	60	2.9	4.7
47	60.8	65	4.2	6.9	63.7	65	1.3	2.0	56.6	55	-1.6	-2.8	65.3	70	4.7	7.3
54	63.6	70	6.4	10.1	67.4	65	-2.4	-3.6	59.7	55	-4.7	-7.9	68.5	70	1.5	2.1
55	65.3	60	-5.3	-8.1	53.9	55	1.1	2.0	47.1	45	-2.1	-4.5	63.0	60	-3.0	-4.8
56	66.9	60	-6.9	-10.3	61	60	-1.0	-1.6	51.1	50	-1.1	-2.2	65.5	65	-0.5	-0.8
57	70.3	70	-0.3	-0.4	66.4	65	-1.4	-2.1	61.8	55	-6.8	-11.0	71.0	70	-1.0	-1.5

Nota: Se encuentra en rojo los puntos que en el monitoreo sobrepasan las predicciones de CadnaA.

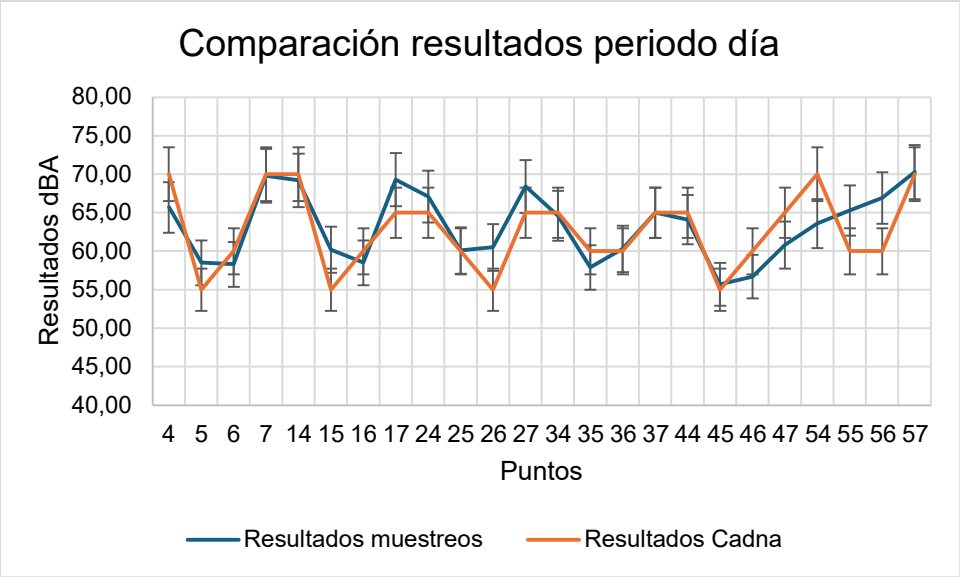

Figura 23. *Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía periodo día.*

Para el periodo de día los resultados de las predicciones de CadnaA comparado con los puntos muestreados que no tienen una similitud son: 15, 26, 54, 55, 56. Estos puntos se encuentran por encima de 5dBA de diferencia con respecto a lo que se estimó en el software. Estos puntos se encuentran en la Calle Valdelarco, y en las zonas recreativas de los edificios residenciales que se encuentran en la Avda. Andalucía.

Como se observa en la Figura 23 los resultados de CadnaA se comportan de una manera muy similar a los resultados obtenidos en el muestreo. En los puntos que las barras de error se sobreponen en este periodo son: 5, 6, 7, 14, 16, 17, 24, 25, 27, 34, 35, 36, 37, 44, 45 y 57. Estos puntos se encuentran a lo largo de la Avda. Andalucía y en las zonas recreativas de los edificios residenciales de los mismos. La tendencia que tiene CadnaA en esta zona es muy real comparado con los muestreos, ya que en

casi todos los puntos tiene una similitud de resultados haciendo que estos no sean estadísticamente significativos.

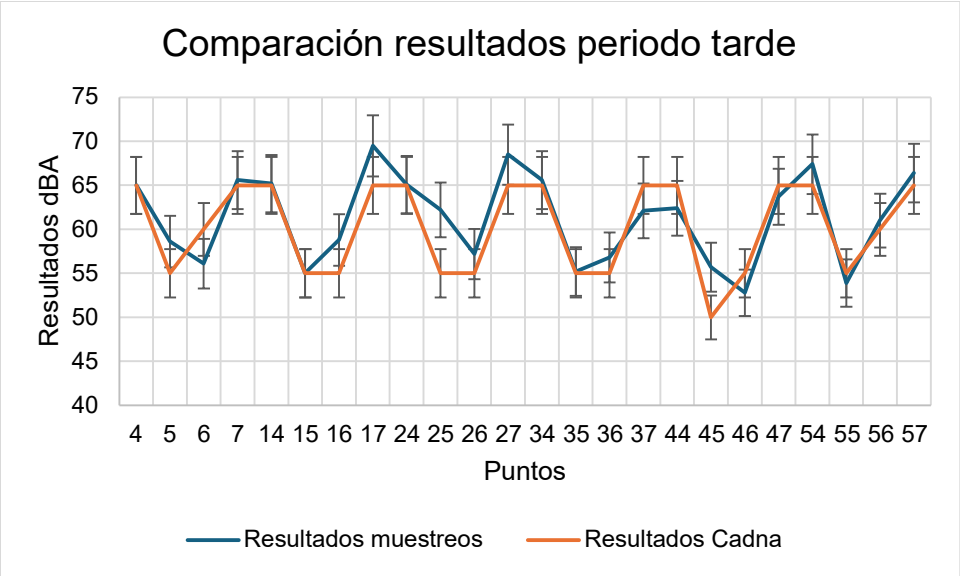

Figura 24. *Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía periodo tarde*

Para el periodo de tarde como se observa en la Figura 24 los resultados que predice el software se asemejan con los resultados que se obtuvieron en los muestreos, y también se observa que los resultados entre el punto 16 al 35 se encuentran por encima de la predicción de CadnaA, sin embargo, esto no quiere decir que los resultados estén incorrectos ya que los resultados de CadnaA estiman hasta 5dBA más.

El único punto en dónde no se sobreponen las barras de error es el punto 25, el cual se midió en la zona recreativas de los edificios residenciales, teniendo un valor de 62.2 dBA mientras que CadnaA nos establece un valor de 55dBA, es decir, 11.58% por encima de lo que el software predice. Los demás puntos no tienen una diferencia significativa estadísticamente.

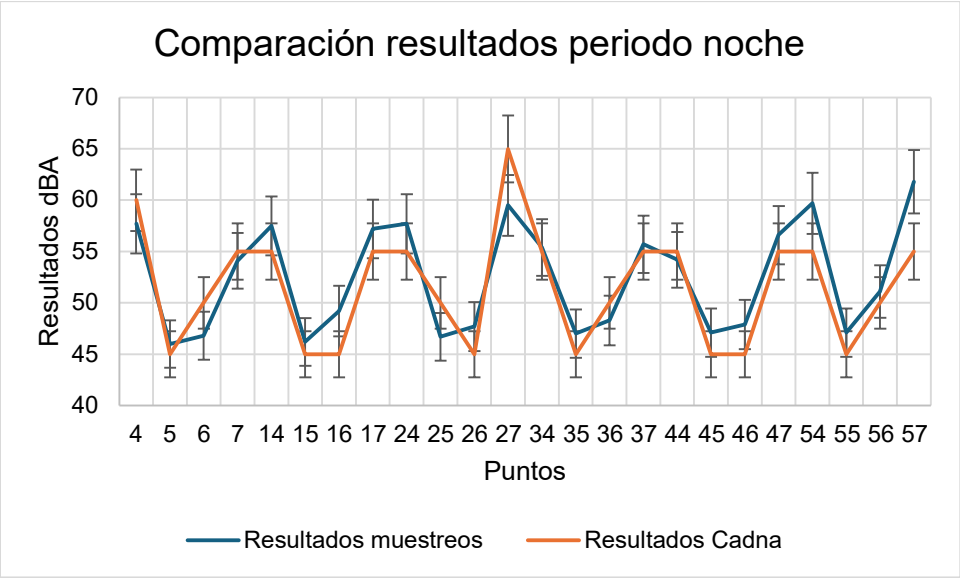

Figura 25. *Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía periodo noche*

En el periodo de noche los resultados de los muestreos realizados en los diversos puntos están por encima de los resultados que estima CadnaA, como es en el caso del punto 57 que presenta una significante diferencia, teniendo como predicción un nivel de ruido de 55 dBA, mientras que, en los monitoreos realizados, se tiene un nivel de ruido de 61.8 dBA. Este punto se encuentra en la intersección de la rotonda entre la Avda. Honduras y la Avda. Andalucía.

Otro punto que muestra una discrepancia con respecto a los muestreos realizados es el punto 17 que se encuentra en la Avda. Andalucía, ya que el software estima un nivel de ruido de 65 dBA y se tiene niveles de ruido de 59.5 dBA, es decir un 9.24% menos de lo que estimó CadnaA.

Los resultados de los puntos se encuentran muy similares, tanto en la predicción como en el muestreo, como se puede constatar en la Figura 25 las barras de error de las series de la mayoría de los puntos se sobreponen lo que indica que la diferencia de los resultados en los puntos no es estadísticamente significativa.

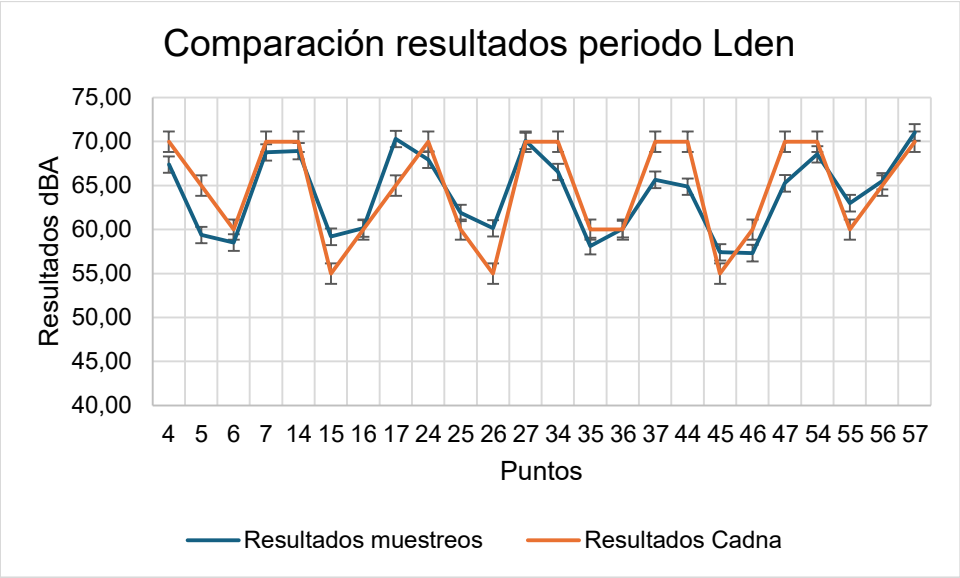

Figura 26. *Comparación de resultados zona residenciales de la Avda. Andalucía periodo Lden*

Para el periodo Lden, el que nos predice CadnaA en la mayoría de los puntos está por encima del Lden calculado con los muestreos realizados. Los puntos que representan una gran diferencia entre lo que predice el software y lo calculado son: 5, y 17. El punto 5 se encuentra en la esquina de los edificios residenciales de la calle Gladiolo, teniendo como resultado del cálculo 59.5 dBA y la predicción de CadnaA nos indica que debe estar sobre los 65 dBA para este punto. Mientras que el punto 17 se encuentra en la Avda. Andalucía, el cálculo realizado para este punto es de 70.29 dBA mientras que la predicción del software es de 65 dBA.

Como se observa en la Figura 26 los puntos en dónde no se superponen las barras de error son: 5, 26, 37, 44 lo cual indica que puede haber una diferencia significativa en los resultados obtenidos en ambos métodos. Los puntos se encuentran ubicados en la calle Valdelarco y la Avda. Andalucía. Sin embargo, la tendencia que tienen ambos resultados se encuentra muy similares como se puede apreciar en la Figura 25.

3.4. Discusión de los resultados.

De la observación de la Tabla 5, se desprende que, de los 60 puntos muestreados, únicamente existen 5 puntos críticos, en los cuales la predicción de CadnaA en sus mapas de ruido, no cumplen con la legislación española ya que superan los objetivos de calidad acústica para zonas residenciales existentes según el RD. -1367, en ninguno de los periodos. Estos puntos se encuentran en el entorno de la Universidad de Huelva, colindando con la Avda. Andalucía, con excepción del punto 22 que se encuentra en la esquina que intercepta la Avda. del Tres de marzo y la Avda. Andalucía. Como se puede observar en dicha Tabla, ninguno de ellos sobrepasa la diferencia de los 5 dBA, pero además no afectan a edificios docentes, sino a zonas ajardinadas y de aparcamiento.

En la predicción de resultados con CadnaA, la principal causa para determinar el nivel de ruido es el volumen de tráfico. CadnaA estima niveles elevados de ruido en las avenidas principales con alta circulación vehicular, mientras que, en calles

secundarias, donde el tránsito es menor, predice niveles más bajos. Los mapas generados muestran una disminución progresiva del nivel de ruido a medida que se alejan de la Avda. Andalucía caracterizada por un intenso flujo vehicular.

Ha de tenerse en cuenta que os modelos de simulación, generalmente trabajan con unas condiciones ideales, que no siempre representan la complejidad del entorno real, es el motivo por lo que puede existir discrepancias en ciertos puntos del mapa con las mediciones realizadas. Además, en el área de estudio, al no existir fuentes puntuales de ruido, éstas no han sido modelizadas, incorporándose al modelo, únicamente como fuente, el tráfico rodado de cada una de las calles que lo constituyen. Quedándose sin recoger en el modelo, los ruidos intrínsecos residuales o de fondo de la ciudad como personas hablando, terrazas de bares y cafeterías, ruidos de comercios, músicas, animales, etc.

En la simulación del ruido el principal factor que influye para que exista un aumento de ruido en las carreteras, a parte del nivel de tráfico, es la presencia de los semáforos y las intersecciones, ello ha quedado identificado en todos los mapas de predicción de CadnaA, en especial en el periodo de tarde y noche, dónde el mayor nivel de ruido se concentra en la rotonda que intercepta la Avda. Andalucía con la Avda. Honduras, así como en la entrada a Huelva por la H-31. En dichas avenidas existen semáforos para el cruce de peatones y para la correcta sincronización del tráfico.

También, al trabajar con datos de aforos medidos en números de vehículos por hora, ello influye en la modelización en CadnaA, generando discrepancias en ciertos puntos. Para un mejor ajuste se debería trabajar con datos de aforo en IMD (Intensidad Media Diaria), el cual es la suma del tráfico total de todo el año dividido por 365 días, que generaría mayor precisión en los mapas, pero no existen registros oficiales de estos datos.

Igualmente, las diferencias existentes entre la modelización y los muestreos se generan porque en el momento de la medición no se presenta un nivel de ruido constante, sino que se conjugan instantes de silencio con otros de alto ruido, por lo que en mediciones de solo 5 minutos, estas dos situaciones pueden estar descompensadas en uno u otro sentido. En unos casos con excesiva calma y en otros con picos muy altos (alto tráfico de vehículos y personas caminando, sirenas de vehículos de emergencia, entre otros), mientras se realiza la medición. Por ello, debe tenerse en cuenta que estas mediciones de solo de 5 minutos no recogen el clima de ruido completo del área de estudio, si no que su finalidad es la calibración de los mapas de ruido. Para una mayor aproximación de las mediciones directas a la realidad, se debería haber realizado previamente un análisis de periodicidad del ruido en cada punto, para después seleccionar el intervalo de medición, de tal manera que éste cubra al menos tres periodos enteros, tal como se establece en la norma UNE ISO 1996-2. Pero ello queda fuera del alcance de este estudio.

Analizando los resultados de las comparaciones entre mediciones y mapas, se observa que en todos los periodos, existen días en los que las mediciones reales directas presentan mayor variabilidad o son más bajas que lo previsto por CadnaA en los mapas de ruido y en los respectivos puntos. Las barras de error ayudan a visualizar qué días tienen mayor incertidumbre en las mediciones y que puntos no cuentan con

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

resultados similares a los modelados. También el software CadnaA predice los niveles de ruido para cada periodo, de acuerdo con el número de vehículos que circulan en un periodo de tiempo, sin embargo, no se puede predecir la hora de mayor ruido ni obtener valores específicos, ya que predice los resultados principalmente con un promedio de datos de tráfico y con datos cartográficos. El programa ayuda para tener una visión general del nivel de ruido en la zona de estudio, pero no para tener la certeza total del nivel de ruido en un punto específico ni por supuesto, en el interior de los edificios; para lograr esto se debe realizar monitorizaciones a largo plazo, así como en el interior de las respectivas edificaciones, con un sonómetro. Los resultados obtenidos en los muestreos se asemejan a los resultados que predice CadnaA, Así a través de las Tablas 6, 7 y 8 se puede observar que, durante el periodo de día, en el 55% de los puntos, los niveles predichos están por encima de los medidos y el 45% por debajo. Durante el periodo de tarde estas relaciones son del 48% y 52%. Durante el periodo de noche son del 40% y 60%. Mientras que en el periodo día-tarde-noche que tiene en cuenta el indicador Lden (indicador de ruido asociado a la molestia global, que se describe en el anexo I de la Directiva 2002/49/CE), son del 50% y 50%. Ello corrobora esa semejanza global existente entre las mediciones y los resultados de la simulación con CadnaA. Evidentemente en los periodos individuales hay más discrepancias, unas veces en un sentido y otras en el sentido contrario, pero globalmente se compensan.

4. Conclusiones

1. La mayor concentración de ruido en el periodo de día se produce a lo largo de la Avda. Andalucía, con predicciones por encima de los 70 dBA las cuales se mantienen constantes incumpliendo con la legislación establecida en el *(RD 1367/2007)*, aunque en la mayoría de los puntos, corresponden a zonas ajardinadas de dicha avenida. Solamente los extremos de las edificaciones (con forma de U), se pueden ver afectadas por estos niveles altos.
2. Para el periodo de tarde el mayor nivel de ruido se encuentra en la entrada y salida a la ciudad de Huelva por la H-31con predicciones mayores a 70 dBA, sin embargo, también existe un alto nivel de ruido a largo de la Avda. Andalucía con resultados mayores a 65 dBA. Los lugares que se predice con niveles de ruido mayor a 70 dBA incumplen con la legislación vigente ya que el índice de ruido establecido es máximo hasta dicho valor, pero de nuevo corresponden a zonas ajardinadas de la avenida, pudiendo afectar solo a los extremos de algunas de las edificaciones.
3. En el periodo de noche el mayor nivel de ruido se concentra en la rotonda que intercepta la Avda. Andalucía con la Avda. Honduras y la salida-entrada a la ciudad de Huelva por la H-31 con niveles de ruido mayores a 60 dBA, sin embargo, se mantiene un nivel alto de ruido a lo largo de la Avda. Andalucía con resultados mayores a 55 dBA, incumpliendo con el índice acústico establecido con la legislación del (RD 1367/2007), aunque en este caso no afectando a las edificaciones residenciales.
4. En el periodo Lden se tiene una predicción similar al periodo de día, en dónde el mayor nivel de ruido se concentra a lo largo de la Avda. Andalucía, aunque en la mayoría de los puntos, corresponden de nuevo a zonas ajardinadas de

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

dicha avenida. Solamente los extremos de las edificaciones (con forma de U), se pueden ver afectadas por estos altos niveles.

5. Los niveles de ruidos que se predicen para el periodo del día, los puntos que se encuentran en la Avda. Andalucía no cumplen con la legislación establecida en el (RD 1367/2007) ya que se tiene niveles de ruido por encima de los 70 dBA y los demás puntos se encuentran al límite de la legislación.
6. Se concluye que, en los edificios residenciales de la Avda. Andalucía en el periodo de día, las viviendas que se encuentran frente a la avenida reciben un mayor impacto de ruido, específicamente las viviendas que se encuentran en los extremos de los edificios con forma de U (en la margen derecha según la entrada a la ciudad de Huelva por la H-31), incumpliendo con el índice acústico establecido en el (RD 1367/2007), teniendo niveles de ruido superiores a 70dBA. Sin embargo, el resto de las viviendas cumplen con la legislación, no obstante, se encuentran bastante al límite.
7. Se concluye también que el museo de El Cabezo de la Almagra se ve influenciado, por la presencia del ruido que proviene de la Avda. Andalucía, por lo que los resultados de la predicción de ruido son superiores en el periodo de día, tarde y noche a los establecidos en el (RD 1367/2007), por lo que se recomienda para su disminución, colocar una pantalla acústica a lo largo del cerramiento de la universidad, para que pudiera actuar como pantalla acústica para la disminución del ruido.
8. Se concluye que en la Universidad de Huelva la mayoría de los puntos en que se superan los objetivos de calidad acústica según el RD 1367/2007 corresponden a zonas ajardinadas y de aparcamiento. El edificio más afectado es la Facultad de Ciencias del Trabajo, sobre todo las aulas que se encuentran frente a la Avda. de Andalucía que pueden superar los 60 dBA del (RD 1367/2007). El resto de la universidad se encuentra con niveles por debajo de 60 dBA cumpliendo con la legislación vigente.
9. En el Centro Residencial Tartessos, la parte del edificio que limita en la intersección de la Avda. Honduras con la Avda. Andalucía presenta niveles de ruido mayores a 65 dBA en el periodo de día y tarde, mientras que para el periodo de noche tiene niveles de ruido mayores a 55 dBA superando el índice acústico establecido en la legislación (RD 1367/2007).

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

5. Bibliografía

Alonso, A. de E. (2019). Contaminación acústica y salud. *Recent Trends and Advances in Environmental Health*, 83–96.

Amable, I., Mendez, J., Delgado, L., Acebo, F., De Armas, J., & Rivero, M. (2017). *Contaminación ambiental por ruido*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000300024

Ballesteros, V., & Daponte, A. (2018). Ruido y Salud. In *British Medical Journal* (Vol. 2, Issue 3848).

Bruel y Kjaer. (2000). Ruido Ambiental. *Division of Espectris España, S.A*, 35. http://www.meteogalicia.gal/datosred/infoweb/meteo/docs/ruido/Informe-Ruido_Amb_es.pdf

Carrillo, W., Negrete, J., Toalombo, V., Estrada, N., & Chacón, P. (2023). Control and statistical evaluation of the noise levels of sound pollution in theeducational units Don Bosco and María Auxiliadora Macas - Ecuador. *Polo Del Conocimiento*, *8*(1), 12–20. https://doi.org/10.23857/pc.v8i1

Correa Restrepo, F., Osorio Múnera, J. D., & Patiño Valencia, B. (2011). Economic Valuation of Noise: an Analytical Study Review. *Semestre Económico*, *14*(SPE29), 53–75.

Cueto, J. (n.d.). *MANUAL DE MEDIDAS DE RUIDO AMBIENTAL*. 1–121.

ESRI. (n.d.). *Getting Started with ArcGIS*. https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm

Evans, G. W., & Lepore, S. J. (1993). Nonauditory effects of noise on children: A critical review. *Children's Environments*, *10*(1), 31–51. https://doi.org/10.2307/41515250

García, F., & Fernández, E. (2008). *LA EXPERIENCIA DEL AYUNTAMIENTO DE HUELVA EN EL CONTROL Y LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA. UN MODELO DE FINANCIACIÓN.-*.

Gómez Escobar, V., Barrigón Morillas, J. M., Rey Gozalo, G., Vílchez-Gómez, R., Carmona Del Río, J., & Méndez Sierra, J. A. (2012). Analysis of the grid sampling method for noise mapping. *Archives of Acoustics*, *37*(4), 499–514. https://doi.org/10.2478/v10168-012-0062-z

Google. (2009). *Google Earth Pro La herramienta fundamental de investigación , presentación y colaboración para información específica sobre un lugar*.

Gordillo, J. (2021). *ENVIRONMENTAL NOISE EVALUATION PRODUCED BY ROAD TRAFFIC IN ONE OF THE MOST POPULATED NEIGHBORHOODS OF VALENCIA, SPAIN*.

Gozalo, G. (2012). *ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE UN MÉTODO DE MUEST REO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE RUIDO: EL MÉTODO DE CATEGORIZACIÓN*.

Gutiérrez, F. F. (2011). Estudio general de la contaminación acústica en las ciudades

de Andalucía. *Cuadernos Geograficos*, *5462*(49), 39. https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/566/654

Harris, C. (1997). Manual para el control del ruido. In *McGraw-Hill Book Company* (Issue 1, pp. 1689–1699).

Jaimes, Y. L. (2015). *Insonorización de una prensa mecanica*. 31.

Jaramillo, A. (2007). *Acustica: La ciencia del sonido* (1a ed.). Fondo Editorial ITM. https://books.google.es/books?id=HMWtf1RTo4kC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false

Mamani, A., & Mendoza, M. (2020). Contaminación acústica y su percepción ambiental en la comunidad educativa del cercado de Tacna, 2019. *Ingeniería Investiga*, *2*, 1–11.

Marín, G. (2023). *DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA GENERADOS EN LA CIUDAD DE CELENDÍN AGOSTO-NOVIEMBRE 2018*.

Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J., Pardo, A., & Rendón, J. (2012). COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE RUIDO EN ENTORNOS URBANOS. *Ing. USBMed*, *3*(1), 2027–5846.

Olmos, J. C. C., Gutiérrez, F. F., & Migal, R. M. M. (2022). Noise pollution in Andalusian cities. Differences and similarities in noise perception before and during confinement COVID-19. *Cuadernos Geograficos*, *61*(2), 183–203. https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v61i2.23460

Perea, F. (n.d.). *Mapas de ruido*.

Platzer, U., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). *Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile*. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-48162007000200005&script=sci_arttext

Romo, T. S., Garrido, J. C. F., & Raya, J. P. B. (2020). *EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO EXTERIOR DEL HOSPITAL JUAN RAMÓN JIMÉNEZ (HUELVA) Introducción*. *43*, 43–50.

Sánchez, R. (2015). *EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UN NÚCLEO URBANO DE TIPO TURÍSTICO COSTERO (EL PORTIL, HUELVA)*. *1088592285*, 7311449.

Sánchez, R. (2022). *TEMA 5 - GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL : MAPAS ACÚSTICOS (V-2)*.

SIMA. (2023). *Datos estadísticos y geoespaciales*. https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/ficha.htm?mun=21041

Stansfeld, S., & Matheson, M. (2003). *Noise pollution: non-auditory effects on health.* (pp. 243–257). British Medical Bulletin.

UNE-ISO 1996-1. (2005). 1–32.

Valera, S. (2024). 9.3.1. Efectos fisiológicos del ruido | Psicologia ambiental. In *ELEMENTOS BÁSICOS de PSICOLOGÍA AMBIENTAL*.

http://www.ub.edu/psicologia_ambiental/unidad-4-tema-9-3-1

WHO. (1999). *Guidelines for Community Noise*.

WHO. (2009). Night noise guidelines for Europe. *Turkish Acoustical Society - 36th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, INTER-NOISE 2007 ISTANBUL*, *7*, 5016–5025.

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

6. Anexos

6.1. *Anexo 1.* Resultados de las mediciones Día, Tarde y Noche

	Coordenadas		Resultados periodo de mañana					Resultados periodo Tarde					Resultados periodo noche				
Puntos reales	Latitud	Longitud	LqA´ 5min	Motos	Carros	Pesados	# Carros	LqA´ 5min	Motos	Carros	Pesados	# Carros	LqA´ 5min	Motos	Carros	Pesados	# Carros
1	37°16'22.72"N	6°55'34.02"O	56.1					52.1					44.8				
2	37°16'25.09"N	6°55'35.22"O	56.7	2	25	0	27	54.1	4	19	0	23	51.4	0	0	0	0
3	37°16'26.12"N	6°55'36.57"O	62.5				0	66.3				0	60.1				0
4	37°16'26.94"N	6°55'37.38"O	65.7	6	80	1	87	65	9	20	2	31	57.7	1	10	0	11
5	37°16'29.11"N	6°55'39.07"O	58.5	3	7	0	10	58.6	1	4	0	5	46	0	1	0	1
6	37°16'27.10"N	6°55'40.58"O	58.3				0	56.1				0	46.8				0
7	37°16'26.00"N	6°55'39.11"O	69.8	12	78	2	92	65.6	10	54	3	67	54.1	0	7	0	7
8	37°16'24.80"N	6°55'38.35"O	63.5	5	13	0	18	61.7	5	17	2	24	55.3	0	2	0	2
9	37°16'23.45"N	6°55'37.63"O	68.1	11	83	2	96	65.3	13	65	1	79	60.2	2	7	0	9
10	37°16'22.20"N	6°55'35.35"O	54.2					55.9	2	16	0	18	41.2				0
11	37°16'21.26"N	6°55'37.15"O	52.1					48.5				0	43.3				0
12	37°16'22.49"N	6°55'39.11"O	69.1	17	84	4	105	65.7	8	32	3	43	62.2	4	10	0	14
13	37°16'23.73"N	6°55'39.59"O	63.6	10	74	1	85	55.6				0	51.9				0
14	37°16'24.61"N	6°55'40.92"O	69.2	11	83	2	96	65.2	10	41	1	52	57.5	0	4	0	4
15	37°16'26.02"N	6°55'42.89"O	60.2	0	4	0	4	55		10		10	46.2	0	2	0	2
16	37°16'24.81"N	6°55'43.86"O	58.5					58.8				0	49.2				0
17	37°16'23.58"N	6°55'42.26"O	69.3	14	96	2	112	69.5	12	45	2	59	57.2	1	11	0	12
18	37°16'22.71"N	6°55'41.11"O	65.5					54.5				0	51.1				0
19	37°16'21.44"N	6°55'40.34"O	67.4	16	77	4	97	65.2	9	26	1	36	57.1	1	5	0	6
20	37°16'19.72"N	6°55'38.07"O	53.2					52.8				0	47.2				0

21	37°16'18.77"N	6°55'39.65"O	61.9	2	39	0	41	60.6	5	24	0	29	54.2	0	5	0	5
22	37°16'20.17"N	6°55'40.98"O	62.3	5	32	0	37	58.8	4	21	0	25	54.7	1	6		7
23	37°16'21.78"N	6°55'42.33"O	61.4	4	37	0	41	59.3	1	15	0	16	52.1	0	1	0	1
24	37°16'22.50"N	6°55'43.84"O	67.1	9	71	1	81	65.1	11	43	3	57	57.7	2	13	0	15
25	37°16'23.86"N	6°55'45.14"O	60.1				0	62.2				0	46.7				0
26	37°16'22.49"N	6°55'47.35"O	60.5	0	2	0	2	57.2	0	13	0	13	47.7	0	1	0	1
27	37°16'21.35"N	6°55'45.41"O	68.4	23	71	1	95	68.5	13	52	1	66	59.5	3	11	0	14
28	37°16'20.25"N	6°55'44.47"O	59.9				0	58.4				0	53.1				0
29	37°16'19.32"N	6°55'43.24"O	63.9	12	66	3	81	61.7	6	45	0	51	55.4	1	14	0	15
30	37°16'17.96"N	6°55'41.52"O	52.6	1	9	0	10	58.2				0	42.9				0
31	37°16'16.62"N	6°55'42.97"O	54.4				0	52.7				0	45.7				0
32	37°16'17.94"N	6°55'45.10"O	62.6				0	60.8	8	46	2	56	57.6	1	7	0	8
33	37°16'19.12"N	6°55'45.96"O	59.7				0	61.8				0	56				0
34	37°16'20.30"N	6°55'46.67"O	64.6	9	58	1	68	65.6	14	60	4	78	55.4	0	10	0	10
35	37°16'21.42"N	6°55'48.31"O	57.9				0	55.2				0	47				0
36	37°16'20.12"N	6°55'49.85"O	60.3				0	56.8				0	48.3				0
37	37°16'18.92"N	6°55'48.51"O	65	10	68	1	79	62.1	11	51	3	65	55.7	2	10	0	12
38	37°16'18.09"N	6°55'47.05"O	58.6				0	62				0	56.4				0
39	37°16'17.05"N	6°55'46.46"O	67.5	18	57	3	78	65.1	9	29	3	41	60.9	3	9	0	12
40	37°16'15.60"N	6°55'43.93"O	63.3	1	10	0	11	54.2	0	6	0	6	49.5	0	2	0	2
41	37°16'14.09"N	6°55'45.83"O	57.8	0	5	0	5	55	0	3	0	3	45.5	0	1	0	1
42	37°16'16.24"N	6°55'47.55"O	67.3	21	58	4	83	64.7	8	30	2	40	65.1	5	10	0	15
43	37°16'16.96"N	6°55'48.89"O	61.6				0	58				0	49.1				0

44	37°16'18.21"N	6°55'49.63"O	64.1	8	68	2	78	62.4	12	53	3	68	54.2	1	6	0	7
45	37°16'20.05"N	6°55'51.64"O	55.7				0	55.7				0	47.1				0
46	37°16'18.68"N	6°55'51.96"O	56.7				0	52.8				0	47.9				0
47	37°16'17.53"N	6°55'50.57"O	60.8	6	55	1	62	63.7	5	42	4	51	56.6	0	14	0	14
48	37°16'16.08"N	6°55'50.01"O	60.6				0	58.7				0	51.3				0
49	37°16'14.95"N	6°55'49.39"O	70	20	63	2	85	66.7	11	45	3	59	60	2	14	0	16
50	37°16'13.04"N	6°55'47.01"O	58				0	55.8		7		7	53.5	0	1	0	1
51	37°16'12.49"N	6°55'48.73"O	61.7	4	32	0	36	62.6	4	1	1	6	51.9	0	0	0	0
52	37°16'14.03"N	6°55'50.66"O	68.8	12	66	2	80	68.5	15	41	6	62	60.1	4	10	0	14
53	37°16'15.39"N	6°55'51.16"O	64	6	38	1	45	62.7	8	31	6	45	56	0	7	0	7
54	37°16'16.21"N	6°55'52.32"O	63.6	14	53	3	70	67.4	17	54	4	75	59.7	1	11	0	12
55	37°16'17.51"N	6°55'53.56"O	65.3				0	53.9				0	47.1				0
56	37°16'16.67"N	6°55'55.52"O	66.9	6	59	0	65	61	9	27	0	36	51.1	0	6	0	6
57	37°16'14.67"N	6°55'54.36"O	70.3	24	88	6	118	66.4	18	56	5	79	61.8	6	28	1	35
58	37°16'13.67"N	6°55'53.56"O	63.4	7	46	0	53	62.8	4	14	3	21	58.9	3	13	0	16
59	37°16'13.17"N	6°55'51.89"O	67.2	19	83	3	105	66.9	17	54	5	76	63.5	4	23	0	27
60	37°16'11.96"N	6°55'49.67"O	66.3	2	37	0	39	65.7	13	51	3	67	59.3	2	10	0	12

6.2. *Anexo 2.* Resultados de los monitoreos comparados con la normativa

Comparación con la normativa						
Punto	**Resultados dBA´5min mañana**	**Cumple con la normativa**	**Resultados dBA´5min tarde**	**Cumple con la normativa**	**Resultados dBA´5min noche**	**Cumple con la normativa**
1	56.10	Cumple	52.1	Cumple	44.8	Cumple
2	56.70	Cumple	54.1	Cumple	51.4	Cumple
3	62.50	Cumple	66.3	No Cumple	60.1	No Cumple
4	65.70	No Cumple	65	Cumple	57.7	No Cumple
5	58.50	Cumple	58.6	Cumple	46	Cumple

6	58.30	Cumple	56.1	Cumple	46.8	Cumple
7	69.80	No Cumple	65.6	No Cumple	54.1	Cumple
8	63.50	Cumple	61.7	Cumple	55.3	No Cumple
9	68.10	No Cumple	65.3	No Cumple	60.2	No Cumple
10	54.20	Cumple	55.9	Cumple	41.2	Cumple
11	52.10	Cumple	48.5	Cumple	43.3	Cumple
12	69.10	No Cumple	65.7	No Cumple	62.2	No Cumple
13	63.60	Cumple	55.6	Cumple	51.9	Cumple
14	69.20	No Cumple	65.2	No Cumple	57.5	No Cumple
15	60.20	Cumple	55	Cumple	46.2	Cumple
16	58.50	Cumple	58.8	Cumple	49.2	Cumple
17	69.30	No Cumple	69.5	No Cumple	57.2	No Cumple
18	65.50	No Cumple	54.5	Cumple	51.1	Cumple
19	67.40	No Cumple	65.2	No Cumple	57.1	No Cumple
20	53.20	Cumple	52.8	Cumple	47.2	Cumple
21	61.90	Cumple	60.6	Cumple	54.2	Cumple
22	62.30	Cumple	58.8	Cumple	54.7	Cumple
23	61.40	Cumple	59.3	Cumple	52.1	Cumple
24	67.10	No Cumple	65.1	No Cumple	57.7	No Cumple
25	60.10	Cumple	62.2	Cumple	46.7	Cumple
26	60.50	Cumple	57.2	Cumple	47.7	Cumple
27	68.40	No Cumple	68.5	No Cumple	59.5	No Cumple
28	59.90	Cumple	58.4	Cumple	53.1	Cumple
29	63.90	Cumple	61.7	Cumple	55.4	No Cumple
30	52.60	Cumple	58.2	Cumple	42.9	Cumple
31	54.40	Cumple	52.7	Cumple	45.7	Cumple
32	62.60	Cumple	60.8	Cumple	57.6	No Cumple
33	59.70	Cumple	61.8	Cumple	56	No Cumple
34	64.60	Cumple	65.6	No Cumple	55.4	No Cumple
35	57.90	Cumple	55.2	Cumple	47	Cumple
36	60.30	Cumple	56.8	Cumple	48.3	Cumple
37	65.00	Cumple	62.1	Cumple	55.7	No Cumple
38	58.60	Cumple	62	Cumple	56.4	No Cumple
39	67.50	No Cumple	65.1	No Cumple	60.9	No Cumple
40	63.30	Cumple	54.2	Cumple	49.5	Cumple
41	57.80	Cumple	55	Cumple	45.5	Cumple
42	67.30	No Cumple	64.7	Cumple	65.1	No Cumple
43	61.60	Cumple	58	Cumple	49.1	Cumple
44	64.10	Cumple	62.4	Cumple	54.2	Cumple
45	55.70	Cumple	55.7	Cumple	47.1	Cumple
46	56.70	Cumple	52.8	Cumple	47.9	Cumple
47	60.80	Cumple	63.7	Cumple	56.6	No Cumple
48	60.60	Cumple	58.7	Cumple	51.3	Cumple
49	70.00	No Cumple	66.7	No Cumple	60	No Cumple
50	58.00	Cumple	55.8	Cumple	53.5	Cumple

51	61.70	Cumple	62.6	Cumple	51.9	Cumple
52	68.80	No Cumple	68.5	No Cumple	60.1	No Cumple
53	64.00	Cumple	62.7	Cumple	56	No Cumple
54	63.60	Cumple	67.4	No Cumple	59.7	No Cumple
55	65.30	No Cumple	53.9	Cumple	47.1	Cumple
56	66.90	No Cumple	61	Cumple	51.1	Cumple
57	70.30	No Cumple	66.4	No Cumple	61.8	No Cumple
58	63.40	Cumple	62.8	Cumple	58.9	No Cumple
59	67.20	No Cumple	66.9	No Cumple	63.5	No Cumple
60	66.30	No Cumple	65.7	No Cumple	59.3	No Cumple

6.3. Anexo 3. Número de vehículos registrados

		En la mañana cada 5min				En la tarde cada 5min				En la noche cada 5min			
Avenida	**Puntos**	**Motos**	**Carros**	**Pesados**	**Total**	**Motos**	**Carros**	**Pesados**	**Total**	**Motos**	**Carros**	**Pesados**	**Total**
Av Andalucía S-N	9	11	83	2	Tiempo	13	65	1		2	7	0	
	12	17	84	4	50	8	32	3		4	10	0	
	19	16	77	4	12	9	26	1		1	5	0	
	29	12	66	3		6	45	0		1	14	0	
	32	0	0	0		8	46	2		1	7	0	
	39	18	57	3		9	0	0		3	9	0	
	42	21	58	4		8	30	2		5	10	0	
	49	20	63	2	85	11	45	3		2	14	0	
	52	12	66	2		15	41	6		4	10	0	
	59	19	83	3		17	54	5		4	23	0	
Total		146	637	27	810	104	384	23	511	27	109	0	136
Porcentaje		18%	79%	3%		20%	75%	5%		20%	80%	0%	
Tramo rotonda hacia monumento del futbol	52	12	66	2	0	15	41	6		4	10	0	
	49	20	63	2	85	11	45	3		2	14	0	
	42	21	58	4	0	8	30	2	0	5	10	0	0
	39	18	57	3	0	9	0	0		3	9	0	
	32	0	0	0	0	8	46	2		1	7	0	
	29	12	66	3	0	6	45	0		1	14	0	
Total		83	310	14	407	57	207	13	277	16	64	0	80
Porcentaje		20%	76%	3%		21%	75%	5%		20%	80%	0%	

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Desde el monumento al futbol	2												
	9	11	83	2	Tiempo	13	65	1		2	7	0	
	12	17	84	4	15	8	32	3		4	10	0	
	19	16	77	4		9	26	1		1	5	0	
Total		44	244	10	298	30	123	5	158	7	22	0	29
Porcentaje		15%	82%	3%		19%	78%	3%		24%	76%	0%	
Av. Andalucía N-S	4	6	80	1	Tiempo	13	51	3		1	10	0	
	7	12	78	2	60	10	54	3		0	7	0	
	14	11	83	2		10	41	1		0	4	0	
	17	14	96	2		12	45	2		1	11	0	
	24	9	71	1		11	43	3		2	13	0	
	27	23	71	1		13	52	1		3	11	0	
	34	9	58	1		14	60	4		0	10	0	
	37	10	68	1		11	51	3		2	10	0	
	44	8	68	2		12	53	3		1	6	0	
	47	6	55	1		5	42	4		0	14	0	
	54	14	53	3		17	54	4		1	11	0	
	57	24	88	6		18	56	5		6	28	1	
Total		146	869	23	1038	146	602	36	784	17	135	1	153
Porcentaje		14%	84%	2%		19%	77%	5%		11%	88%	1%	
Av Tres de Marzo	21	2	39	0	10 minutos	5	24	0		0	5	0	
	22	5	32	0		4	21	0		1	6	0	
Total		7	71	0	78	9	45	0	54	1	11	0	12
Porcentaje		9%	91%	0%		17%	83%	0%		8%	92%	0%	
Cl. La Zarza	30	1	9	0	25	0	0	0		0	0	0	
	31	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
	40	1	10	0		0	6	0		0	2	0	
	41	0	5	0		0	3	0		0	1	0	
	50	0	0	0		0	7	0		0	1	0	
Total		2	24	0	26	0	16	0	16	0	4	0	4
Porcentaje		8%	92%	0%		0%	100%	0%		0%	100%	0%	
Calle. Villanueva de las Cruces	40	1	10	0		0	6	0		0	2	0	
Total		1	10	0	11	0	6	0	6	0	2	0	2
Porcentaje		9%	91%	0%		0%	100%	0%		0%	100%	0%	

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Av. Honduras	51	4	32	0	10	4	1	1		0	0	0	
	52	12	66	2		15	41	6		4	10	0	
Total		16	98	2	116	19	42	7	68	4	10	0	14
Porcentaje		14 %	84%	2%		28 %	62%	10%		29 %	71%	0%	
Calle Valdelarco	5	3	7	0	10	1	4	0		0	1	0	
	15	0	4	0		0	10	0		0	2	0	
Total		3	11	0	14	1	14	0	15	0	3	0	3
Porcentaje		21 %	79%	0%		7%	93%	0%		0%	100 %	0%	
Calle. Vicente Ferrer	56	6	59	0		9	27	0		0	6	0	
Total		6	59	0	65	9	27	0	36	0	6	0	6
Porcentaje		9%	91%	0%		25 %	75%	0%		0%	100 %	0%	
C. Cumbres de San Bartolomé	26	0	2	0		0	13	0		0	1	0	
	27	3	8	0		2	6	0		1	2	0	
Total		3	10	0	13	2	19	0	21	1	3	0	4
Porcentaje		23 %	77%	0%		10 %	90%	0%		25 %	75%	0%	
Calle Martín Ruiz	15	0	4	0		0	10	0		0	2	0	
Total		0	4	0	4	0	10	0	10	0	2	0	2
Porcentaje		0%	100 %	0%		0%	100 %	0%		0%	100 %	0%	
Calle de la Universidad	1	0	0	0	20	0	0	0		0	0	0	
	2	2	25	0		4	19	0		0	0	0	
	9	11	83	2		13	65	1		2	7	0	
	10	0	0	0		2	16	0		0	0	0	
Total		13	108	2	123	19	100	1	120	2	7	0	9
Porcentaje		11 %	88%	2%		16 %	83%	1%		22 %	78%	0%	
Rotonda Dirección hacia Av. Honduras	58	7	46	0		4	14	3		3	13	0	
Total		7	46	0	53	4	14	3	21	3	13	0	16
Porcentaje		13 %	87%	0%		19 %	67%	14%		19 %	81%	0%	
Rotonda Dirección desde Av. Honduras	53	6	38	1		8	31	6		0	7	0	
Total		6	38	1	45	8	31	6	45	0	7	0	7

Universidad Internacional de Andalucía, 2025

Porcentaje		13 %	84%	2%		18 %	69%	13%		0%	100 %	0%	
Av Tres de Marzo Rotonda	23	4	37	0		1	15	0		0	1	0	
Total		4	37	0	41	1	15	0	16	0	1	0	1
Porcentaje		10 %	90%	0%		6%	94%	0%		0%	100 %	0%	
Av. De Andalucía Rotonda	8	5	13	0		5	17	2		0	2	0	
Total		5	13	0	18	5	17	2	24	0	2	0	2
Porcentaje		28 %	72%	0%		21 %	71%	8%		0%	100 %	0%	
C. Gladiolo	5	3	7	0		1	4	0		0	1	0	
Total		3	7	0	10	1	4	0	5	0	1	0	1
Porcentaje		30 %	70%	0%		20 %	80%	0%		0%	100 %	0%	

Universidad Internacional de Andalucía, 2025